



**T. C.**

**ORDU ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YEMEKLİK BİTKİSEL YAĞ TÜRLERİNİN BİYOLOJİK  
ETKİNLİKLERİNİN VE MALİYETLERİNİN  
KARŞILAŞTIRILMASI**

**MERVE NUR GÜNGÖR ÇUHADAR**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
KİMYA ANABİLİM DALI**

**ORDU 2024**

## TEZ ONAY

**Merve Nur GÜNGÖR ÇUHADAR** tarafından hazırlanan “**YEMEKLİK BİTKİSEL YAĞ TÜRLERİNİN BİYOLOJİK ETKİNLİKLERİNİN VE MALİYETLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 12.08.2024 tarihinde yapılmış ve jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **KİMYA ANABİLİM DALI YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman  
Doç. Dr. Melek ÇOL AYVAZ

Jüri Üyeleri

İmza

Üye

Prof. Dr. Neslihan SARUHAN GÜLER  
Beslenme ve Diyetetik Bölümü,  
Karadeniz Teknik Üniversitesi

.....

Üye

Prof. Dr. Elvan ÜSTÜN  
Kimya Bölümü, Ordu Üniversitesi

.....

Üye

Doç. Dr. Melek ÇOL AYVAZ  
Kimya Bölümü, Ordu Üniversitesi

.....

... / ... / 20... tarihinde enstitüye teslim edilen bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulu'nun ... / ... / 20... tarih ve ..... / ..... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Enstitü Müdürü  
Doç. Dr. Mithat AKGÜN

## **TEZ BİLDİRİMİ**

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan ve kullanılan intihal tespit programının sonuçlarına göre; bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

**MERVE NUR GÜNGÖR ÇUHADAR**

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

## ÖZET

### YEMEKLİK BİTKİSEL YAĞ TÜRLERİNİN BİYOLOJİK ETKİNLİKLERİNİN VE MALİYETLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

MERVE NUR GÜNGÖR ÇUHADAR

ORDU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KİMYA ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ, 90 SAYFA

(TEZ DANIŞMANI: Doç. Dr. Melek ÇOL AYVAZ)

Son yıllarda hem hastalıklardan korunmak, hem de sağlıklı bir yaşam sürdürme arzusuyla bilinçli beslenme gibi nedenlerle tüketiciler gıda ürünlerinden sadece beslenme gayesiyle değil sağlık açısından da faydalar sağlamaya gayret etmektedirler. Nüfus ve ekonomik gelişmenin artmasıyla birlikte Dünya genelinde halk, bitkisel yağların sağlık yararları ve besleyici özelliklerine giderek artan bir ilgi göstermektedir. Her bitkisel yağ türü, her bir temel bileşendeki önemli farklılıklarla kendine özgü kimyasal bileşimini sayesinde kendine has spesifik avantajlara ve sağlık etkilerine sahiptir. Bol miktarda besin içeriği nedeniyle zeytinyağı, mısır yağı, tereyağı ve pirinç kepeği yağı gibi çeşitli yağlar önerilmekle beraber yalnızca bir tür bitkisel yağın alınmasının dezavantajları da söz konusudur. Marketlerde de çok sayıda farklı yağlar bulunmaktadır. Bunlardan zeytinyağı gibi bazıları çok bilinirken üzüm çekirdeği yağı, avokado yağı, hindistan cevizi yağı vb. gibi diğerleri daha az bilinmekte veya hiç bilinmemektedir.

Bu tez çalışması kapsamında 11 tür bitkisel yağ çeşidinin 2 farklı markadan (bunlar arasında 1 yağ çeşidi aynı markanın farklı tür ambalajlanmış paketlerinden), 1 yağ çeşidinin 3 farklı markadan, 2 yağ çeşidinin sadece 1 markadan ve 1 yağ çeşidinin ise 6 farklı markadan temin edilmesiyle toplam 15 farklı tür bitkisel yağ çeşidi olmak üzere 34 bitkisel yağ numunesinin toplam klorofil ve karotenoid içeriğinin yanı sıra toplam fenolik ve flavonoid içeriği, DPPH radikali süpürme aktivitesi,  $Fe^{2+}$  ile şelat oluşturma potansiyelleri, antikolinesteraz ve lipid peroksidasyonunu önleme potansiyelleri spektroskopik yöntemlerle incelenmiş olup kabak çekirdeği ve çörekotu yağ örnekleri karotenoid, avokado ve zeytinyağı örnekleri de klorofil açısından etkin saptanmıştır. Çörekotu yağı fenolik, keten tohumu yağı flavonoid açısından zengin bulunurken ceviz yağının hem fenolik hem de flavonoid bakımından zengin olduğu belirlenmiştir. Ceviz yağının 1 mg/ml'sinin ortamdaki demirin yaklaşık olarak %70'ini bağlayabildiği, çörek otu yağının ise 5 mg/ml'lik kısmının DPPH radikallerinin neredeyse tamamını (%94) süpürdüğü ortaya konulmuştur. Yağ örneklerinin 2 mg/ml'lik kısımlarının asetilkolinesteraz enzimini inhibe edebilme dolayısıyla Alzheimer önleyici etkinliği incelenmiş olup en yüksek etki yaklaşık %70'lik oranla ceviz, çörekotu ve susam yağı için elde edilmiştir. Örneklerin lipid peroksidasyonunu önleme potansiyelleri 0.5 mg/ml'lik

kısımları için test edilmiş olup zeytinyağı örneği yaklaşık %12'lik değerle en yüksek etkiyi göstermiştir. Susam yağı ve kanola yağı örneklerinin de bu açıdan diğer yağ türlerine göre daha etkin olduğu saptanmıştır. Tüm parametrelerde her türün etkinliği geniş bir aralıkta değişmekle birlikte, aynı tür içinde farklı marka olmasına göre de değişen oranda etkinlik gösterdiği söylenebilir.

Çalışmanın sonuçları topluca değerlendirildiğinde bitkisel yağların çoğunun vücudun temel besin öğeleri gereksinimini karşılamamanın ötesinde insan fizyolojisi ve metabolik fonksiyonları üzerinde ilave faydalar sağlayarak hastalıklardan korunmada ve daha sağlıklı bir yaşama ulaşmaya yardımcı olan gıdalar veya gıda bileşenleri olarak bilinen fonksiyonel gıda olarak değer görebileceği öngörülebilir. Özellikle birim fiyatları en yüksek yağlar olan keten tohumu, avokado, ceviz ve çörek otu yağlarının biyolojik olarak daha aktif olduğu açıkça görülmektedir. Bu yağları beslenme takviyesi olarak günlük yaşamımıza uygun dozlarda dahil etmek beslenmemizin doyuruculuğunun yanında sağlıklı olmasını da sağlayacaktır.

**Anahtar kelimeler:** Antioksidan Aktivite, Bitkisel Yağ, Çörekotu yağı, Flavonoid İçeriği, Fenolik İçeriği, Lipid Peroksidasyonu, Sağlıklı Yaşam

## **ABSTRACT**

### **COMPARISON OF BIOLOGICAL EFFECTIVENESS AND COSTS OF COOKING VEGETABLE OIL TYPES**

**MERVE NUR GÜNGÖR ÇUHADAR**

**ORDU UNIVERSITY INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED  
SCIENCES**

**CHEMISTRY**

**MASTER'S THESIS, 90 PAGE**

**SUPERVISOR: ASSOC. PROF. DR. MELEK ÇOL AYVAZ**

In recent years, consumers have been trying to obtain benefits from food products not only for nutritional purposes but also for their health, for reasons such as protecting themselves from diseases and eating consciously with the desire to live a healthy life. With increasing population and economic development, people around the world are increasingly interested in the health benefits and nutritional properties of vegetable oils. Each type of vegetable oil has its own specific advantages and health effects, thanks to its unique chemical composition with significant differences in each key component. While a variety of oils such as olive oil, corn oil, butter and rice bran oil are recommended due to their abundant nutritional content, there are disadvantages to consuming only one type of vegetable oil. There are many different oils in the markets. While some of these, such as olive oil, are well-known, others, such as, grape seed oil, avocado oil, coconut oil, etc. are less known or not known at all.

Within the scope of this thesis study, total chlorophyll and carotenoid content of the oil sample, as well as total phenolic and flavonoid content, DPPH radical scavenging activity, chelation potential with  $Fe^{2+}$ , anticholinesterase and lipid peroxidation prevention potential of 34 vegetable oil samples, 11 types of vegetable oils from 2 different brands (among them, 1 oil type from different packaged packages of the same brand), 1 oil type from 3 different brands, 2 oil types from only 1 brand and 1 oil type from 6 different brands were examined by spectroscopic methods and pumpkin seed and black cumin oil samples were found to be effective in terms of carotenoids, and avocado and olive oil samples were found to be effective in terms of chlorophyll. While black cumin oil was found to be rich in phenolics and flaxseed oil was rich in flavonoids, it was determined that walnut oil was rich in both phenolics and flavonoids. It has been revealed that 1 mg/ml of walnut oil can bind approximately 70% of the iron in the environment, while 5 mg/ml of black cumin oil scavenges almost all (94%) of DPPH radicals. The anti-Alzheimer's effectiveness of 2 mg/ml portions of oil samples due to their ability to inhibit the acetylcholinesterase enzyme was examined, and the highest effect was obtained for walnut, black cumin and sesame oil with a rate of approximately 70%. The lipid peroxidation prevention potential of the samples was tested for 0.5 mg/ml fractions, and the olive oil sample showed the highest effect with a value of approximately 12%. Sesame oil and canola oil samples were also found to be more effective than other oil types in this respect. Although the effectiveness of each type in all parameters varies within a wide range,

it can be said that the effectiveness varies depending on whether there are different brands within the same species.

When the results of the study are evaluated collectively, it can be predicted that most of the vegetable oils can be valued as functional foods, known as foods or food components that help protect against diseases and achieve a healthier life by providing additional benefits on human physiology and metabolic functions, beyond meeting the body's basic nutritional needs. It is clearly seen that flaxseed, avocado, walnut and black cumin oils, which are the oils with the highest unit prices, are more biologically active. Including these oils as nutritional supplements in our daily lives in appropriate doses will ensure that our diet is not only satisfying but also healthy.

**Keywords:** Antioxidant Activity, Black Cumin Oil, Flavonoid Content, Healthy Eating, Lipid Peroxidation, Phenolic Content, Vegetable Oil.

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca desteğini her daim hissettiğim, bilgilerini güzel bir hitapla öğretici şekilde aktaran, tecrübeleriyle bana yol gösteren, her zaman yolumu açan, karşılaştığım her zorlukta çözüm bulan, eğitim sürecimi güzelleştiren, tanımaktan çok mutlu olduğum değerli hocam sayın Doç. Dr. Melek ÇOL AYVAZ'a

Yüksek lisansımın ilk dönemlerinde danışmanım olan, beni her zaman sıcak gülümsemesiyle karşılayan ve bana destek olan sevgili hocam sayın Doç. Dr. Mutlu SÖNMEZ ÇELEBİ'ye

Deneyler sırasında laboratuvarındaki yardımlarından dolayı Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi Peyzaj Mimarlığı bölümü öğretim üyesi sayın Doç. Dr. Ömer ATABEYOĞLU ve Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü lisans öğrencisi Esranur OKUROĞLU'na

Hayatım boyunca her kararımdaya arkamda olan, bana inanan, bana güvenen ve maddi manevi destekleyen, canım annem Kebire GÜNGÖR'e, canım babam Cengiz GÜNGÖR'e, canım kardeşim Beyza Nur BAGI'ya ve canım eşim Serhat ÇUHADAR'a

Her konuda fikirlerine önem verdiğim, her zaman benim yanımda olan ve yardımını hiçbir zaman esirgemeyen canım dostum Hande AYDIN'a

Tez sürecimde psikolojik desteğiyle hep yanımda olan canım dostum Özlem ÖZTÜRK'e

Tez savunma jürimde yer alarak hazırlamış olduğum tezin yüksek lisans tezi olarak kabul edilmesini uygun gören, sunuş ve içerikteki değerli katkıları ile tezimin son şeklinin verilmesini sağlayan sayın Prof. Dr. Neslihan SARUHAN GÜLER ve sayın Prof. Dr. Elvan ÜSTÜN hocalarıma teşekkürlerimi sunarım.



## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
<b>TEZ BİLDİRİMİ</b> .....	I
<b>ÖZET</b> .....	II
<b>ABSTRACT</b> .....	IV
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	VI
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	VII
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	IX
<b>ÇİZELGE LİSTESİ</b> .....	X
<b>SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ</b> .....	XI
<b>1. GİRİŞ</b> .....	1
<b>2. GENEL BİLGİLER</b> .....	3
2.1 Bitkisel Yağların Sağlığa Faydaları.....	3
2.2 Bitkisel Yağların Bazı Kullanım Alanları.....	4
2.3 Bitkisel Yağların Kimyasal Bileşimi.....	9
2.3.1 Yağ Asidi İçeriği.....	9
2.3.2 Tokol İçeriği.....	11
2.3.3 Fitosterol İçeriği.....	13
2.3.4 Skualen İçeriği.....	13
2.3.5 Karotenoidler.....	14
2.3.6 Toplam Fenolik İçeriği.....	14
2.3.7 Fosfolipit İçeriği.....	15
2.4 Bitkisel Yağların Elde Edilme Yöntemleri.....	16
2.4.1 Mekanik Ekstraksiyon.....	17
2.4.2 Geleneksel Solvent Ekstraksiyonu.....	18
2.4.2.1 Enzim Destekli Ekstaksiyon.....	19
2.4.2.2 Ultrason Destekli Ekstraksiyon.....	19
2.4.2.3 Mikrodalga Destekli Ekstraksiyon.....	19
2.4.3 Süperkritik Akışkan Ekstraksiyonu.....	20
2.4.4 Sulu Ekstraksiyon İşlemi.....	20
2.5 Bitkisel Yağ Çeşitleri.....	20
2.5.1 Ayçiçek Yağı.....	20
2.5.2 Fındık Yağı.....	22
2.5.3 Ceviz Yağı.....	23
2.5.4 Avokado Yağı.....	24
2.5.5 Ketan Tohumu Yağı.....	25
2.5.6 Aspir Yağı.....	26
2.5.7 Çörekotu Yağı.....	266
2.5.8 Kabak Çekirdeği Yağı.....	277
2.5.9 Mısır Yağı.....	288
2.5.10 Hindistan Cevizi Yağı.....	29
2.5.11 Zeytinyağı.....	31
2.5.12 Susam Yağı.....	333
2.5.13 Pamuk Yağı.....	35
2.5.14 Kanola (Kolza Tohumu) Yağı.....	36
2.5.15 Udi Hindi Bitkisi.....	37
2.6 Serbest Radikaller ve Antioksidanlar.....	38

2.6.1 Serbest Radikaller .....	38
2.6.2 Reaktif Oksijen ve Azot Türleri .....	39
2.7 Antioksidanlar .....	39
2.7.1 Flavonoidler .....	40
2.7.2 Karotenoidler.....	411
2.8 Antioksidanların Sağlık Açısından Önemi.....	433
2.9 Doğal ve Sentetik Antioksidanlar .....	455
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM.....</b>	<b>466</b>
3.1 Materyal .....	466
3.2 Bitkisel Yağ Örneklerinin Analiz İçin Hazırlanması.....	466
3.3 Karotenoid ve Klorofil Türevlerinin Miktarının Saptanması.....	47
3.4 Toplam Fenolik İçerik Miktarlarının Saptanması .....	48
3.5 Toplam Flavonoid İçerik Miktarlarının Saptanması .....	49
3.6 DPPH Radikal Süpürme Aktivitelerinin Saptanması.....	50
3.7 Fe <sup>2+</sup> ile Şelat Oluşturma Aktivitelerinin Saptanması.....	50
3.8 ABAP ile İndüklenen Lipid Peroksidasyonu İnhibisyon Aktivitelerinin Saptanması.....	52
3.9 Anti-Kolinesteraz Enzim Aktivitelerinin Saptanması.....	52
3.10 İstatistiksel Analiz.....	54
<b>4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....</b>	<b>55</b>
4.1 Karotenoid ve Klorofil Türevlerinin Miktarları.....	55
4.2 Fenolik ve Flavonoid İçeriklerinin Miktarları.....	58
4.3 Antioksidan Aktivite.....	62
4.4 Enzim İnhibisyon Potansiyelleri.....	70
4.5. Biyolojik Aktivitelerin Maliyet ile Karşılaştırılması.....	74
<b>5. SONUÇ ve ÖNERİLER .....</b>	<b>75</b>
<b>6. KAYNAKÇA.....</b>	<b>79</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>90</b>

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 2.1 Bitkisel Yağların Sağlık Yararlarına Karşılık Gelen Temel Bileşenleri ....	5
Şekil 2.2 Yağlama Araştırmalarında Kullanılan Bitkisel Yağların Tipik Tohumları..	7
Şekil 2.3 Südürülebilir Yağ Türevi Biyomateryaller.....	9
Şekil 2.4 Gıda Olarak Kullanılan Katı ve Sıvı Yağların Yağ Asidi Bileşimi.....	10
Şekil 2.5 Bitkisel Yağların Başlıca Bileşenleri.....	11
Şekil 2.6 $\alpha$ – Tokoferol.....	12
Şekil 2.7 Yağların Genel Bileşimi.....	16
Şekil 2.8 Yenilebilir Yağlı Tohumların İşlenme Aşamaları.....	17
Şekil 2.9 Flavonoidlerin Nükleer Yapısı.....	41
Şekil 2.10 Bitkilerde Bulunan Yaygın Karotenoidler.....	43
Şekil 4.1 Toplam Fenolik İçerik Değerlerinin Hesaplanması İçin Yararlanılan Standart Gallik Asit Kalibrasyon Grafiği .....	59
Şekil 4.2 EDTA'nın Farklı Derişimlerine Karşılık Gelen Şelatlaşma Potansiyeline Karşı Çizilen Grafik.....	63
Şekil 4.3 Askorbik Asidin Konsantrasyona Bağımlı Lipid Peroksidasyonu İnhibe Edebilme Potansiyelinin Değişim Grafiği.....	68
Şekil 4.4 Yağ Örneklerinin Birim Fiyatları ile Tüm Test Edilen Parametrelerde İlk 3'te Yer Alanların Gösterilmesi.....	74

## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

<b>Çizelge 3.1</b> Çalışmada Kullanılan Bitkisel Yağların İsimleri, Markalarının Dağılımı ve Kodları.....	47
<b>Çizelge 3.2</b> Çalışmada Kullanılan Bitkisel Yağların Etiket Bilgileri.....	48
<b>Çizelge 4.1</b> Yağ Numunelerinin Karotenoid ve Klorofil İçerikleri .....	56
<b>Çizelge 4.2</b> Yağ Numunelerinin Toplam Fenolik ve Flavonoid İçerikleri.....	60
<b>Çizelge 4.3</b> Yağ Numunelerinin Fe <sup>2+</sup> ile Şelat Oluşturma (%) ve DPPH Radikalini Süpürme (%) ve Lipid Peroksidasyonu Önleme (%) Aktiviteleri .....	66
<b>Çizelge 4.4</b> Yağ Numunelerinin 2 mg/ml'lik Kısımlarının Anti-Kolinesteraz Aktiviteleri (%).....	72

## SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ

---

<b>AH</b>	: Alzheimer Hastalığı
<b>ALA</b>	: $\alpha$ -linolenik asit
<b>BHA</b>	: Butillendirilmiş Hidroksianisol
<b>BHT</b>	: Butillendirilmiş hidroksitoluen
<b>BY</b>	: Bitkisel Yağ
<b>DPPH</b>	: 2.2-difenil-1-pikrilhidrazil
<b>DTNB</b>	: 5.5'-Ditiyobis (2-nitrobenzoik asit)
<b>EDTA</b>	: Etilendiamintetraasetik Asit
<b>FCR</b>	: Folin-Ciocalteau Reaktifi
<b>FDA</b>	: Gıda ve İlaç İdaresi
<b>FZ</b>	: Ferrozin
<b>GA</b>	: Gallik Asit
<b>GLA</b>	: $\gamma$ -linoleik asit
<b>HDL</b>	: Yüksek Yoğunluklu Lipoprotein
<b>HOC</b>	: Yüksek Yağlı Mısır
<b>HOSO</b>	: Yüksek Oleik Ayçiçek Yağı
<b>HSHO</b>	: Yüksek Stearik/Yüksek Oleik Ayçiçek Yağı
<b>LA</b>	: Linoleik asit
<b>LDL</b>	: Düşük Yoğunluklu Lipoprotein
<b>LP</b>	: Lipid Peroksidasyonu
<b>MCFA</b>	: Orta Zincirli Yağ Asidi
<b>MCT</b>	: Orta zincirli Yağ Asitleri
<b>mM</b>	: Milimolar
<b>mg</b>	: Miligram
<b>ml</b>	: Mililitre
<b>MUFA</b>	: Tekli Doymamış Yağ Asidi
<b>MVA</b>	: Mevalonik Asit
<b>nm</b>	: Nanometre
<b>PTY</b>	: Pamuk Tohumu Yağı
<b>PUFA</b>	: Çoklu Doymamış Yağ Asidi
<b>QTE</b>	: Kuersetin Eşdeğeri
<b>RNT</b>	: Reaktif Azot Türleri
<b>ROT</b>	: Reaktif Oksijen Türleri
<b>SCO2</b>	: Süperkritik akışkan
<b>SFA</b>	: Doymuş Yağ Asidi
<b>SPY</b>	: Soğuk preslenmiş yağ
<b>STH</b>	: Susam Tohumu Yağı
<b>TBHQ</b>	: Tersiyer Butilhidrokinon
<b>TPI</b>	: Toplam Fenolik İçerik
<b>VLDL</b>	: Çok Düşük Yoğunluklu Lipoprotein
<b>YA</b>	: Yağ Asidi
<b><math>\omega</math> -3</b>	: Omega - 3
<b><math>\omega</math> -6</b>	: Omega - 6
<b><math>\mu</math>g</b>	: Mikrogram
<b><math>\mu</math>L</b>	: Mikrolitre

---

## 1. GİRİŞ

Yağlar karbon, hidrojen ve oksijen atomlarından meydana gelmektedir. Organizmanın hayatta kalabilmesi için gerekli olan üç makro besin ögesinden birisidir. Yağlar, yağ asitleri ve gliserolün birleşmesi ile oluşan ve trigliseritlerin temelini oluşturduğu, yoğunluğu sudan daha az olan, suda çözünmeyen fakat organik çözücülerde çözünebilen gıdalar grubundandır. Başka bir tabirle trigliseritlere ilave olarak monogliseritler, digliseridler, fosfatidler, yağ alkolleri, steroller, yağ asitleri, terpenler ve A, D, E ve K vitaminleri gibi birçok maddeyi içeren bileşikler topluluğu şeklinde de adlandırılmaktadır. Gıda alanında yemeklik yağ olarak kullanılmaktadır (Çelebi, 2023).

Gastronomi bilimi ve yeme-içme sanatının Türk Dil Kurumu (2017) tarafından yapılan tanımında geçen, gastronomi öğelerinden olan yağların incelenmesinde dikkat edilmesi gereken iki ana unsur sağlığa uygunluğu ve lezzetlilik kavramlarıdır (Bulut, 2019).

Yemeklik yağlar, çok çeşitli kimyasal bileşenlerden oluşur. Bu yağlar tüketicilere sağladığı işlevsel ve besleyici faydalar sebebiyle halk beslenmesinde giderek daha fazla yer almaktadır (Cao ve ark., 2017).

Besinler aracılığı ile organizmaya alınan yağlar iki ana başlıkta sınıflandırılmaktadır. Bu iki ana başlık bitkisel yağlar ve hayvansal yağlardır. Hayvansal yağlar et, süt, peynir, krema, kaymak, tereyağı gibi gıdalarda bulunur. Hayvansal yağlar doymuş yağ asitlerinden oluştuklarından katı formdadır ve sindirilmeleri zordur. Kolesterol miktarları fazladır. Bu özelliklerinden dolayı fazla tüketilmeleri önerilmez. Fazla tüketilirse yüksek kolesterol, kalp ve damar hastalıkları gelişme riski yüksektir. Bitkisel yağlar yüksek oranda doymamış yağ asitlerinden oluştuklarından sıvı formdadırlar. Zeytin, ayçiçek, mısır gibi bitkilerin özlerinden üretilirler. Kolesterol içermezler. Bu özelliklerinden dolayı damar sertliği gibi problemlere yol açmazlar (Pancar, 2023).

Bitkisel yağlar içerdikleri yağ asitleri, tokoferoller, karotenoidler, antioksidan bileşikler, fenolik ve yağda çözünen biyoaktif bileşenlerinden dolayı insan

beslenmesinde büyük bir öneme sahiptir. Yapılan çalışmalar sonucunda, yağlardan elde edilen kalorinin günlük beslenmenin yaklaşık olarak %15 - 30'unu oluşturması ve tüketilen yağ oranının büyük kısmının bitki kaynaklı sıvı yağlardan oluşması gerektiği belirtilmiştir (Çelebi, 2023).

Bitkisel yağlar, yalnızca bir pişirme aracı olarak kullanıldığında duyuşal özellikleri nedeniyle değil, aynı zamanda vücudun normal sıcaklığını korumak için bir enerji kaynağı olarak da kullanılması nedeniyle, insanın günlük diyetinde vazgeçilmez bileşenlerdir (Tian ve ark., 2023). Dünya nüfusunun artmasıyla birlikte yemeklik yağlara olan talep de her geçen gün artmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü'nün tavsiye ettiği yenilebilir yağ alımı yılda 20-25 kg olup, yoksul ülkelerdeki alım miktarı önerilen düzeyin çok altındadır. Bu nedenle, yenilebilir yağların yalnızca tüketicilerin hızla artan talebini karşılaması değil, aynı zamanda daha iyi kalite ve çeşitliliğe de ihtiyacı vardır. Bitkilerden yenilebilir yağların ekstraksiyonu, rafine edilmesi, tağışın tanımlanması, sindirimi ve emilim akıbeti ve uygulanmasına ilişkin sistematik bir özet, bunların daha kapsamlı ve güvenli bir şekilde uygulanması için esastır. Ayrıca pişirme ve sindirim süreçleri, yağların bileşimini ve kalitesini etkileyebilir. Yenilebilir yağların stabilitesi ve biyoyararlılığının iyileştirilmesi gerekmektedir (Wen ve ark., 2023).

Varolan araştırma sonuçlarına dayanarak, farklı bitki kaynaklarından, çeşitlerinden ve üretim alanlarından elde edilen yenilebilir yağların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin değişkenlik gösterdiğinin bilinmesi üzerine mevcut çalışmada farklı markalardan çok çeşitli bitkisel yağ türlerinin biyolojik aktiviteleri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1 Bitkisel Yağların Sağlığa Faydaları

Yağlar özellikleri açısından incelendiğinde fizyolojik olarak insani tüm faaliyetlerin normal gelişmesi, çocuk gelişimi, sağlıklı beslenme, metabolizma faaliyetleri, bağışıklık kazanma ve uygulanan tedavilerin başarılı olması gibi hayati konularda yer alan birincil besin maddelerindendir. Bitkisel yağlar, bilhassa doymuş yağ içeriklerinin düşük olması, hücre yapısı açısından elzem olan yağ asitlerini barındırması ve insan vücudu için gerekli olan ve yağda eriyen A, D, E ve K vitaminlerini çözmesi gibi özellikleriyle insan sağlığına faydalı ve yüksek besin değerine sahip olmaları yönüyle özel bir yere sahiptirler (Gadoth, 2008). Tokoferol, fitosterol, polikasanol ve fosfotildilkolin gibi bileşenler doğal olarak bitkisel yağlarda bulunmakta ve hastalıkları tedavi edici ve önleyici özellikleri bilimsel çalışmalarla bildirilmektedir (Çelebi, 2023).

Bitkisel yağlar enerji sağlama, yağda çözünen vitaminleri ve antioksidanları taşıma gibi yollarla besinsel ihtiyaçları karşılamaktadır. Bitkisel yağlar yüksek oranda doymamış yağ asitleri, özellikle linoleik asit (LA), linolenik asit ve tokoferol içeriği ile karakterize edilmektedir. Esansiyel yağ asitleri, tokoferol ve fitosterollerin varlığı bitkisel yağların besin değerini artırmaktadır. Tekli ve çoklu doymamış yağ asitlerinin serum kolesterol düzeyini düşürmeye katkıda bulunduğu bilinmektedir (Can, 2019).

Bitkisel yağlar, yağda çözünen vitaminler için taşıyıcı görevi gören, steroid hormonları ve prostaglandin sentezi için öncü olarak görev yapan ve sağlığın korunmasında ve hastalıkların önlenmesinde önemli bir rol oynayan esansiyel yağ asitlerini ihtiva eder. Dünya çapında kentleşme, kişi başına milli gelir artışı ve obezjenik diyetlere geçiş nedeniyle yenilebilir bitkisel yağların tüketimi düzenli bir şekilde artmaktadır (Tian ve ark., 2023). Ayrıca yağlar besinsel değerleri sayesinde tüketimleri sonrasında verdikleri tokluk hissi sağlık açısından da faydalıdır. Yağlar hem doyurucu ve enerji verici besinler hem de çeşitli ham maddelerin aromalarına sahip olan lezzet unsurlarıdır (Bulut, 2019).



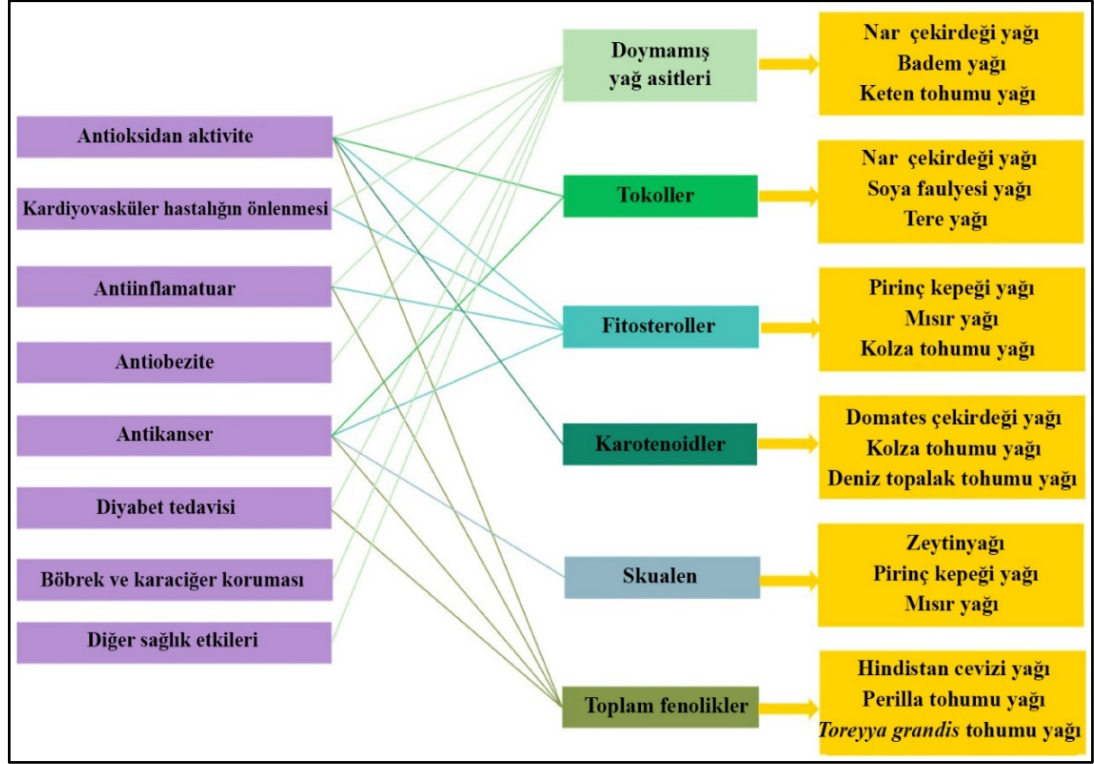
## 2.2 Bitkisel Yağların Bazı Kullanım Alanları

Bitkisel yağın rafine edilmesi ve ekstraksiyonu işlemleri, bunların yalnızca gıdada değil aynı zamanda ilaç ve kozmetikte de kullanılmasına olanak sağlamıştır. Özellikleri kapsamlı bir şekilde araştırılmış ve çeşitli hastalıkların tedavisinde yeni ufuklar açılmıştır. Bitkisel ve uçucu yağların bileşimlerinde çok sayıda güçlü maddeler barındırdığı bilinmektedir. Bitkisel yağlar kimyasal bileşimlerine göre fenolikler, yağ asitleri ve karotenoidler olarak sınıflandırılabilir. Farmakolojik özellikleri nedeniyle anti-inflamatuar, antikanser, antibakteriyel, antifungal, antioksidan, anti-agregasyon ve anti-fibrilasyon ajanları olarak kullanılabilirler. Bitkisel yağlar, tıbbi kullanımlarının araştırılmasına olanak tanıyan zengin kimyasal bileşimi sayesinde çok sayıda farmakolojik özelliğe sahiptir. Son 10 yılın çalışmalarını kapsayan bibliyografik bir araştırma, nanoyapılı bitkisel yağlar içeren ürünlerin temel tedavi uygulamalarının antimikrobiyal (%21), antitümör (%17), antiinflamatuar (%12) ve antioksidan (%7) ajanlar olduğunu gösterdi (Şekil 2.1). Ayrıca bitkisel yağlar da lipit formülasyonlarında taşıyıcı olarak kullanılabilir. Bitkisel yağın biyolojik etkisi olduğundan ürün, aktif bileşikle birleştiğinde sinerjistik bir etki ortaya çıkarabilir. Ek olarak, lipit taşıyıcı olarak bitkisel yağ, bileşenler arasında uyumsuzluk olsa bile alerji ve tahriş riskini azaltabilir. Bitkisel yağlar, sabit yağ çalışmalarının yaklaşık %41'inde ve uçucu yağ çalışmalarının %50'sinde hem aktif bileşik hem de lipit taşıyıcı olarak kullanılmıştır (Masiero ve ark., 2021). Son yıllarda tüketiciler, sağlıklı bir yaşam tarzı benimsemektedirler.

Özellikle biyoaktif bileşenler içeren gıdalar veya fonksiyonel gıdalar sağlık üzerinde derin etkisi olan gıdalardandır. Fonksiyonel gıda, belirli bir biyoaktif bileşenin eklenmesi, değiştirilmesi veya fonksiyonel üründeki aktif bileşenin konsantrasyonunun artırılması yoluyla üretilir. Bitkisel yağlar, çoğunlukla doymamış yağ asitlerinin varlığı nedeniyle doğal bileşimlerinden dolayı fonksiyonel gıdalar olarak sınıflandırılır.

Rafine ve soğuk preslenmiş yağların besin ve kimyasal bileşimleri öncelikle üretim teknolojisine bağlı olarak farklılık göstermektedir ve bilimsel veriler, soğuk

preslenmiş yağların besin değeri açısından rafine yağlara göre avantajlı olduğunu göstermektedir. Katı ve sıvı yağlar, önemli bir enerji kaynağı oldukları ve günlük enerji ihtiyacının %25'ini oluşturdukları için dengeli bir beslenmenin temel bileşenleridir.



**Şekil 2.1** Bitkisel Yağların Sağlık Yararlarına Karşılık Gelen Temel Bileşenleri (Tian ve ark., 2023)

Bitkisel yağlardaki biyoaktif bileşenler, esansiyel yağ asitleridir. Bunlar  $\alpha$ -linolenik asit (ALA), eikosapentaenoik asit ve dokosaheksaenoik asittir. Ayrıca tokoferoller ve tokotrienoller, steroller, pigmentler, vb. diğer biyoaktif bileşenlerdir. Omega 3 ( $\omega$ -3) ve Omega 6 ( $\omega$ -6) gibi esansiyel yağ asitleri inflamatuvar rol, oksidatif stresin azaltılması ve merkezi sinir sistemi ve kardiyovasküler sistemin korunması gibi biyolojik rolleri açısından önemlidir. Yağ asidi (YA) bileşimi, bitkisel yağların besin değerini ve işlevselliğini belirlemek için önemli bir parametredir. Tohum yağları, antiinflamatuvar, diüretik, antimikrobiyal, antioksidan vb. etki göstererek insan vücudu üzerinde belirli olumlu etkiler gösteren yağ asitleri ve çeşitli küçük bileşenlerin uygun bileşimi nedeniyle biyolojik değeri yüksek yağlar grubuna aittir. Fonksiyonel yağların önemini bilmek diyetlerde yer almasını artırır ve bu yağların

sağlığa olan faydaları nedeniyle günümüzde tüketiciler biyoaktif yağ bileşenleri içeren gıdaları tkermeye daha fazla ilgi göstermektedir (Jankuloska ve ark., 2020).

Dünyada yağların en büyük kullanım alanlarından biri madeni yağlardır. Son 20 yılda biyo bazlı yağlama yağlarının geleneksel petrol bazlı yağlarla rekabet edebildiği kanıtlanmıŐtır. Petrolden elde edilen yakıtlar ve madeni yağlar ile petrol rezervlerinin hızla tükenmesi konusundaki katı hkmet düzenlemeleri ve politika uygulamaları da dahil olmak üzere çok sayıda neden bu eğilime katkıda bulunmuştur. Petrol yağlarının kullanımının ekolojik ve çevresel açıdan yarattığı zararlı ve olumsuz etkilerden dolayı biyo-yağlayıcılara olan ihtiyaç artmıştır (Şekil 2.2). Bitkisel yağlar, çeşitli temel teknik özellikleri ve biyobozunma kapasiteleri nedeniyle, yağlayıcı baz yağlar olarak iŐlev görmek üzere petrol bazlı yağlara güçlü alternatifler sunar. Bitkisel yağların madeni yağların yerine geçecek maddeler üretmek amacıyla fiziko-kimyasal modifikasyonları Şu anda en önemli geniŐleyen endüstriyel araştırma disiplinlerinden biridir.

19. yüzyıla kadar yağlama yağlarının ana bileşenleri halinde, antik çağlardan beri bitkisel yağlar yağlayıcı olarak kullanılmaktadır. Hızlı sanayileŐme, bitkisel ve hayvansal kaynaklardan elde edilen yağlayıcıların maliyeti ve tedariki üzerinde baskı oluşturan yağlayıcı talebinin daha sonra artmasına neden olmuştur. 19. yüzyılın ikinci yarısında, madeni yağların etkili bir Şekilde aranması ve çıkarılmasından sonra, bol miktarda temin edilebilmesi, yağlayıcı olarak bitkisel ve hayvansal yağların yerini almaya yönelmiştir. Mineral yağlar, yağlayıcı olarak kabul edilebilir niteliklere sahip bir dizi sıvı sunabilir. Böylece yağlama sanayi sektöründe petrol bazlı ürünler hakim olmaya baŐlamıŐtır. Ancak madeni yağların endüstriyel kullanımının yaygınlaŐması daha sonra birçok çevresel soruna yol amaya da baŐlamıŐtır. Bitkisel yağların metal yüzeylere yapıŐma ve yüzeylere tutunan polar kısmı ve yüzeye hemen hemen tüm düzenli yönlerde yerleŐen hidrokarbon zincirleri ile sağlam bir tek tabaka oluşturma yeteneği çok yüksektir. Bitkisel yağlar hızla biyolojik olarak parçalanabilen maddeler olarak kabul edilir (Hamnas ve Unnikrishnan, 2023).

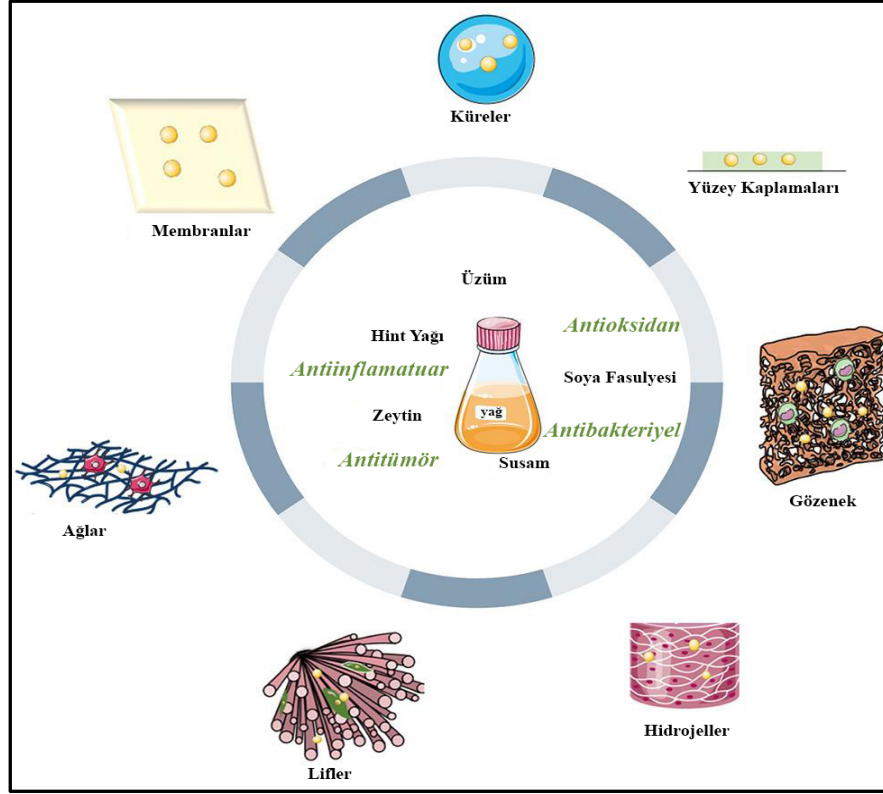


**Şekil 2.2** Yağlama Araştırmalarında Kullanılan Bitkisel Yağların Tipik Tohumları (Hamnas ve Unnikrishnan, 2023)

Petrol kökenli solventler artık dünya çapında sıkı bir şekilde düzenlendiğinden, doğal gıda ürünlerinin ekstraksiyonu, saflaştırılması ve formülasyonu için daha yeşil, biyo bazlı ve yenilenebilir solventlerin kullanılmasına yönelik artan bir talep vardır. İdeal alternatif solventler, yüksek çözünme gücüne ve parlama noktasına sahip, düşük toksisiteye ve daha az çevresel etkiye sahip, uçucu olmayan organik bileşiklerdir. Yenilenebilir kaynaklardan makul fiyata elde edilmeli ve geri dönüşümü kolay olmalıdır. Yeşil Kimya ve Yeşil Mühendislik ilkelerine dayanarak bitkisel yağlar, saflaştırma, zenginleştirme ve hatta kirliliğin iyileştirilmesi amacıyla bileşiklerin çıkarılması için ideal bir alternatif çözücü haline gelebilir. Örneğin kabukluların yan ürünlerinden veya taze havuçlardan karotenoidlerin ekstraksiyonunda ve ayrıca fesleğen aromalarının ekstraksiyonunda solvent olarak başarıyla kullanılmıştır (Yara-Varón ve ark., 2017).

Bitkisel yağlar ve bunların türevleri (bitkisel bazlı yağ (bitkisel yağ ve atık bitkisel yağ), işlevselleştirilmiş bitkisel yağ (epoksitlenmiş, transesterifiye ve akrilatlanmış bitkisel yağlar) ve bitkisel yağ bazlı polimer (soya fasulyesi yağı bazlı ve hint yağı bazlı biyopolimer) asfalt malzemelerde umut verici performansla kullanım için değiştiriciler veya güçleştiriciler olarak büyük potansiyel göstermiştir. Çevresel ve ekonomik yararları nedeniyle, bitkisel yağların performansı artırmak ve asfalt malzemeleriyle etkileşimi teşvik etmek için etkili bir şekilde kullanılmasına ilişkin araştırmalar son yıllarda daha da yürütülmektedir. Yenilenebilir ve yeterli kullanılabilirlik özellikleri nedeniyle bitkisel yağlar ve modifiye yağlar endüstride kullanılacak reçinelerin üretilmesi için ideal hammaddelerdir. Soya fasulyesi yağı ve ayçiçek yağı gibi bitkisel yağlar, dielektrik soğutucular, pestisit adjuvanı vb. olarak kullanılabilir. Fonksiyonelleştirilmiş bitkisel yağlar, epoksiler, akrilatlar veya esterlerin fonksiyonel gruplarını eklemek için epoksidasyon, akrilasyon ve transesterifikasyon yoluyla elde edilebilir. İşlevselleştirilmiş bitkisel yağlar, paketlenme, elektronik, otomotiv, tıbbi, asfalt vb. uygulamalarda kullanılabilen esnek özelliklere sahip biyopolimerlere daha da polimerize edilebilir. Asfalt endüstrisinde birçok çalışma, bitkisel yağlardan elde edilen/türetilen biyo-katkı maddelerinin asfalt değiştiriciler veya rejeneratörler olarak ümit verici performansla kullanılma konusunda büyük potansiyele sahip olduğunu kanıtlamıştır (Chen ve ark., 2023).

Bunların dışında bitkisel yağlar, polimer biliminde, doğada bol miktarda bulunan, dünya çapında bulunabilirliği ve düşük maliyeti olan, çevre dostu bir hammadde olarak önerilmektedir. Polimer sentezinin yapı taşları olarak geniş çapta araştırılmış olmalarına rağmen, güçlü biyomoleküllerin sahipleri olarak fonksiyonel rolleri daha az keşfedilmiştir. Antik biyomolekülleri, biyomedikal öneriler için büyük bir umut olarak kabul edilen antioksidan, antibakteriyel, antiinflamatuvar ve anti-tümör özellikleri gibi doğal biyolojik rolleri destekler. Doğal antiinflamatuvar, antitümör, antioksidan ve antibakteriyel biyolojik bileşiklerin biyomedikal alana çevrilebilecek sağlık yararları sağladığı üzüm, soya fasulyesi, hintyağı, susam ve zeytin bitkisel yağlarından bu bağlamda yararlanılmaktadır. Bu bitkisel yağların, karbon ayak izinin azaltılmasına katkıda bulunabilecek fonksiyonel ve yüksek performanslı biyomateryallerin moleküler tasarımıyla en alakalı olduğu düşünülmektedir (Riberio ve ark., 2022) (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 Sürdürülebilir Yağ Türevi Biyomateryaller (Ribeiro, 2022)

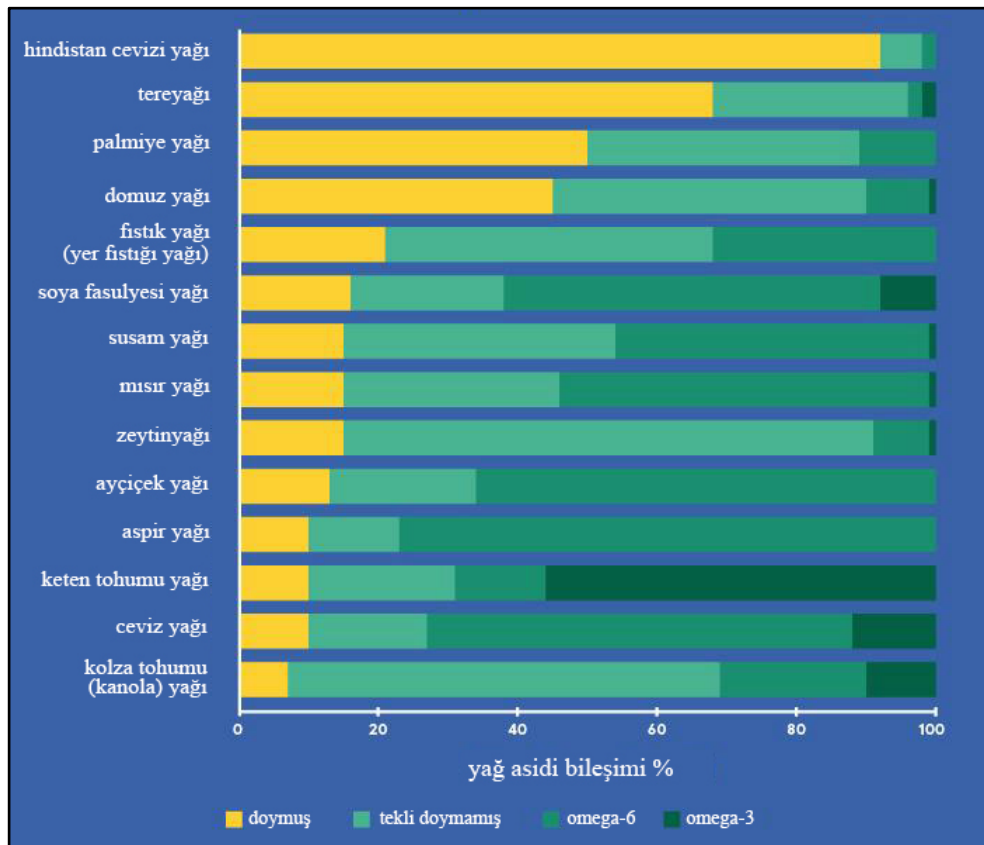
## 2.3. Bitkisel Yağların Kimyasal Bileşimi

### 2.3.1 Yağ Asidi İçeriği

Yağ asitleri, insanlarda ve organizmalarda biyolojik maddenin ana bileşenleri olarak çok önemlidir. Doymuş veya doymamış hidrokarbon zincirlerine dayanarak, yağ asitleri, doymuş yağ asidi (SFA), tekli doymamış yağ asidi (MUFA) ve çoklu doymamış yağ asidi (PUFA) dahil olmak üzere çeşitli gruplara ayrılabilir.

Bitkisel yağlarda yağ asitleri cis konfigürasyonunda çift sayıda C atomuna sahiptir. İçerik ve bileşim açısından büyük farklılıklar gösterir. Tipik olarak bir tür yağ asidi baskındır. Örneğin, zeytinyağında bulunan başlıca YA, “tekli doymamış yağ” olarak sınıflandırılan oleik asit, ayçiçek yağında baskın yağ asidi linoleik asit, keten tohumu yağında ise alfa linolenik asittir. Bu nedenle sıklıkla “çoklu doymamış yağ” olarak anılır. Neredeyse tamamı doymuş bir yağ olan hindistan cevizi yağı istisna bir durumdur. Evde kullanılan yemeklik yağların çoğu ağırlıklı olarak doymamış yağ eğilimindedir (Tian ve ark., 2023).

En yüksek SFA içeriğine sahip ilk üç bitkisel yağ, hindistancevizi yağı (%92.10), jak meyvesi tohumu yağı (%49.13) ve palmiye yağı (%44.15) dir. SFA'lar arasında laurik asit %47.70 ile %49.57 arasında en yüksek değere sahipken, PUFA %1.60-1.90 ile en düşük değerdedir ve bu da hindistancevizi yağını benzersiz kılmaktadır. Nar çekirdeği yağı yalnızca %5.35 ile en az miktarda SFA içerir. MUFA'lar açısından badem yağı %77.07 ile en yüksek MUFA içeriğine sahiptir, bunu zeytinyağı (%76.62) ve papaya tohumu yağı (%76.10) takip etmektedir. Buna karşılık, jak meyvesi tohumu yağı en düşük MUFA içeriğine (%4.15) sahiptir. Yüksek PUFA içeriğine sahip bazı bitkisel yağlar şöyle sıralanabilir: Nar çekirdeği yağı (%87.87), çuha çiçeği yağı (%83.40), aspir yağı (%79.10) ve keten tohumu yağı (%76.94) (Tian ve ark., 2023). Bazı yağların yağ asidi bileşimi Şekil 2.4'te gösterilmiştir.

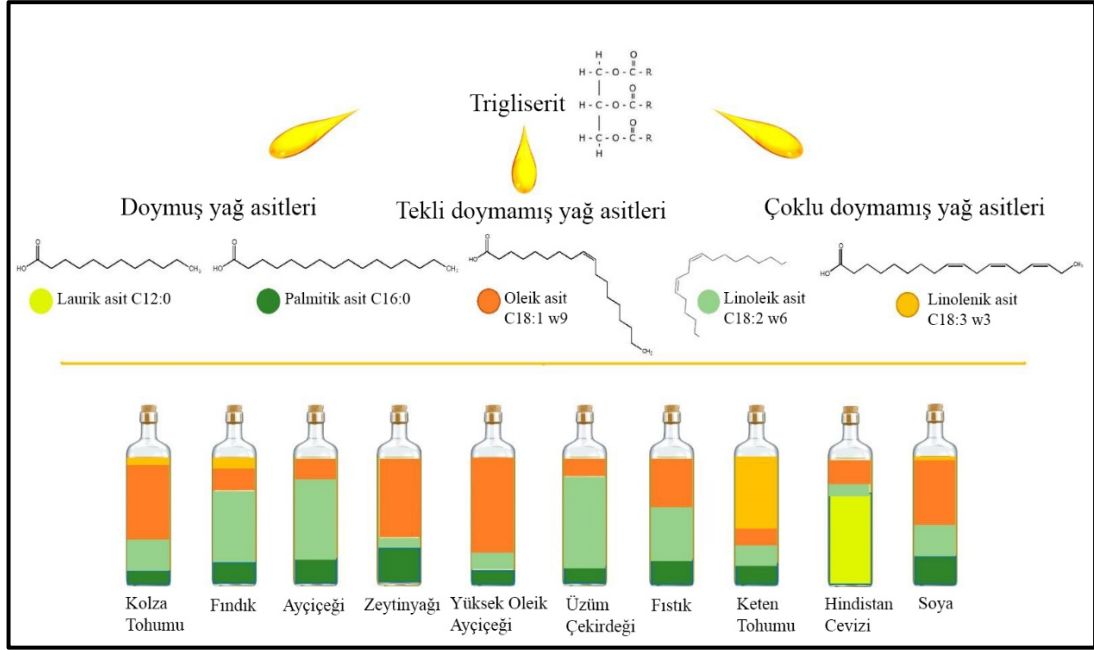


**Şekil 2.4** Gıda Olarak Kullanılan Katı ve Sıvı Yağların Yağ Asidi Bileşimi (Anonim, 2015)

Yağlarda bulunan başlıca yağ asitleri palmitik asit (C16:0), oleik asit (C18:1), linoleik asit (C18:2) ve linolenik asittir (C18:3). Şekil 2.5'te bitkisel yağların yağ asidi içerikleri gösterilmektedir. LA (C18:2) içeriği en yüksek (%79.00) aspir



yağındadır. Linolenik asitin iki izomeri vardır:  $\alpha$ -linolenik asit (ALA) (C18:3n-3) ve  $\gamma$ -linolenik asit (GLA) (C18:3n-6), ilki daha yaygındır ve ikincisi yalnızca az sayıda bitkisel yağda mevcuttur, örneğin çuha çiçeği yağında GLA %9.50 iken ALA olarak sadece %0.10'dur. Keten tohumu yağı, perilla tohumu yağı ve *Eucommia ulmoides* Oliver tohumu yağı, sırasıyla %61.06, %51.87 ve %59.87 olan yüksek miktarda ALA içerir (Tian ve ark., 2023).



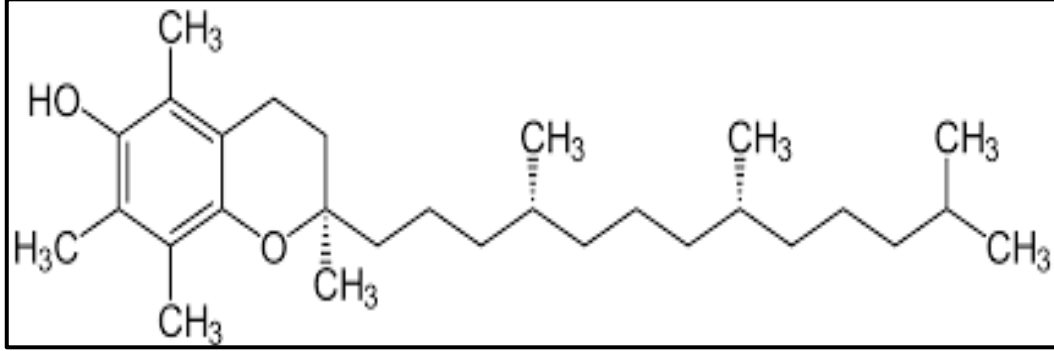
Şekil 2.5 Bitkisel Yağların Başlıca Bileşenleri (Yara-Varón ve ark., 2017)

### 2.3.2 Tokol İçeriği

Tokoller denildiğinde E vitamini aktivitesine sahip tokoferoller ve tokotrienoller akla gelmektedir. Bitkisel yağlarda bulunan tokoferoller zincir kırma reaksiyonları yoluyla doymamış lipidlerin peroksidasyonunu önlemek için antioksidan görevi görür. Tirozinden türetilmiş bir polar kısım, kromanol halkası ve hidrofobik fitolden türetilmiş bir yan zincirden oluşurlar. Tokoferoller, esas olarak  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ - ve  $\delta$  olmak üzere dört izomerde bulunan ve antioksidan aktivite ve antikanser etkileri de dahil olmak üzere birçok fizyolojik aktiviteye sahip olan, lipitte çözünebilir önemli fitobileşiklerden oluşan bir gruptur. Tokoferollerin antioksidan aktivitesi temel olarak fenolik hidrojenlerini lipid serbest radikallerine bağışlama yeteneklerinden kaynaklanmaktadır. Tokoferollerin in vivo antioksidan aktivitesinin



gücünün şu sırayla olduğu bulunmuştur:  $\alpha > \beta > \gamma > \delta$  (Şekil 2.6) (Al-Madhagy ve ark., 2023).



Şekil 2.6  $\alpha$ -tokoferol

Nar çekirdeği yağının en yüksek toplam tokol seviyesine (5246.0 mg/kg) sahip olduğu, bunu soya fasulyesi yağının (1774.6 mg/kg) ve tere yağının (1754.0 mg/kg) takip ettiği, palm çekirdeği yağının ise 34.0 mg/kg değeri ile en düşük konsantrasyona aynı zamanda hindistancevizi yağında düşük bir konsantrasyona (35.0 mg/kg) sahip olduğu bildirilmiştir. Ayçiçek yağı en iyi  $\alpha$ -tokoferol kaynağı (570.5 mg/kg) olup, aspir yağı (451.2 mg/kg), pamuk tohumu yağı (386.2 mg/kg) ve kamelya yağı (378.0 mg/kg) nın da bunu izlediği belirlenmiştir. En yüksek  $\gamma$ -tokoferol içeriğine sahip dört yağ vardır: nar çekirdeği yağı (3829.0 mg/kg), soya fasulyesi yağı (1639.7 mg/kg), tere yağı (1550.0 mg/kg) ve *Eucommia ulmoides* Oliver tohumu yağı (906.2 mg/kg).  $\delta$ -tokoferol, çuha çiçeği yağı, hurma yağı veya *Torreya grandis* tohumu yağında bulunmazken, soya fasulyesi yağında en yüksek seviyede (304.7 mg/kg) tespit edilmiştir.  $\alpha$ - ve  $\gamma$ -tokoferoller neredeyse tüm bitkisel yağlarda bulunan ana tokoferol türleridir; bunun istisnası, tokoferollerin %89'unu  $\beta$ -tokoferolün oluşturduğu *Torreya grandis* tohum yağıdır. Aspir yağındaki  $\alpha$ -tokoferol, bitkisel yağ (BY)'lar arasında en yüksek olan tokollerin %93.0'ını oluşturmaktadır. Susam ve şakayık tohumu ağırlıklı olarak (%95.0 ve %92.7)  $\gamma$ -tokoferol içerir. Keten tohumu yağındaki benzersiz bir bileşik, tüm tokoferollerin en güçlü antioksidanı olan  $\gamma$ -tokoferolün iki katı uzunluğunda bir yan zinciri olan bir  $\gamma$ -tokoferol olan plastokromanol-8'dir. İlginç bir şekilde, bazı bitkisel yağlar tokoferollerden daha yüksek seviyelerde tokotrienol içerir; örneğin üzüm çekirdeği yağında en bol bulunan tokol bileşenleri olarak  $\alpha$ -tokotrienol ve  $\gamma$ -tokotrienol bulunur; pirinç kepeği yağında  $\gamma$ -tokoferol, 823.4 mg/kg içeriğiyle en

önemli tokoldür; Palmiye yağında tokotrienoller toplam tokollerin %75.0 ile %79.0'ını temsil eder (Tian ve ark., 2023).

### 2.3.3 Fitosterol İçeriği

Fitosteroller bitkilerde yaygın olarak bulunur ve kimyasal yapı ve fizyolojik fonksiyonlar açısından kolesterole benzerler. Fitosteroller, tetrasiklik bir halkaya ve karbon 17'ye bağlı bir yan zincire sahip olan triterpen ailesine aittir, insan sağlığı için gerekli biyomoleküllerdir ve gıdalardan alınması gerekir. Yüksek bitkilerde fitosteroller öncelikle terpenler ve steroidler üreten mevalonat yolu aracılığıyla mevalonik asitten (MVA) sentezlenir. Alt bitkilerde alternatif bir yol, MVA yerine 2-c-metil-d-eritritol 4-fosfattan geçer. Aslında bitkisel yağlarda 100'den fazla farklı fitosterol tespit edilmiştir; bunların arasında  $\beta$ -sitosterol, kampesterol, stigmasterol, brassicasterol ve  $\Delta$ 5-avenasterol ana türlerdir (Tian ve ark., 2023).

### 2.3.4 Skualen İçeriği

Skualen, altı izopren birimi içeren doğal bir terpenoid hidrokarbondur ve fitosterollerin biyosentezinde bir ara üründür. Başlangıçta derin deniz köpekbalığı karaciğerinden izole edildiği için adı da buradan gelmektedir. Biyolojik olarak en aktif bileşenlerden biridir ve BY'ların sabunlaştırılmayan önemli bir bileşenidir; çoklu doymamış hidrokarbonların diyetle alınmasının yanı sıra vücuttaki mevalonat yolunun ilk adımlarında sentezlenir.

Skualen miktarı farklı BY türlerine göre değişir. Genel olarak bitkisel yağdaki skualen içeriği genellikle 2-300 mg/100 g'dır. Zeytinyağı, özellikle sızma zeytinyağı en yüksek skualen seviyesine sahiptir ve 153.4-747.4 mg/100 g aralığında skualen içeriğine sahiptir. Zeytinyağı dışında diğer önemli bitkisel skualen kaynakları arasında pirinç kepeği yağı (318.9 mg/100 g), mısır yağı (256.8 mg/100 g) ve kabak çekirdeği yağı (198.0 mg/100 g) yer alır. Ham ayçiçek yağında skualen içeriği tipik olarak 15.0 ila 20.0 mg/100 g arasındadır, ancak 27.1 mg/100 g'a kadar daha yüksek düzeyler rapor edilmiştir, çuha çiçeği yağı ise skualen içermemektedir (Tian ve ark., 2023).

### 2.3.5 Karotenoidler

Karotenoidler, bitkiler ve alglerin yanı sıra çeşitli bakteri ve mantar türleri tarafından üretilen, yağda çözünebilen pigmentlerdir. Bunlar BY'larda en yaygın pigmentlerdir. Tetraterpen grubuna aittirler ve 40 karbon atomu içeren sekiz izopren molekülünden üretilirler. Karotenoidler lutein ve zeaksantin gibi oksijen içeren ksantofiller; ve  $\alpha$ -karoten,  $\beta$ -karoten, kriptoksantin ve likopen gibi tamamen oksijensiz hidrokarbonlar olan karotenler olarak iki türe ayrılırlar. Karotenoidler A vitamini öncüsü olarak bilinir ve A vitamini aktivitesine sahiptir.

BY'larda bir dizi karotenoid içeriği vardır. En yüksek karotenoid içeriği domates tohumu yağında (765.7 mg/kg) bulunurken, bunu kolza tohumu yağı (358.7 mg/kg), keten tohumu yağı (76.9 mg/kg), deniz topalak tohumu yağı (55.3 mg/kg) ve zeytinyağı (44.8 mg/kg) takip etmektedir. Pirinç kepeği yağının karotenoid içermediği bulunmuştur (Tian ve ark., 2023).

### 2.3.6 Toplam Fenolik İçeriği

Fenolik bileşikler ve fenolik asitler, hemen hemen tüm BY'larda bulunan önemli ikincil metabolitler olan en az bir aromatik halka ve bir hidroksil grubu içeren bir molekül grubudur. Fenolik bileşikler fenolik asitler, flavonoidler, stilbenler ve lignanlar olarak sınıflandırılabilir. Fenolik bileşikler, BY'lardaki PUFA'ların oksidatif stabilitesi için önemlidir. Fenolik bileşiklerin toplam serbest içeriği ve BY'lardaki fenol profili çok çeşitlidir ve yağın kaynağına ve üretim yöntemine bağlıdır. Bitki kaynaklı tarım tedavisi ve yağ çıkarma teknolojisi nedeniyle asitler, fenolik alkoller, flavonoidler, secoiridoidler, lignanlar ve bunların metabolik türevleri gibi çeşitli fenolik bileşikler tanımlanmıştır.

Farklı BY'lar arasında toplam fenoliklerin seviyesinde, kaynak yağa ve üretim yöntemine bağlı olarak 0.4 mg/kg ile 59 300.0 mg/kg arasında değişen büyük bir fark söz konusudur. Hindistan cevizi yağı (59 300.0 mg/kg), *Torreyia grandis* tohumu yağı (12 630.0 mg/kg), perilla tohumu yağı (11 090.0 mg/kg), pirinç kepeği yağı (10 220.0 mg/kg) ve nar çekirdeği yağı (9 000.0 mg/kg) diğer yağlardan çok daha yüksek bir toplam fenolik içeriğine sahiptir. BY'lardaki fenolik konsantrasyonunun geniş aralığı, tohumların çeşitliliği, bölgeler, tarım teknikleri, hasadın olgunluğu,

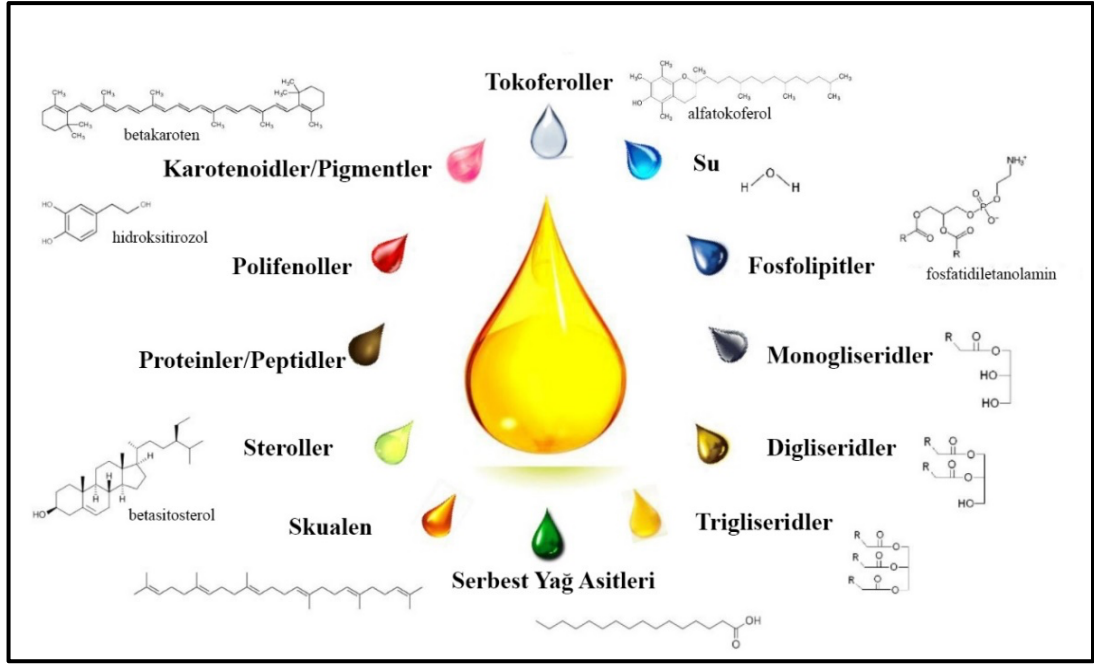
BY'ların ekstraksiyon, işleme ve depolama yöntemleri dahil olmak üzere bir dizi üretim faktörünün sonucudur. BY'lardaki fenolik bileşik türleri çeşitlidir. Kolza tohumu yağındaki ana fenolik bileşikler, toplam fenoliklerin %85'ini oluşturan 4-vinilsyringol'dür (kanolol), ferulik ve p-kumarik asitler ise daha küçük miktarlarda bulunmaktadır. Ancak kamelya yağında benzoik asit, sinamik asit, hidroksifenil asetik asit ve flavan-3-ol, flavonoller, flavonlar ve dihidroflavonlar dahil olmak üzere 24 fenolik bileşik bulunmuştur.

Fenolik asitler ve türevleri toplam polifenollerin küçük bir kısmını oluştururken, insan sağlığını da açıkça etkilemektedir. Literatür verileri incelendiğinde kabak çekirdeği yağındaki fenolik asit içeriğinin 164.800 mg/kg kadar yüksek olduğu, bunu üzüm çekirdeği yağı (92.490 mg/kg), kamelya yağı (31.243 mg/kg) ve mısır yağının (8.850 mg/kg) takip ettiği görülmüştür, pirinç kepeği yağlarının fenolik asit içeriği ise yalnızca 0.004 mg/kg'dır. Keten tohumu yağının başlıca fenolik asitleri ve türevleri p-hidroksibenzoik, ferulik asitler, vanilik asit ve vanilindir. Zeytinyağında vanilik, protokatekuik, kafeik ve p-kumarik hakim olup tüm fenolik asitlerin sırasıyla %59.5, %22.3, %12.2 ve %6.0'ını oluşturmaktadır (Tian ve ark., 2023).

### 2.3.7 Fosfolipit İçeriği

Fosfolipitler, fosfat grupları, hidrofilik başlıklar ve lipofilik kuyruklar içeren geniş bir lipit molekülleri sınıfıdır. BY'lar genellikle %0.1 ila %3.0 arasında fosfolipid içerir. Fosfolipidler karakteristik gruplarına göre temel olarak fosfatidilkolin (PC), fosfatidiletanolamin (PE), fosfatidilgliserol (PG), fosfatidilinositol (PI), fosfatidilserin (PS), fosfatidik asit (PA), lisofosfatidilkolin (LPC) ve bunların açıl formları olarak kategorize edilirler.

Tüm bu bahsedilen aktif bileşiklere ek olarak, kamelya yağındaki yeşil çay polifenolleri, pirinç kepeği yağındaki  $\gamma$ -orizanol, keten tohumu yağındaki lignanlar, yer fıstığı yağındaki resveratrol ve domates tohumu yağındaki likopen gibi BY'larda bazı özel besinler de mevcuttur. Bu besinler BY'ların biyolojik aktivitelerine önemli ölçüde katkıda bulunabilir (Tian ve ark., 2023). Yağların genel bileşimi Şekil 2.7'de gösterilmiştir.



Şekil 2.7 Yağların Genel Bileşimi (Yara-Varón ve ark., 2017)

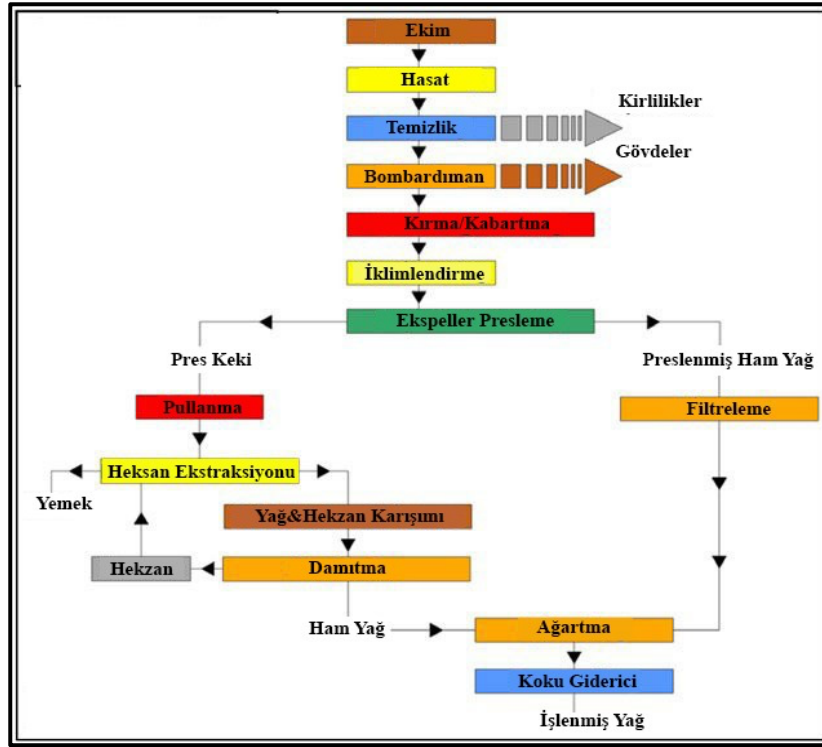
## 2.4 Bitkisel Yağların Elde Edilme Yöntemleri

Trigliseritlerin yağlı tohumlardan ayrılması işlemine ekstraksiyon denir. Şekil 2.8 bu işlemin aşamalarına bir örnektir. Ekstraksiyon yağ işleminin en önemli kısmıdır ve yağı içeren kısma (çekirdek, tohum veya posa) bağlıdır. Yağ ekstraksiyonu, çıkarılan yağın kalitesini ve miktarını belirlediği için tohum yağı işlemede en kritik adımlardan biridir. Her bir ekstraksiyon yöntemi için ekstraksiyon koşullarının optimizasyonu, verimi ve kaliteyi artırırken, dikkatlice seçilmiş bir optimizasyon prosesi de eşit derecede zaman ve ısı gereksinimlerinden tasarruf etme potansiyeline sahiptir ve bununla ilişkili olarak tüm prosesin maliyetinin azaltılmasına da katkıda bulunur. Bu nedenlerden dolayı bir yağın ekstraksiyon yöntemleri, yağın geri kazanımını, raf ömrünü ve fitokimyasal bileşimini büyük ölçüde etkiler.

Tohumlar sıklıkla antioksidan ve anti-kanser etkileri sergileyen arzu edilen doymamış yağ asitlerini ve fitokimyasal bileşenleri içerir. Yağlı tohumların, sert kabuklu yemişlerin, çekirdeklerin veya meyve posalarının yağ içeriği toplam ağırlığın %3-70'i olacak şekilde geniş bir aralıkta değişir ve hayvansal yağlara benzer kimyasal yapılara sahiptir. Yenilebilir yağlar içeren belgelenmiş 40 bitki yağı

içinden ticari öneme sahip başlıca bitkisel yağ kaynakları arasında soya fasulyesi, ayçiçeği, yer fıstığı, kolza tohumu, hindistancevizi ve palmye yağı yer almaktadır. Son yıllarda tüketicilerin sağlık açısından fayda sağlayan, çevre dostu, hoş bir tat ve aroma sunan gıdalara olan tercihi artmıştır. Sonuç olarak, özel yağlara yönelik pazar (daha fazla rafine edilmemiş, ağartılmamış veya kokusu giderilmemiş, işlevsel özelliklere sahip ticari olmayan yağları ifade eder) önemli ölçüde artmıştır.

Başlangıçtaki yağ içeriği, çeşitli yağlı tohumlar için tahıl işleme ve ekstraksiyon yöntemlerinin seçimini belirleyen önemli bir faktördür. Ekstraksiyon verimini arttırmanın uygun bir yolu, her bir ekstraksiyon yöntemi ve yağlı tohum türü için ekstraksiyon koşullarını optimize etmektir çünkü optimum verim bu faktörlere göre değişecektir.



Şekil 2.8 Yenilebilir Yağlı Tohumların İşlenmesi

Ekstraksiyon; kimyasal, biyokimyasal ve mekanik tekniklerle mümkündür.

#### 2.4.1 Mekanik Ekstraksiyon

Mekanik ekstraksiyon, yağ ekstraksiyonunda kullanılan en eski yöntemlerden biridir. Prensip olarak tohumlar, tohumun kullanabileceği hacmin sıkıştırılarak azaltıldığı ve böylece yağın tohumlardan dışarı atıldığı bariyerler arasına yerleştirilir.

Bir ekspeller presinin delikli bir namlu içinde dönen bir vidası vardır. Boşaltma alanı kısmen tıkanıp yağı çıkarmak için tohumlara baskı uygulanarak ekstaksiyon gerçekleştirilir. Mekanik presleme sırasında yağın geri kazanımı, tohumun çatlaması, kabuğun çıkarılması ve ekstaksiyon öncesi ısıl koşullandırma gibi bir dizi değişkene bağlıdır. Soğuk ekstaksiyon ise yağı çıkarmak için ısı veya rafineri kullanmayan bir teknolojidir. Soğuk ekstaksiyonda doğal antioksidanlar gibi yüksek konsantrasyonda lipofilik fitokimyasallar da mevcut olabilir. Bu nedenle doğru ekstaksiyon tekniğinin seçilmesi çok önemlidir.

Mekanik ekstaksiyon yağ çıkarma için kolay bir yöntem olarak kabul edilir ve en yaygın olanıdır. Çünkü yalnızca mekanik güç gerektirir ve organik çözücülere ihtiyaç duymaz. Kırsal alanlardaki uygulamalarda, ilk yatırım maliyetinin daha düşük olması ve makinelerin çalıştırılması için yüksek düzeyde eğitilmiş personel gerektirmemesi nedeniyle mekanik ekstaksiyon sıklıkla kullanılmaktadır. Bu yöntemle elde edilen yağın kalitesi çoğunlukla asit değeri, fosfor içeriği, su içeriği ve iyot değerinin bir faktörü olarak ölçülür. Mekanik ekstaksiyonun avantajları, solventlerde ekstaksiyon yapılmasına kıyasla iyi kalitede yağ üretimi ve kekinin kullanılma olasılığını içerir.

#### **2.4.2 Geleneksel Solvent Ekstaksiyonu**

Solvent ekstaksiyonu, yüksek miktarda yağ geri kazanımı sağlayan hızlı ve ekonomik bir yağ çıkarma yöntemidir. Hekzan (veya onun izomerleştirilmiş formu olan n-hekzan), yağ geri kazanımındaki verimliliği, ucuz maliyeti, geri dönüştürülebilirliği, polar olmayan yapısı, düşük buharlaşma ısısı ve düşük kaynama noktası nedeniyle yağlı tohum ekstaksiyon endüstrisinde en yaygın kullanılan organik çözücüdür. Geleneksel solvent ekstaksiyonu prosesi, solventin yağları çözme ve bunları tohumlardan çıkarma kabiliyetine dayanan diğer faktörler arasında yer alır. Bu nedenle çözücünün uygun olması gerekir. Fakat en sık kullanılan solvent (hekzan) tehlikelidir ve uzun süreli maruz kalma durumunda sağlık sorunlarına neden olabilir.

#### **2.4.2.1 Enzim Destekli Ekstaksiyon**

Bitki hücre duvarları lignoselülozik ve birbiriyle iç içe geçmiş diğer polimerlerden oluşur ve bu da bileşenlerinin ekstraksiyonuna engel oluşturur. Enzimler, bu hücrel materyallerin sindirimi ve gözeneklerin parçalanması için, yağın ekstraksiyon ortamına difüzyonunu kolaylaştıran bir ön ekstraksiyon adımı olarak kullanılır.

#### **2.4.2.2 Ultrason Destekli Ekstraksiyon**

Ultrason, frekansları 20-100 MHz arasında değişen, insan kulağının duyamayacağı özel bir ses dalgası türüdür. Bu yöntemin avantajları arasında daha kısa çıkarma süreleri, düşük enerji talepleri ve yüksek ekstraksiyon verimliliğidir. Ultrason destekli ekstraksiyon esas olarak kabarcıkların oluşmasına, büyümesine ve ardından çökmesine neden olan kavitasyon davranışına atfedilir. Bu çöküşün sonucu, malzeme matrisinin bozulmasına neden olan, ekstrakte edilebilir bileşiklerin salınmasını kolaylaştıran ve çözücünün numuneye doğru hareket etmesine yardımcı olan fiziko-kimyasal ve mekanik etkilerdir böylece hedef bileşiklerin matristen çözücüye salınmasını artırır.

#### **2.4.2.3 Mikrodalga Destekli Ekstraksiyon**

En yeni ve çekici alternatif yağ ekstraksiyon yöntemlerinden biridir. Mikrodalga işlemi sırasında protein materyali denatüre olur ve bu da daha iyi bir ekstraksiyona yol açar. Biyolojik hücre yapısının mikrodalga tarafından hızlı bir şekilde ısıtılması ve tahrip edilmesi, az miktarda solvent gerektiren kısa sürede etkili ekstraksiyon sağlar ve yüksek kaliteli yağ üretir. Bu sürecin bir diğer önemli avantajı, çevresel etkiyi ve finansal maliyetleri azaltan daha düşük enerji gereksinimidir.

#### **2.4.3 Süperkritik Akışkan Ekstraksiyonu**

Kahve ve çayı kafeinsizleştirmek ve çeşitli gıda matrislerinden yağları, antioksidanları, doğal gıda renklerini, aromaları ve tatları çıkarmak için kullanılır. Özellikle yağ ekstraksiyonu için kayısı, kanola, soya fasulyesi, ayçiçeği, üzüm, meşe palamudu ve ceviz tohumları gibi çok çeşitli tohumlara uygulanmıştır. Süperkritik akışkan (SCO<sub>2</sub>) ekstraksiyonu sırasında basınçlı karbondioksit (CO<sub>2</sub>) solventi katı



ham maddeyle karıştırılır (çoğunlukla parçacık boyutunu küçültmek için öğütülür), bu da ilgilenilen bileşiklerin ekstraksiyonuna olanak sağlar. SCO<sub>2</sub> ekstraksiyonunun geleneksel solvent ekstraksiyon yöntemlerine göre avantajları arasında daha yüksek yayılma, daha düşük viskozite ve yüzey gerilimi ve daha hızlı ekstraksiyon süreleri yer alır. Hiçbir kalıntı bırakmadan ve ekstrakte edilen malzemelerin yüksek saflığını koruyarak ürün kalitesinin iyileştirilmesine olanak tanır. Bu nedenlerden dolayı, solvent ekstraksiyonu ile karşılaştırıldığında genellikle "daha yeşil" bir ekstraksiyon yöntemi olarak kabul edilir. Bu ekstraksiyon yöntemi aynı zamanda pahalıdır çünkü yüksek basınçla başa çıkan ekipmanlara dayanır ve bu da yatırım ve bakım maliyetlerini artırır.

#### **2.4.4 Sulu Ekstraksiyon İşlemi**

Tohumlar için sulu ekstraksiyonların temel faydası, suyun hekzan gibi organik çözücülere kıyasla daha çevre dostu bir çözücü olarak kullanılabilmesidir. Çözücü ekstraksiyonları ile tohum substratından gelen yağ, çözücü fazında çözülür. Yağ daha sonra organik çözücünün buharlaştırılmasıyla geri kazanılır (Nde ve Foncha, 2020; Lavenburg ve ark., 2021; Choudhury ve ark., 2023)

### **2.5 Bitkisel Yağ Çeşitleri**

#### **2.5.1 Ayçiçek Yağı**

Ayçiçek yağı; soya fasulyesi yağı, kolza tohumu yağı ve pamuk tohumu yağı ile birlikte dünyanın dört büyük yemeklik yağlarından biridir. Avrupa'da evlerde ve gastronomide en yaygın kullanılanlardan biri, uygun fiyatlı olması ve nötr tadı nedeniyle ayçiçek yağıdır. Yağ, ılıman bölgenin sıcak kısmında yetişen bir ürün olan ayçiçeğinin (*Helianthus annuus L.*) tohumlarından elde edilir (Nakonechna ve ark., 2024). %85 ile %95 arasında değişen PUFA içeriğinden dolayı günlük gıda hazırlamada yaygın olarak kullanılmaktadır. Toplam içeriğinin yaklaşık %68 ila %72'sini oluşturan LA (18:2n-6) açısından özellikle zengindir ve oksidatif stabilitesini artıran  $\alpha$ - tokoferol ve A, D ve E vitaminleri gibi doğal antioksidanlar içerir. Ayrıca kardiyovasküler risklerin azalması da dahil olmak üzere çeşitli sağlık yararları ile ilişkilendirilmiştir (Asghar ve ark., 2024). Geleneksel çeşitlere dayanan mevcut konvansiyonel çeşitler, yüksek oranda LA (>%50) içeren yağlar sağlar. Ancak 20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren YA içeriğini değiştirmek amacıyla

birçok yağlı tohum ıslahı yapılmıştır. Ayçiçeklerinin geleneksel seçici (genetik olmayan) ıslahı, HOSO olarak bilinen yüksek oleik ayçiçek yağı (tipik olarak %80 oleik asit); Orta oleik asit içeriğine (tipik olarak %65) ve yaklaşık %26 linoleik asit içeriğine sahip, orta oleik ayçiçek yağı olarak bilinen ayçiçek yağı; Yüksek stearik asit (yaklaşık %18) ve oleik asit (yaklaşık %72) içeren, yüksek stearik/yüksek oleik ayçiçek yağı (HSHO) olarak bilinen ayçiçek yağı olacak şekilde yeni ayçiçek yağı türlerinin ortaya çıkmasına neden olmuştur (Nakonechna ve ark., 2024).

Bu yağların kullanım değeri önemli ölçüde değişmektedir. Avrupa pazarında çoğunlukla nispeten düşük oksidatif stabilite ile karakterize edilen geleneksel rafine ayçiçek yağı tercih edilmektedir. Bu, onu soğuk pişirmede salata yağı olarak veya yiyeceklerin kızartma, güveç veya fırınlama yoluyla kısa süreli ısıl işleminde kullanıma uygun hale getirir. Gıda endüstrisinde margarin ve yemeklik yağ üretiminde veya mayonez üretiminde kullanılmaktadır. Diğer taraftan, HOSO, çok yüksek oksidasyon kararlılığıyla karakterize edilir ve bu nedenle örneğin fast food zincirleri veya endüstriyel gıda uygulamaları gibi profesyonel kızartma uygulamaları da dahil olmak üzere uzun süreli endüstriyel kızartmalar için uygundur. Perakende ambalajlarda genellikle tek başına veya önemli bir kısmı halinde kızartma yağı olarak satılmaktadır. Oksidatif stabilite açısından palm yağıyla karşılaştırılabilir, ancak daha düşük SFA içeriği onu besin açısından üstün kılar. Orta oleik ayçiçek yağı ise ABD ve Kanada'da popülerdir. Geleneksel yağa kıyasla önemli ölçüde daha iyi oksidatif stabilitesi nedeniyle kızartma ve derin yağda kızartma için de kullanılır. HSHO olarak bilinen yüksek oranda stearik asit ve oleik asit içeren ayçiçeği yağının ticarileştirilmesi halen devam etmekte ancak henüz piyasada yaygın olarak mevcut değildir. Fraksiyonlama sonrasında bazı gıda türlerindeki tropikal yağların kısmen yerini alması beklenmektedir (Nakonechna ve ark., 2024).

Ayçiçek yağının rengi açık sarıdan açık kahverengiye kadar değişir ve kendine özgü bir aroma ve tada sahiptir. Doğal ve hidrojene yem amaçlı margarin ürünleri ve teknik salam üretiminde kullanılmaktadır. Fizikokimyasal ve organoleptik özelliklerine göre farklı çeşitlerde ayçiçek yağı, yağ üretim şirketlerine teslim edilmektedir. Başlangıç yağının kalitesine ve bileşimine bağlı olarak, gerekli saflaştırmayı sağlamak için konsantrasyona ve uygulama alanına bağlı olarak farklı rafinasyon yöntemleri kullanılmaktadır (Egamberdiev ve ark., 2023).

Ayçiçek yağı zengin bir doymamış asit kaynağıdır ve orta stearik yağ hariç, aynı zamanda küçük bir doymuş yağ kaynağıdır. Omega 6 ( $\omega$ -6) PUFA oranının yüksek olması (geleneksel çeşitler) ve Omega 3( $\omega$ -3) PUFA oranının önemsiz olması nedeniyle, beslenme açısından yağın diğer yağ türleriyle değiştirilmesi tavsiye edilmektedir. Ayçiçek yağının yüksek  $\alpha$ -tokoferol içeriği besin açısından değerlidir (Nakonechna ve ark., 2024).

Ayçiçeği yağının  $\omega$ -3 ile  $\omega$ -6 yağ asidi oranı kardiyovasküler, kalp ve diğer sağlık avantajları için kritik öneme sahiptir. Biyoaktif seskiterpen laktonlar yakın zamanda çimlenmemiş ayçiçeği tohumlarında keşfedilmiştir ve bunların ayçiçeği yağında da var olduğu ileri sürülmektedir. Ayçiçeği, sağlık üzerindeki olumlu etkilerinden dolayı fonksiyonel bir gıda veya nutrasötik olarak kabul edilmektedir, ancak tam potansiyeli henüz aydınlatılmamıştır. Farmakolojik çalışmalarda ayçiçeğinin çeşitli hastalıklara karşı iyileştirici özelliği olduğu tespit edilmiştir. Ayçiçeğinin, kan basıncı ve diyabet yönetimi, cildin korunması, kolesterolün azaltılması ve diğer işlevler dahil olmak üzere çeşitli sağlık avantajları sayılabilir (Rabail ve ark., 2021).

### 2.5.2 Fındık Yağı

Fındık (*Corylus heterophylla*), yağ ve besin açısından zengin olup dünyanın 4 önemli kurutulmuş meyvesinden biridir. Fındık %50-73 oranında lipit içeriğinden dolayı önemli bir enerji kaynağıdır. Fındık yağı ise insan sağlığı için gerekli olan oleik ve linoleik asitler gibi tekli ve çoklu doymamış yağ asitlerini içerir. Fındık yağı, besin açısından zengin, sağlık açısından çok çeşitli etkileri olan ve eşsiz bir fındık aromasına sahip, yüksek kaliteli bir yemeklik yağdır. Fındık yağı besin açısından zengin olmasına rağmen kalitesi, işlenme şekline göre büyük ölçüde etkilenir. Fındık yağındaki yağ asitleri temel olarak oleik asit (%73.6-%82.6), linoleik asit (%9.8-%16.6), palmitik asit (%4.1-%6.8) ve stearik asitten (%1.6-%3.7) oluşmaktadır ve doymamış yağ asitlerinin içeriği %90 kadar yüksektir. Fındık yağının kimyasal profili zeytinyağına çok benzemektedir (Topkafa ve ark., 2019). Önceki çalışmalar, farklı çeşitlerden elde edilen fındık yağındaki yağ asitlerinin bağıl içeriğinin, üretim alanlarının veya işleme yöntemlerinin farklı olduğunu ancak yağ asitlerinin bileşiminin temelde aynı olduğunu göstermiştir. Fındık yağı sadece çeşitli faydalı

yağ asitleri açısından zengin değildir, aynı zamanda diğer biyolojik olarak aktif bileşenleri ve antioksidan aktif maddeleri de içerir. Örneğin fındık yağı büyük miktarda  $\alpha$ - tokoferol ve  $\beta$ -sitosterol içerir. Bu doğal bileşenler, fındık yağına antioksidan ve yaşlanma karşıtı özellikler kazandırır, bağışıklığı geliştirir, ateroskleroza önler ve kolesterolün parçalanmasını ve metabolizmasını destekler. Fındık yağının hiperlipidemili sıçanlarda hipolipidemik ve antioksidan etkilere sahip olduğunu ve farklı dozlarda fındık yağı tüketiminin, yüksek yağlı bir diyetin olumsuz etkilerini değişen derecelerde dengeleyebileceğini göstermiştir (Sun ve ark., 2022). Fındık yağı aynı zamanda tokoferoller, skualen, fitosteroller, karotenoidler ve diğer biyoaktif maddeler açısından da zengindir. Diyete %3 oranında fındık yağı eklenmesinin vücuttaki oksidatif hasara karşı koruyucu rol oynadığını gösterilmiştir. Patates kızartmasında fındık yağı kullanımının akrilamide maruz kalmayı azaltabileceği gösterilmiştir (Başaran ve Turk, 2021). Fındık yağının da yağ ikamesi için umut verici bir malzeme olduğu belirtildi. Bu nedenle fındık yağının yüksek dereceli yenilebilir yağ olarak iyi uygulama olanakları vardır.

Fındık yağı yüksek oranda doymamış yağ asitleri içerir, oksidasyon reaksiyonlarına yatkındır ve güçlü, rahatsız edici bir koku üreterek kalitesini bozar ve hatta yenilebilir değerini kaybetmesine neden olur (Gao ve ark., 2022).

### 2.5.3 Ceviz Yağı

Dünya çapında en popüler yemişlerden bir olan ceviz, Akdeniz diyeti de dahil olmak üzere bazı iyi bilinen diyetlerde belirgin şekilde yer almaktadır. Ceviz, oldukça yüksek yağ içeriği nedeniyle yağlı bir bitki olarak kabul edilir çünkü lipit bileşikleri ve küçük bileşenler de dahil olmak üzere çeşitli biyoaktif ve sağlığı teşvik eden bileşenler ihtiva eder. Ceviz yağı, koroner kalp hastalığının önlenmesinde önemli bir rol oynayan linolenik asit de dahil olmak üzere PUFA açısından zengin bir yağdır. İyi yağ asidi içeriğine ek olarak polifenoller, tokoferoller, skualen, fitosteroller ve mineraller gibi küçük bileşenleri sayesinde de önemli besin değerine sahiptir. Tekli doymamış yağ asitleri (öncelikle oleik asit, yaklaşık %18-25) ve çoklu doymamış yağ asitleri (linoleik ve linolenik asit, yaklaşık %70-75) oranları değişiklik göstermekle birlikte tokoferol, fitosterol, skualen ve polifenollerin toplam içeriği sırasıyla 320 mg/kg, 1120 mg/kg, 10 mg/kg ve 35 mg/kg'dan fazla olacak şekilde

saptanmıştır (Rébufa ve ark., 2022). Örneğin, ceviz yağı polifenolleri düşük yoğunluklu lipoproteinlerin oksidasyonuna karşı önleyici aktivite gösterirken tokoferoller ise kanser üzerinde anti-proliferatif ve antiinflamatuvar etkilere sahiptir. Skualen cilt yumuşatıcısı olarak kullanılırken fitosteroller bağırsaktan kolesterol emilimini engelleyebilir ve koroner kalp hastalığı riskini azaltabilir (Gao ve ark., 2019). Antioksidan, antitümör, antiinflamatuvar, antidiyabetik ve lipid metabolizması ile ilgili işlevler gibi sağlık açısından birçok fayda sağlar (Gao ve ark., 2024).

Yakın tarihli bir çalışma, ceviz yağının antiinflamatuvar özelliklere sahip olması sayesinde farelerde hafıza bozukluğunu azaltabildiğini göstermiştir (Liao ve ark., 2020). Ceviz yağı beslenme araştırmaları esas olarak dünya çapında geleneksel tıpta yaygın olarak kullanılan ve tarımsal sanayide faydalı gıda yağı olarak reçete edilen ceviz yağının bağırsak hastalıklarındaki rolü üzerine odaklanmaktadır. Ceviz yağı, in vivo olarak iyi derecede yaşlanma karşıtı aktiviteye sahip olması ve antioksidan kapasiteyi artırabilmesi nedeniyle inflamatuvar bağırsak hastalığı tedavisi ve ülseratif kolit tedavisi için önemli bir fonksiyonel gıda adayıdır. Ceviz yağının antioksidan kapasitesi, işleme teknolojisiyle yakından ilişkilidir (Gao ve ark., 2022).

#### **2.5.4 Avokado Yağı**

Avokadonun kendine özgü tadı ve aroması bulunmaktadır. Bundan dolayı yağı da büyük önem taşımaktadır. Avokadonun insan sağlığı üzerindeki önemi büyüktür. Avokado yağının tek zincirli doymamış yağ olan oleik asit ve diğer besinlere göre daha yüksek yoğunlukta antioksidan; A, B, E vitaminleri, yüksek çözülebilir lif içeriyor olmasından dolayı aterosklerotik koroner hastalıklara neden olan kanda düşük yoğunlukta bulunan lipoprotein (LDL) kolesterol seviyesini azaltması ve kalp sağlığına koruyucu etkisi olduğu bildirilmiştir. Avokadonun içerdiği yağ nedeniyle gıda endüstrisi dışında kozmetik ürünlerin hazırlanmasında da yaygın bir şekilde kullanıldığı görülmektedir (Gökkaya, 2021). Avokado yağı, zeytinyağına benzer şekilde tekli doymamış yağ asitleri içeriğinin yüksek olması ve nötr bir tat profiline sahip olması nedeniyle tüketiciler tarafından yüksek talep görmektedir (Green ve Wang, 2023).

### 2.5.5 Keten Tohumu Yağı

Keten tohumu, lignanlar,  $\omega$ -3 yağ asitleri, diyet lifi, vitaminler ve mineraller gibi birçok temel besin maddesini içerdiğinden, “süper gıda”, yani çok sayıda biyoaktif bileşen ve birçok sağlık özelliği içeren doğal kökenli bir gıda olarak sınıflandırılmıştır. Keten tohumu tüketimi, özellikle yetersiz beslenmeye bağlı hastalıkların önlenmesinde önemli bir faktör olabilir. Keten tohumu yağı, zengin bir  $\omega$ -3,  $\omega$ -6 ve lignan kaynağı olan keten tohumundan ekstrakte edilir.

Keten tohumu yağı bileşenleri, tohum çeşidine, lokasyonuna, çevre koşullarına ve analiz yöntemlerine göre farklılık göstermektedir. Keten tohumu yağı, bitki kaynaklarından elde edilen çoklu doymamış  $\omega$ -3 yağ asitlerinin en zengin kaynaklarından birini sunan benzersiz kimyasal bileşimine atfedilen sağlık yararları ile bilinir. Keten tohumu yağı, ana bileşenleri olan özellikle linoleik ve  $\alpha$ -linolenik yağ asitleri açısından zengindir. Keten tohumu yağının sağlığa faydalı etkileri arasında kanser ve kardiyovasküler hastalık riskinin azaltılmasının yanı sıra kolesterol seviyelerinin azaltılması da yer almaktadır. Keten tohumu yağı aynı zamanda antioksidan aktivite de sergiler. Bu antioksidan aktivite, yağ kimyasal bileşenlerinin miktarına bağlıdır. Keten tohumu yağı, tokoferoller, beta-karoten, fitosteroller, polifenoller ve flavonoidler gibi çeşitli antioksidanlar açısından zengindir. A, C, F, E vitaminleri gibi vitaminleri de içermektedir. Antioksidan etki açısından keten tohumu yağındaki tokoferoller ve omega yağ asitleri ile sinerjik bir etkinin oluşup oluşmadığı ise henüz bilinmemektedir (Al-Madhyg ve ark., 2023).

Keten tohumu yağı, yaklaşık %53 oranında ALA içerir, bu da onu bu bileşiğin en zengin bitkisel kaynağı yapar ve %19 oranında oleik asit içerir. Keten tohumu yağı, yüksek alfa lipoik asit içeriği nedeniyle, yaklaşık 0.3:1'lik uygun bir  $\omega$ -6:  $\omega$ -3 yağ asidi oranına sahiptir. ALA, antiinflamatuvar ve antiproliferatif özellikleri nedeniyle insan vücudu üzerinde antikarsinojenik etkiye sahiptir ve böylece kötü huylu tümörlerin ve bunların metastazlarının gelişimini önler. Keten tohumundan elde edilen ALA, kan lipitleri üzerinde olumlu bir etki gösterir. Plazma toplam kolesterolünü, LDL ve Çok Düşük Yoğunluklu Lipoprotein (VLDL) kolesterolünü önemli ölçüde azalttığı bulunmuştur (Nowak ve Joziorek, 2023).

### 2.5.6 Aspir Yağı

Aspir yağı, yağ içeriği %35-37 olan *Carthamus tinctorius* L. bitkisinin tohumlarından elde edilmektedir. Aspir yağının sağlığa faydaları açısından bakıldığında, aspir yağı yaklaşık %73.7 oranında oleik asit içermektedir ve Amerikan Kalp Derneği aspir yağının MUFA içeriğinin yüksek olduğunu bildirmiştir. Aspir yağının ana bileşenleri linoleik asitler (cis-9, cis-12 18:2) ve cis-9, trans-11 konjuge linoleik asit (CLA) tir. Cis-9, trans-11 CLA gibi bu doymamış yağ asitleri potansiyel antioksidan, antiaterojenik, hipolipidemik ve antihipertansiftir (Ebada ve ark., 2014; La Bella ve ark., 2019). Soğuk preslenmiş aspir yağı, gözle görülür miktardaki biyoaktif bileşikler ve esansiyel yağ asitleri nedeniyle yüksek besin ve farmasötik değere sahiptir. Aspir yağı en yüksek E vitamini aktivitesini gösteren değerli bir  $\alpha$ -tokoferol kaynağı olarak bilinir ve bu nedenle hiperlipemi, arteriyoskleroz ve koroner kalp hastalığının önlenmesi ve tedavisi gibi sağlık açısından birçok faydaya sahiptir (Günç Ergönül ve Aksoylu Özbek, 2020). Aspir yağı katı yağlara göre doymuş yağ asitlerini daha az içerirken kan basıncını düşürme etkisi de daha fazladır (Kang ve ark., 2023).

Aspir yağının gıda endüstrisinde yaygın kullanımına rağmen, biyoaktif gıda bileşeni kaynağı olarak kullanımını engelleyen bazı sınırlamalar vardır. Suda çözünürlüğünün düşük olması, raf ömrü boyunca düşük oksidasyon stabilitesi gibi özellikleri, biyoaktif bileşiklerinin biyoyararlanımını azaltabilir. Ayrıca rafınaj işlemi, yağda sabunlaşamayan fraksiyonun belirli bileşenlerini de ortadan kaldırabilir (Almeida ve ark., 2022).

### 2.5.7 Çörekotu Yağı

*Nigella sativa* L., Ranunculaceae botanik familyasının kısa bir çalısıdır. Olgun meyve birkaç küçük koyu siyah tohum taşır. *N. sativa* yağı geleneksel Asya ve Orta Doğu ilaçlarında yaygın olarak kullanılmıştır. *N. sativa*, solunum sistemini, sindirim sistemini, kardiyovasküler sistemi, böbrekleri, karaciğeri ve bağışıklık sistemini etkileyen çok çeşitli rahatsızlıkları tedavi etmek için kullanılmıştır. Uzun zamandır yorgunluk ve depresyon tedavisinde kullanılmaktadır. Astım, bronşit, romatizma ve buna bağlı iltihabi hastalıklar, hazımsızlık, iştahsızlık, ishal, su toplama, amenore, dismenore, solucanlar ve deri döküntüleri gibi rahatsızlıklar en

yaygın geleneksel uygulamalar arasındadır. Hem antiseptik hem de lokal anesteziiktir. Çörek otu yağının bileşiminin, yani nem, yağ, proteinler, kül ve toplam karbonhidrat içeriğinin sırasıyla, %3.8–7.0, %22.0–40.35, %20.85–31.2, %3.7–4.7 ve %24.9–40.0 aralığında değiştii gösterilmiştir. Ayrıca Ca, K, Se, Cu, P, Zn ve Fe gibi minerallerin yanı sıra A, B1, B2 ve C gibi çeşitli vitaminler açısından zengindir. Oktanoik asit, benzen, 1.3-bis (1.1-dimetil etil), makülosin, kaprik asit, 3-ketosfingosin, higrin, tetradekanoik asit, etil ester ve 2-monomiristin gibi biyoaktif fitokimyasal bileşikleri de ihtiva eder. Ayrıca tohumlar, kökler ve sürgünler hem karoten hem de vanilik asit içerir. Birincil doymamış yağ asitleri, yağ bileşenlerinde bulunan linolik asit, oleik asit, diomolinoleik asit ve eikosadienoik asidi içerir. Palmitik asit ve stearik asit olmak üzere iki ana doymuş yağ asidi sitosterol ve stigmasterolün bir parçasıdır (Sowunmi ve Kaka, 2023; Choudhury ve ark., 2023).

Çörek otunun önemli bir bileşeni, diyabet, kanser ve nörodejeneratif bozukluklar da dahil olmak üzere çok sayıda hastalığa karşı düşük toksisite ve potansiyel terapötik aktivite gösteren küçük moleküllu timokinondur. Çörek otu tohumu yağı, linoleik asit (%57.71) ve oleik asit (%24.46) gibi besin açısından faydalı yağ asitleri açısından zengindir. Birçok tarım materyalinde olduğu gibi çörek otu ve buna bağlı soğuk preslenmiş yağın kimyasal bileşenlerinin coğrafi dağılıma, hasat mevsimine ve tarımsal yaklaşımlara göre bileşimsel farklılıklar gösterdiği bilinmektedir (Sakib ve ark., 2023; Choudhury ve ark., 2023).

### **2.5.8 Kabak ekirdeği Yağı**

Yağlı kabak çekirdeğinin yağ ve besin açısından zengin olduğu bilinmektedir. Biyoaktif bileşenlerdeki içerikleri onlara, onları insan sağlığına faydalı kılan bazı varlıklar kazandırır. Yaygın olarak atıştırmalık olarak tüketilse de kabak çekirdeği daha fazla kullanıma hazırdır. Kabak ekirdeği yağı, çok pahalı ve kaliteli yemeklik yağlar grubuna girer.

Kabak ekirdeği proteinler ve esansiyel ve esansiyel olmayan amino asitler, tokoferoller, karotenoidler (özellikle  $\beta$ -karoten ve lutein), mineral elementler, lif ve değerli diyetetik ve tıbbi özellikler gösterdiği düşünölen diğer bileşikler dahil olmak üzere biyolojik olarak aktif maddeler açısından zengindir.



Kabak çekirdeği yağının toplam yağ asidi miktarının yaklaşık %96-99'unu palmitik, stearik, oleik ve linoleik asit olmak üzere dört yağ asidi oluşturur. Linoleik asit yani  $\omega$ -6 PUFA kabak çekirdeği yağının birincil yağ bileşenidir. Kanın pıhtılaşmasına yardımcı olmak, inflamatuvar yanıtları engellemek ve bağışıklık sistemini güçlendiren hormon benzeri bir madde üretmek linoleik asitin görevlerindedir. Aynı zamanda kabak çekirdeği yağı tekli doymamış bir  $\omega$ -9 yağ asidi olan oleik asit bakımından da zengindir. Bu özelliği sayesinde kalp sağlığını iyileştirebilen ve kardiyovasküler hastalık riskini azaltabilen özelliğe sahiptir. Kabak çekirdeği yağının barındırdığı bu yağlar tehlikeli LDL kolesterol seviyelerini düşürecek ve arteriyel plak oluşumunu önleyecek şekilde etki gösterir (Kulaitiené ve ark., 2018).

Kabak yağındaki PUFA'ların ana bileşenleri linoleik asit, oleik asit ve palmitik asittir. Ayrıca fitosteroller, pigmentler, antioksidan vitaminler, karotenoidler, tokoferoller ve fenolik bileşikler açısından da oldukça zengindir. Bu sayede insanlar için sağlıklı beslenmeye katkıda bulunmasını, prostatın küçülmesini ve hipoglisemik aktiviteyi artırarak diyabetin azalmasını sağlar. Aynı zamanda antihipertansif, antioksidan, antitümör, antiinflamatuvar, immünomodülatör, antibakteriyel ve antihiperkolesterolemik aktiviteye sahiptir (Boujema ve ark., 2020; Hu ve ark., 2023).

### **2.5.9 Mısır Yağı**

Mısır yağı, mısır çekirdeğinin embriyo kısmından elde edilen önemli bir bitkisel yağdır. En çok tüketilen yemeklik yağlardan biridir ve çoğunlukla ABD, Çin, Brezilya, Meksika, Endonezya, Hindistan, Fransa, Arjantin, Güney Afrika ve Ukrayna'da üretilmektedir. Gıda, biyoyakıt ve diğer bazı önemli endüstriyel uygulamalarda uzun süredir kullanılmaktadır. Mısır yağı, gıda marketlerinde kızartma yağı, salata yağı, margarin ve sürme yağı vb. olarak kullanılmaktadır. Öte yandan bitkisel yağlar gibi yağ içeren gıda ürünlerinde lipit oksidasyonu ciddi bir kalite sorunudur. Bu durum gıda sektöründe büyük ekonomik kayıplara yol açmaktadır (Şahin ve ark., 2016).

Mısır yağı hafif sarımsı renkte, hafif ve karakteristik bir koku ve tada sahiptir. Fitosteroller, tokoferoller, tokotrienoller ve karotenoidler gibi minör biyoaktif

lipitlerin önemli bir kaynağını temsil eder. Mısır yağının yaklaşık %95'i triaçilgliserollerden, %1.5'i fosfolipidlerden, %1.7'si serbest yağ asitlerinden ve %1.2'si sterollerden oluşur. Mısırın lipit içeriği ortalama %4'tür ve çoğu tohum fraksiyonuyla ilişkilidir. %8'e kadar yağ içeren ılıman ve subtropikal bölgelere adapte olmuş yüksek yağlı mısır (HOC) genotipleri geliştirilmiştir. Yemelik yağlar genellikle yağ asidi profilleri incelenerek karşılaştırılır. Mısır yağı, metabolik fonksiyonlar için gerekli olan yüksek düzeyde linoleik asit içerir. Bu sayede besleyici olarak kabul edilmektedir. Esansiyel bir yağ aside olan linoleik asidin sayısız faydası arasında kanserin önlenmesi, romatoid artrit tedavisi, kalp koruması vb. yer alır (Temur, 2015). İkinci ana yağ asidi, bazı HOC'lerde neredeyse linoleik miktarlarına eşit olan tekli doymamış oleiktir ve yeni yüksek oleik çeşitlerin geliştirilmesi olasılığını açar. Bunların dışında palmitik (C16:0), palmitoleik (C16:1), stearik (C18:0) yağ asitleri de bulunur. Diğer yağ asitleri ise küçük veya eser miktarlarda bulunur. Bitkisel yağlar arasında mısır yağı nispeten daha yüksek oksidasyon stabilitesine ve yüksek teknolojik ve besinsel niteliklere sahiptir (Barrera-Arellano ve ark., 2019). Mısır yağı, yüksek PUFA içeriği nedeniyle ekşimeye, kötü tatlara ve renk bozulmasına yol açan oksidatif bozulmaya karşı hassastır (Baştürk ve ark., 2018).

Mısır yağının etanol üretiminde yan ürün olarak üretilmesi sonucu kullanımı giderek artmaktadır. Artan üretim oranlarının bir sonucu olarak fiyatı düştükçe gıda ve biyoyakıt pazarlarındaki kullanımı da artıyor.

Gıda olarak kullanımının yanısıra biyoyakıt ve diğer bazı önemli endüstriyel uygulamalarda da uzun süredir kullanılmaktadır. Bitkisel ve hayvansal yağlardan elde edilen alternatif bir biyoyakıt olan biyodizel üretiminde kullanılmaktadır. Biyodizel birçok yakıt özelliği açısından petrol dizel yakıtıyla uyumludur. Mısır yağının kimya endüstrisinde polimerler, kaplamalar ve korozyon inhibitörleri vb. gibi diğer önemli uygulamaları da vardır.

#### **2.5.10 Hindistan Cevizi Yağı**

Antioksidan içeren doğal kaynaklardan biri hindistan cevizi yağıdır. Bu yağ; sağlık ürünleri olarak yaygın olarak tüketilen, hatta Gıda ve İlaç İdaresi'nin (FDA) en çok tüketilenler listesine dahil ettiği star ürünlerinden biridir. Hindistan cevizi

yağının içerdiği aktif bileşikler arasında tokoferoller, tokotrienoller, fitosteroller, fitostanol, flavonoidler, polifenol, fosfolipit ve orta zincirli trigliserid yer alır. (Sinaga ve ark., 2019).

Hindistan cevizi yağındaki yağ asitlerinin yaklaşık %91'i doymuş yağ asididir. Bunların %46.2'si laurik asit (C12:0), %18.5'i miristik asit (C14:0), %9.5'i palmitik asittir (C16:0), %7.5 kaprilik asit (C8:0) ve %6 kaprik asit (C10:0). Geriye kalan yağ asitleri tekli doymamış (%7) ve çoklu doymamış (%2) şeklindedir. Hindistan cevizi yağının linoleik asit oranı düşüktür (18:2) ve linolenik asit içermez (18:3) (her ikisi de esansiyel yağ asitleri) (Spiazzi ve ark., 2023).

Hindistan cevizi yağı, daha kısa karbon zincirleri nedeniyle metabolizmayı hızla artırarak sağlık yararlarına katkıda bulunabilecek orta zincirli yağ asitleri (MCT)'nin en zengin doğal kaynağı olan doymuş bir yağdır. Düşük zincir uzunluğu nedeniyle, MCT'ler emilim için herhangi bir ek modifikasyon veya safra tuzu sindirimi gerektirmeden portal dolaşıma katılır. Ayrıca hindistancevizi yağının anti-enfektif, antimikrobiyal, antiviral, antibakteriyel ve antiinflamatuvar etkiler gibi özellikleri nedeniyle sağlık açısından ek faydalara sahip olduğu bildirilmektedir. Hindistan cevizi yağı ana oksidanlar olarak kaprik asit, tokotrienoller ve %48-53 oranında laurik asit içerir. Laurik asidin sindirimi ve metabolizmayı iyileştirdiği, bağışıklığı uyarmaya yardımcı olduğu ve serum lipit profilinin dengelenmesine katkıda bulunduğu bildirilmektedir (Elewa ve ark., 2023; Ramya ve ark., 2022).

Hindistan cevizi yağının avantajlarından biri, onu yemek pişirmek için stabil bir yağ haline getiren oksidasyona ve polimerizasyona karşı direncidir. Yüksek doymuş yağ asitleri içeriği (~%90) nedeniyle hindistancevizi yağı her zaman tereyağı, hurma yağı ve hayvansal yağlarla birlikte yalnızca SFA kaynağı olarak sınıflandırılmıştır. Diyetle düşük seviyelerde tüketilebilir. SFA alımının azaltılması, özellikle dünyada hastalık yükünün önde gelen nedeni olmaya devam eden kardiyovasküler hastalıkların önlenmesinde diyet rehberliğinin temel taşıdır (Spiazzi ve ark., 2023).

Günümüzde zayıflama diyetlerinde kullanılan MCT'ler, uzun zincirli yağ asitlerinden daha hızlı metabolize olması ve doyumluk hissini daha fazla

oluşturmasından dolayı zayıflama parametreleri üzerine olumlu sonuçlar göstermiştir. Ayrıca MCT'ler metabolizmada adipoz doku oluşumuna da katılmazlar. Bundan dolayı kilo kaybı ve kontrolünde olumlu etkileri bulunmaktadır (Koç, 2021).

### 2.5.11 Zeytinyağı

Son yıllarda popüler bir beslenme tipi olarak gündemde olan Akdeniz tipi beslenmenin temelinde zeytinyağı bulunur. Sağlık üzerine olumlu etkileri sebebiyle zeytinyağı ekonomik olarak da kıymetlidir. Ancak zeytinyağı kullanıcılarının saf ve kaliteli zeytinyağına ulaşabilmeleri amacıyla zeytinyağlarının bazı kalite kontrol parametreleri kapsamında çeşitli tahlillerle değerlendirilmesi gerekmektedir (Kılıçel ve ark., 2023).

Dünya çapında her yıl yaklaşık 3 milyon ton zeytinyağı üretilmektedir. Bunlardan yaklaşık 2 milyon ton, 2020 yılında başta İspanya (%66), İtalya (%15), Yunanistan (%13) ve Portekiz (%5) olmak üzere Avrupa ülkelerinde üretilmiştir. Ayrıca Avrupa ülkeleri yılda yaklaşık 1.5 milyon ton zeytinyağı tüketimiyle en büyük zeytinyağı tüketicileri arasında yer alıyor (Ronca ve ark., 2024).

Zeytinyağı, yalnızca zeytin ağacının (*Olea europaea*) meyvelerinden mekanik veya fiziksel işlemler uygulanarak elde edilen, açık yeşilden sarıya kadar değişebilen, kendine özgü tat ve kokuya sahip doğal bir yağdır. Zeytinyağı elde edilirken yapılan fiziksel işlemler zeytinyağının kalitesinde herhangi bir değişiklik yaratmaz. Zeytinyağı, doğal hali yani rafinasyon yapılmadan tüketilmesiyle diğer tohum yağlarından ayrılmaktadır (Kılıçel ve ark., 2023).

Zeytinyağının yaklaşık %98'ini ana bileşenler olan trigliseritler, yağ asitleri ve fosfatitler oluştururken, geri kalan kısmı ise ikincil bileşenler olan steroller, fenolik maddeler, serbest yağ asitleri, hidrokarbonlar, alifatik ve triterpen alkoller ve uçucu bileşenlerden oluşmaktadır. Özellikle antioksidan etkiye sahip oldukları için yağların bozulmadan korunmasına önemli katkı sağlayan tokoferol ve fenolik maddeler, üzerinde yoğun olarak çalışılan bileşenler arasındadır. Ayrıca bu bileşenlerin insan sağlığına olumlu katkıları açısından da pek çok önemli etkisi bulunmaktadır. Sağlığın yanı sıra zeytinyağının kendine özgü aroması da küçük bileşenlerden oluşuyor. Tat genellikle fenolik bileşiklerle, koku ise uçucu bileşenlerle ilişkilidir. Ayrıca birçok vitamin, flavonoid ve sterol içerir. Akdeniz havzasındaki

zeytin ağaçlarının kendilerini çevresel stresten korumak için çeşitli antioksidan savunma mekanizmaları geliştirmiş olması sayesinde zeytinyağı, tekli doymamış yağ asitleri açısından zengin olmasının yanı sıra, antioksidan özelliklere sahip küçük bileşenler de içerir.

Zeytinyağı üretimi en çok Marmara, Ege, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde yoğunlaşmaktadır ve tüketim yoğunluğu geçmiş yıllarda daha çok üretildiği bölgelerde yoğunlaşmış olsa da günümüzde insan sağlığına faydalarının daha bilinir olmasıyla üretilmeyen bölgelerde de tüketilmeye başlanmıştır. Bunun nedenlerinden biri insanların artan sağlıklı ve uzun yaşama isteğidir. Zeytinyağını birçok yağdan ayıran en önemli özelliği yan etkisi olmayan, tüketicilerin rahatlıkla kullanabileceği bir yağ türü olmasıdır. Özellikle ısıl işleme tabi tutulmadan soğuk sıkımdan geçirilerek elde edilmesi insan sağlığına faydasını daha da artırmaktadır.

Günümüzde zeytinyağı çoğunlukla mutfaklarda yemek pişirme, salata, sağlık ve vücut bakımında kullanılmaktadır. Zeytinyağında bulunan oleik asit, hidroksitirozol ve kafeik asit bileşenlerinin kansere karşı büyük koruma faktörleri gösterdiği doğrulanmıştır. Zeytinyağı tüketiminin hem kalın bağırsağa hem de meme kanserinin önlenmesine faydaları olduğu da belirtilmektedir.

Akdeniz tipi beslenmenin lipoprotein profili, kan basıncı, glikoz metabolizması ve antitrombotik profil gibi kardiyovasküler hastalıklar için önemli risk faktörlerini iyileştirdiğinin bilinmesiyle sızma zeytinyağı açısından zengin diyetin kardiyovasküler hastalık riskini azalttığı ortaya konulmuştur (Kılıçel ve ark., 2023). Rafine edilmiş zeytinyağı, işlenmemiş zeytinyağına göre çok daha düşük düzeyde biyoaktif bileşik içerir ve bu nedenle sağlık açısından daha az faydaya sahip olabilir (Donat Vargas ve ark., 2023).

Yüksek kaliteli natürel sızma zeytin yağı gerçek bir eczane gıdası olarak kabul edilir. Bu özellik hem yağ bileşiminden, yani %56 ila %84 arasında değişen yüksek oleik asit konsantrasyonundan hem de temel PUFA'lardan kaynaklanır: %3.5 ile %21 arasında değişen linoleik asit ve %1.5'ten az linolenik asit. Ayrıca, tokoferoller (E vitamini),  $\beta$ -karoten ve fenolik bileşikler dahil olmak üzere etkili kemopreventif moleküllerin ilgili konsantrasyonunu içerir (Lanza ve Ninfali, 2020). Bu yağın en önemli bileşenleri olan oleik asit, LDL kolesterol ve trigliserit miktarını

azaltır, hücre zarını ve lipoproteinleri oksidatif strese karşı korurken plazma glukoz ve insülin miktarını da azaltır. Zeytinde bulunan önemli yağ asitleri (oleik, linoleik, linolenik vb.) zeytinyağı için önemli bir kalite özelliğidir (Öğüt, 2022).

Sağlık yararları ve kardiyovasküler hastalıklar, diyabet, çoğu kanser türü, iltihaplanma ve metabolik hastalıklar üzerindeki etkileri nedeniyle dünyada zeytinyağı tüketimine yönelik artan bir talep vardır. Antioksidan özellikler esas olarak fenolik bileşikler, tokoferoller, skualenler, pigmentler ve steroller gibi zeytinyağının sağlık geliştirici bileşenleriyle ilişkilidir. Bu bileşenler zeytinyağını dünya çapında en önemli, sağlıklı yenilebilir yağlardan biri yapar. Bu nedenle zeytinyağının, özellikle de sızma zeytinyağının tüketimi yalnızca antioksidan özelliği nedeniyle değil aynı zamanda biyoaktif bileşiklerinin insan sağlığı üzerindeki diğer önemli olumlu etkileri nedeniyle de önerilebilir (Guclu ve ark., 2021). Daha önce yapılan araştırmalar zeytinyağı tüketiminin hipertansiyon, obezite, tip 2 diyabet, kardiyovasküler hastalık, hiperkolesterolemi, kanser, inflamasyon bozuklukları ve metabolik sendromu önleme gibi çeşitli sağlık yararları ile ilişkili olduğunu bildirmiştir (Gavahian ve ark., 2019).

### **2.5.12 Susam Yağı**

Dünyadaki en eski mahsullerden biri olarak kabul edilen ve mükemmel bir bitkisel yağ kaynağı olan susam (*Sesamum indicum* L.), yağ bitkileri arasında en yüksek yağ içeriğine sahip olup, yüksek oranda lipit (%45-55) ve protein (%20-25) içeren, insan sağlığına faydalı eski bir yağlı tohum bitkisidir. Tüm dünyada yaygın olarak dağılım göstermektedir ve geleneksel olarak Hindistan, Sudan, Myanmar, Çin ve Tanzania susamın ana üreticileridir. Yağ içeriği yaklaşık %45-50 olduğundan, susam öncelikle yağların çıkarılması ve süt benzeri içeceklerin hazırlanmasında kullanılır. Ayrıca şekerleme, unlu mamuller ve susam yağı üretiminde de yaygın olarak kullanılmaktadır. Susam yağı en popüler aromalı esansiyel yağlardan biridir ve her yıl yaklaşık 0.4 milyon ton aromalı susam yağı tüketilmektedir. Yağ, sesamin, sesamolin ve sesamol gibi bir dizi antioksidanın varlığı nedeniyle oldukça stabildir. Bu nedenle uzun bir raf ömrüne sahiptir ve stabilitesini ve ömrünü artırmak için daha az stabil bitkisel yağlarla karıştırılabilir (Wan ve ark., 2023; Were ve ark., 2006).

Yağlı tohumlar insan beslenmesinde ve dünya ticaretinde tahıllarla birlikte önemli bir yer tutmaktadır. Farklı ticari formlardaki türetilmiş ürünleri, karbonhidrat ve proteinlerin yanı sıra yaklaşık 1/3 oranında gıda dengesine katkıda bulunur. Susam tohumu yağı (STH) dünya çapında ekonomik açıdan ve insan beslenmesinde büyük öneme sahiptir. Fitokimyasal antioksidanlar içindeki bileşimi ve doymamış yağ asitlerindeki profili nedeniyle susam, esansiyel yağ asitlerinin biyolojik kaynağı olarak kullanılır. Lignanlar (sesamin, sesamol, sesamolin), tokoferoller ve fitosteroller gibi biyoaktif bileşikler içerir. Susamın oleik/linoleik yağ asitleri oranı onu insan sağlığı açısından önemli kılmaktadır. STH, belirli kardiyovasküler, metabolize ve koroner hastalıkları önlemeye yardımcı olabilecek biyoaktif bileşiklere sahiptir. STH'daki  $\omega$ -3 ve  $\omega$ -6 yağ asitleri, bağışıklık sistemini ve inflamatuvar fonksiyonları düzenleyen eikosanoidlerin öncüleridir. Bu yağın içerdiği esansiyel yağ asitleri hücre yapımı için gereklidir ve hamileliğin ilk üç ayında şiddetle tavsiye edilir. STH tüketimi hem LDL kolesterol kompleksinde bir azalmaya hem de HDL kolesterol kompleksinde bir artışa izin verir. Kan şekerini düzenler ve karaciğer kanseri olan ve yağlı karaciğer hastalığı gelişen kişiler üzerinde olumlu etkileri olabilir (Oboulbiga ve ark., 2023).

Susamdaki yağ içeriği ve yağ asidi bileşimi üzerine yapılan kalıtım çalışmaları, özelliklerin güçlü bir genetik kontrolünü ortaya çıkarmıştır. Tohum yağı içeriğindeki değişkenliği, YA bileşimini ve yağ içeriği ile spesifik yağ asitleri arasındaki ilişkiyi değerlendirmek için Kenya'nın Busia bölgesinde seçilen Doğu Afrika susamının 3 yıllık (2002–2004) saha değerlendirmesi yapılmıştır. Farklı yağ asitleri ve yağ içeriği arasındaki korelasyonlar, gelecekteki ıslah için aralarındaki ilişkilerin anlaşılmasını sağlamak amacıyla incelenmiştir. İncelenen yağ asitlerinin çoğunun yağ içeriği ve konsantrasyonu, katılımlar arasında önemli ölçüde farklı bulunmuştur. Ancak palmitoleik, behenik ve erusik asitlerin konsantrasyonlarının tüm susam katılımlarında benzediği bulunmuştur. Yağ ve YA içeriği yıllar arasında önemli farklılıklar göstermiştir. Ancak erusik asit içeriğinin yıllara göre değişmediği bulunmuştur. Stearik, linolenik ve araşidik asit içeriklerinin yıllar içerisinde en az etkilenenler olduğu saptanmıştır. Yağ içeriği palmitik ve linoleik asitlerle negatif, stearik ve oleik asitlerle pozitif korelasyon göstermiştir (Were ve ark., 2006).

### 2.5.13 Pamuk Yağı

Pamuk (*Gossypium* sp.) ticari açıdan önemli bir yıllık lif mahsulüdür; Pamuk tohumu yağı (PTY), pamuk tohumlarının yan ürünlerinden birinden elde edilen önemli bir üründür. Yağ verimi pamuk türlerine, yerlerine, pamuğun yetiştirildiği mevsime ve yağın çıkarılması için kullanılan ekstraksiyon yöntemlerine göre değişir. Yağ ekstraksiyonunda temiz ve kuru pamuk tohumları kullanılmakta olup, kalitesine ve çeşidine bağlı olarak %15-20 oranında pamuk tohumu yağı içermektedir. Yağ yüzdesi aynı zamanda hava durumuna, pamuk tohumunun büyümesine ve olgunluğuna da bağlıdır ve yağ verimi de mevsimden mevsime ve pamuk tohumu çeşitlerinin bulunduğu yerden yere değişiklik gösterir. *Gossypium*'un 20 yabancı çeşidinin yağ yüzdesi %11.22 ile %24.82 arasında değişmektedir.

PTY, farklı geleneksel ve geleneksel olmayan yöntemlerle çıkarılır. Geleneksel yöntemler arasında organik solvent ekstraksiyonu; geleneksel olmayan yöntemler arasında da yağlı tohumlardan büyük ölçüde yağ elde etmek için yer alan diğer biyokimyasal ve mekanik yöntemler yer alır. PTY, oleik (%17) asit, linolenik asit (%56) ve %23 palmitik asit gibi daha yüksek doymamış yağ asidi içeriği nedeniyle besin açısından dengeli bir yağ olarak kabul edilir ve yaygın olarak ticari ve ev yemeklerinde yemeklik yağ olarak kullanılır; örneğin, kraker, bisküvi, mayonez, hamur işleri, patates cipsi, salata, margarin, katı yağ, sos, donut, dondurma yerine geçen ürünler, fırınlama, kızartma, oryantal yemekler. Ayrıca özel yağlayıcılar, mürekkepler, kumaş dağıtıcılar, koruyucu kaplamalar, yumuşak sabunlar, deterjanlar, kauçuk ve deri imalatı, iç cephe boyları için alkil reçineler ve bunların kalitesini ve özelliklerini iyileştirmek için biyoyakıt olarak endüstriyel uygulamalarda da kullanım alanları vardır.

PTY doğal olarak "gossipol" olarak bilinen bir toksik polifenolik bileşik içerir ve ham PTY'deki gossipolün varlığı onlara koyu kahverengi-kırmızı renk ve diğer kirletici maddeleri verir. PTYnin yenilebilir yağ olarak kullanılması için güvenlik profillerinin kontrol edilmesi gerekir; Ekstraksiyon için toksik organik çözücülerin kullanılması ve gossipolün daha yüksek konsantrasyonda bulunması, bunların insan tüketimi için kullanımını sınırlamaktadır. Yüksek bir gossipol konsantrasyonu, anoreksi, apati, halsizlik, solunum sıkıntısı, vücut ağırlığında bozulma ve ölümü



içeren gosipol zehirlenmesine neden olur. Ayrıca erkek ve dişi üreme sistemi üzerinde olumsuz etkiler göstermiştir. Gossipol, rafinasyon ve nötralizasyon sırasında çıkarılır ve gosipol seviyeleri 1-5 ppm (FDA tarafından belirtilen sınırlar) olduğunda PTY güvenli kabul edilir. Yüksek yağ verimi ve düşük serbest ve toplam gosipol içeriğine sahip sağlıklı PTY üretmek için daha az toksik organik çözücüler kullanarak PTY'nin ekstraksiyonunun farklı yöntemleri geliştirilmiştir. PTY'nin yenilebilir yağ gibi işlenmiş gıdalarda ve boya, kozmetik, deterjan, biyodizel, tarım ve ilaç üretimi gibi diğer teknik uygulamalarda birçok uygulaması vardır.

PTY, antiinflamatuvar, antikanser, antialerjik ve antioksidan özellikleri ile kardiyokoruyucu etkinliği sayesinde çeşitli hastalıklara yakalanma riskini azaltmaya yardımcı olur. Gossipol, meme, kolon, yumurtalık ve prostat hücre dizileri dahil olmak üzere farklı kanser türlerine karşı antikanser aktiviteye sahiptir; dolayısıyla gosipolle zenginleştirilmiş PTY, kanserli hücrelerin çoğalmasına karşı toksisiteye neden olan çoğalma önleyici aktivite görevi görür. Kardiyovasküler hastalıklara neden olan LDL kolesterol düzeyinin artmasıyla hiperkolesterolemi riski artar. Gossipol ile zenginleştirilmiş PTY (95 g/hafta) diyetinde kullanılmış ve bu da yetişkinlerde LDL ve toplam kolesterol düzeyinin azalmasını sağlamıştır (Kumar ve ark., 2023).

#### **2.5.14 Kanola (Kolza Tohumu) Yağı**

Kolza tohumu (kanola) yağı, palm yağı ve soya fasulyesi yağından sonra dünya çapında üretilen üçüncü bitkisel yağdır. Esas olarak *Brassica napus* L.'nin genetiği değiştirilmiş tohumlarından elde edilir, ancak ekstrakte edilmiş kolza tohumu yağının küçük bir kısmı da *Brassica rapa* L.'den elde edilir.

Soğuk preslenmiş kolza tohumu yağı nispeten daha yüksek seviyelerde fitosterol ve tokoferol içerir (60-70 mg/100g). Kolza tohumu yağı,  $\alpha$ -tokoferoller ve  $\gamma$ -tokoferoller arasındaki 1:2 ve fitosterollerin esterlenmiş ve serbest formları arasındaki 1:1 gibi olumlu bir orana benzemektedir. Ek olarak, en yaygın olarak soğuk preslenmiş kolza tohumu yağı, nispeten daha düşük doymuş yağ içeriğine ve 2:1 linoleik:linolenik asit oranına sahipken, yeşilimsi renk, klorofillerin varlığıyla ilişkilidir (5-50 ppm).

Kolza tohumu (kanola) yağı, bazı yağ asidi moleküllerinde kükürt atomuna sahip olan ve kükürtlü kokudan sorumlu olan tek bitkisel yağdır. Son zamanlarda, yüksek oleik kolza tohumu yağı (oleik asit içeriğini %85'e yükselterek), yüksek laurik kolza yağı (%31'e kadar laurik asit) ve yüksek stearik yağ (%28'e stearik asit) elde etmeyi mümkün kılan yeni kolza tohumu çeşitleri geliştirilmiştir. Trans yağlar açısından zengin olan hidrojene kolza yağının yüksek oleik içerikli kolza yağı ile değiştirilmesi tüketici ihtiyaçları açısından önemli bir stratejidir.

Günümüzde kolza tohumu (kanola) yağı en sağlıklı yenilebilir bitkisel yağlardan biri olarak kabul edilmektedir. Araştırmalar serum toplam kolesterolünü ve LDL kolesterolünü ve dolayısıyla kardiyovasküler hastalık riskini azaltabileceğini doğrulamaktadır. Kolza tohumu yağına dayalı diyetler, doymuş yağlara dayalı diyetlerle karşılaştırıldığında glikoz homeostazisi üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir. Yağ aynı zamanda antikanser etkiler de göstermektedir. Kolza tohumu (kanola) yağı, hem serbest hem de esterlenmiş formda oluşan sinapinik asit (*Brassica* türleri için tipik bir antioksidan) gibi doğal fenolik bileşikler içerir. Ayrıca p-hidroksibenzoik, vanilik, gentsinik, protokatekuik, siringik, p-kumarik, ferulik, kahve ve klorojenik asitleri içerir. Bu bileşiklerin miktarı büyük ölçüde ekstraksiyon yöntemine, kullanılan solvente ve izolasyon adımlarına bağlıdır. Bu nedenle ekstraksiyonda solvent seçimi, kolza tohumu yağındaki fenolik bileşik miktarının ve dolayısıyla antioksidan potansiyelinin korunmasında önemli bir parametredir. Kolza tohumu yağı %6-14 arasında  $\alpha$ -linolenik asit, %50-60 oleik asit ve <%7 doymuş yağ asitleri içerir. MUFA bakımından kolza tohumu yağı (%63.09) zeytinyağından (%69.22) sonra ikinci sırada gelir; ancak bu asitlerin içerikleri benzerdir. En yüksek SFA içeriği zeytinyağında (%17.55) bulunurken bunu soya fasulyesi yağı (%15.96) takip ederken, en düşük doymuş yağ asitleri içeriği kolza yağında (%7.06) bulunmuştur (Banaś ve ark., 2023).

### **2.5.15 Udi Hindi Bitkisi**

Udi hindi bitkisi (*Aquilaria agallocha*) Thymelaeaceae familyasındandır. Himalaya, Assam, Tamil ve Doğu Hindistan'da doğal olarak bulunmakta olup tıbbi açıdan değerli bir bitkidir. Antinosiseptif, antimikrobiyal, antioksidan, antihiperlipidemik, trombolitik, antidiyabetik, ülser koruyucu, kanser önleyici, ishal

önleyici ve hepatoprotektif gibi çeşitli farmakolojik aktiviteleri vardır. En önemli biyoaktif bileşenleri alkaloidler, saponinler, steroidler, terpenoidler, tanenler, flavonoidler ve fenoliklerdir (Börübaş, 2023).

Agar ağacı yağı ile yağ masajı ateşli hastalıklarda etkilidir. Hamilelik sırasındaki diş ağrısı, kolik ağrısı, şiddetli baş ağrısı ve ağrıların tedavisinde kullanılabilir. Ayrıca parfümlerde, odunsu koku için yakılır ve çeşitli kozmetik formülasyonlarda kullanılır (Alam ve ark., 2015).

## **2.6 Serbest Radikaller ve Antioksidanlar**

### **2.6.1 Serbest Radikaller**

Serbest radikaller ve reaktif oksijen türleri (ROT) bir prooksidan çeşididir. Prooksidanlar protein, lipit ve nükleik asitlerde oksidatif hasara sebep olan, patolojik olaylara sebebiyet veren zararlı maddelerdir. Hücrelere zararlı olan prooksidanlar indirgenme tepkimesi sonucu toksik olmayan veya düşük toksititeye sahip ürünlere dönüşürler (Karaboğa, 2020).

Serbest radikaller dış yörünegelerinde eşlenmemiş elektrona sahip ve genelde elektriksel açıdan yüksüz, iyonlar ve uyarılmış moleküllerin ayrılmaları sonucunda oluşan reaktif atom veya moleküllerdir. Serbest radikaller molekülün elektron kaybetmesi veya moleküle elektron transferi ile dış orbitalde bir veya birden çok eşleşmemiş elektron içerdiğinden bağımsız varoluş yeteneğine sahiptirler ve diğer bileşenlerle kolaylıkla reaksiyona girebildiklerinden reaktif türler olarak adlandırılır. Hücrelerde kimyasal ve fiziksel olaylar sonucunda oluşan ve sürekli devam eden serbest radikal yapımı vardır.

Serbest radikaller bağışıklık sistemi hücrelerinin savunma mekanizmasında rol oynarlar. Fakat protein, lipit ve DNA gibi büyük moleküller hücrede fazla artan ROT ve reaktif azot türleri (RNT) tarafından modifikasyona uğrayıp doku hasarına uğrarlar. Hücrelerdeki doku hasarı antioksidan savunmayı bastırıp hücre ölümü hızlandıran patolojik bir durum ortaya çıkar. Tütün ürünleri, alkol, virüsler, lipit metabolizması ürünleri, güneş ışınları, X ve kozmik ışınlar, fabrika-sanayi atıkları, egzoz gazları, ozon, ağır metaller, kirli hava ve kirli su gibi etkenlerle de serbest radikaller oluşabilir. Hücrede oluşan serbest radikaller kanser, yaşlanma, immün sistem hastalıkları, kardiyolojik hastalıklar, akciğer ve karaciğer hastalıkları,

ateroskleroz, hipertansiyon, göz hastalıkları, nörolojik hastalıklar gibi hastalıklara yol açan sebepler arasında başta görülmektedir (Karaboğa, 2020; Arıduru, 2022).

### **2.6.2 Reaktif Oksijen ve Azot Türleri**

Reaktif türler olarak adlandırılan serbest radikaller yapılarındaki eşlenmemiş elektron dolayısıyla kolayca reaksiyona girebilme eğilimindedirler (Karaboğa, 2020).

Hücre metabolizmasının ve canlılığının devamı için oksijen vazgeçilmez bir öneme sahiptir fakat reaktif bir atom olmasından dolayı reaksiyon eğilimi yüksektir. Oksijenli bir ortamda fiziksel ve kimyasal metabolik reaksiyon sonucu oksijen radikalleri oluşur. ROT; süperoksit, hidroksil, peroksil, alkoksil, hidroperoksil, lipid peroksil, hidrojen peroksit, hipokloröz asit, hipobromöz asit, singlet oksijen ve ozondur. RNS; azot oksit, azot dioksit, nitröz asit, diazot trioksit, diazot tetraoksit, peroksinitrit, peroksinitrit asit, alkil peroksinitrit, nitrozil katyonu, nitroksil anyonu, nitril katyonu ve nitril klorürdür (Karaboğa, 2020).

### **2.7 Antioksidanlar**

Antioksidan tanım olarak "oksidasyona karşı" anlamındadır. Antioksidanlar, lipitleri radikallerin oksidasyonundan korumak için görev yapar (Atta ve ark., 2017). Antioksidanlar savunma mekanizmasında görev alırlar. Bozulan hücre yapısının onarılması, detoksifikasyonda oluşan radikallerin temizlenmesi, radikal ürünlerin üretiminin engellenmesi, hücre içi antioksidan kapasitenin artırılması, ikincil radikal oluşturan zincir reaksiyonunun durdurulması gibi görevler yaparlar (Arıduru, 2022).

Gıda maddesinin yapısında doğal olarak bulunabilirler veya gıdalara eklenebilirler. Gıdalara eklenme; gıda sanayiinde ürünlerin kalitesini korumak, besin değerlerini artırmak gibi sebeplerle olabilir. Besin maddelerinin bozulmasını veya acılaşmasını geciktirmek amacıyla çeşitli yağlara antioksidan özellikteki maddeler katılabilir. Bunun sonucunda yağların tadı, kokusu, rengi korunmuş olup bundan dolayı yağın kalitesi artacağından raf ömrü uzar (Karaboğa, 2020).

Antioksidan bileşikler organizmada doğal olarak bulunurlar ve beslenmede önemli payı olan meyve ve sebzelerle de dışarıdan alınabilir. Meyve ve sebzelerin yapısında askorbik asit, alfa tokoferol, selenyum, glutatyon, flavonoidler, fitosteroller, beta karotenoid, kumarin, fenolik asit gibi antioksidan özelliği olan

bileşikler bulunduğundan koruyucu olduğu düşünülür (Arıduru, 2022). Antioksidanlar enzimatik ve enzimatik olmayan şekilde ikiye ayrılır. Bu çalışmada bitkisel yağ örneklerinin enzimatik olmayan antioksidan aktiviteleri incelenmiştir.

### 2.7.1 Flavonoidler

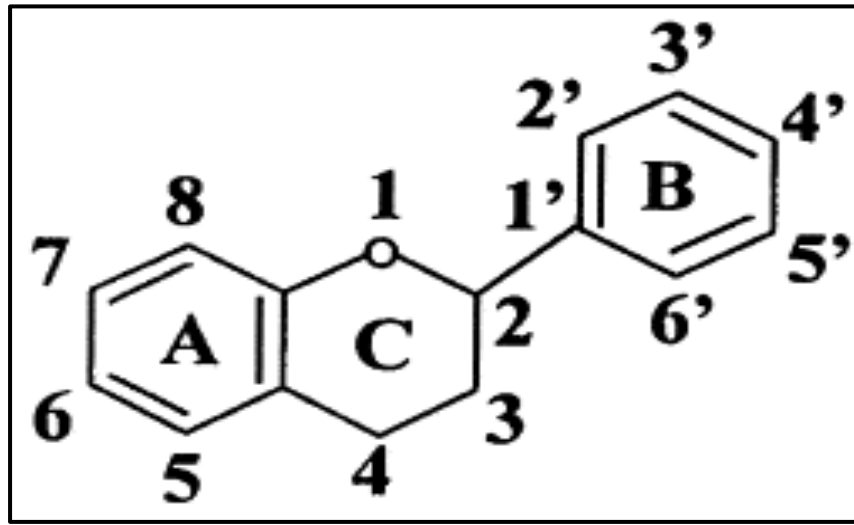
Polifenol süper ailesine dahil olan flavonoidler; bitkilerde, meyvelerde ve tohumlarda bol bulunan, koku renk ve tat özelliklerinden sorumlu olan, bitkilerin çeşitli kısımlarından sentezlenen ve ikincil metabolitler olarak üretilen bir grup polifenolik bileşiktir. Genellikle sarı, açık sarı veya beyaz renkte görünür. Tohum yayıcılar, flavonoidlerin belirgin bir şekilde katkıda bulunduğu meyvelerin çekici renginden etkilenirler. Bitkilerin gövde, yaprak, çiçek ve tohumlarında bulunan flavonoidler çeşitli abiyotik ve biyotik streslere yanıt olarak üretilir ve flavonoidler ayrıca bitki büyümesinin ve gelişiminin düzenlenmesinde de rol oynar. Virüslerin, mantarların, bakterilerin ve otoburların bitkilere verdiği zararı önleyebilirler.

Flavonoidlerin kapsamlı olarak araştırılan temel biyolojik aktivitesi antioksidan aktiviteleridir. Bu antioksidan aktivite, ROT'ların temizlenmesinde rol oynar. Flavonoidler hücre hasarını önler ve yaşlanma karşıtı ajan olarak görev yaparlar.

Flavonoidler meyvelerde, sebzelerde ve diğer gıda ürünlerinde yaygın olarak ve bulunur gıda yoluyla insanların sağlığını olumlu yönde etkilemede rol oynar. Gıda endüstrisinde antioksidan, koruyucu veya pigment olarak kullanılır. İnsanlarda flavonoidler biyoaktif özelliklerinden dolayı antiinflamatuvar, antikanser, anti-aging, kardiyokoruyucu, immünomodülatör, antidiyabetik, antibakteriyel, antiparazitik ve antiviral özellikler gibi çeşitli sağlık yararları ile bağlantılıdır. Yaşlanma karşıtı oluşundan dolayı ise kemik iliği nakli sonrası hızlandırılmış yaşlanma benzeri durum, alzheimer ve yaşa bağlı osteoporozda klinik tedavilerde kullanılmıştır.

Flavonoidler, C6-C3-C6 yapısından oluşan bazik bir C15 fenil-benzopiron iskeletine sahip bir fenol kategorisidir ve çoğu 2-fenilkroman çekirdeği içerir. 2-fenilkroman çekirdeği iki aromatik halkadan oluşur (A ve B), üçüncü bir halka (C) oluşturabilen veya oluşturamayabilen merkezi bir üç karbonlu zincirle bağlanır (Şekil 2.9).

B halkasının (C-2, C-3 veya C-4) bağlantı pozisyonuna göre sırasıyla flavonoidler (flavonlar, flavonoller, flavanonlar ve flavanoller), izoflavonoidler (izoflavonlar, izofavononlar, izoflavonoller, izoflavanlar, rotenoidler, kumestanlar, pterokarpanlar ve izoflavenler) ve neoflavonoidler (arilkumarinler, neoflavenler, vb.) olarak bilinir. Ayrıca flavonoidler, C halkasının varyasyonlarına ve doyumluğuna bağlı olarak flavonoller, flavonlar, flavanoller (kateşinler), flavanonlar, antosiyaninler ve izoflavonoidlere ayrılabilir.



Şekil 2.9 Flavonoidlerin Nükleer Yapısı (Heim ve ark., 2002)

Farklı bölgelerdeki insanlar, coğrafi faktörlerden etkilenen farklı beslenme kalıplarına sahiptirler. Bununla birlikte, ne tür beslenme alışkanlıkları olursa olsun, meyveler vazgeçilmez bir rol oynar ve mükemmel bir flavonoid bankasıdır. Meyvelerde zengin içeriğe sahip çeşitli flavonoidler bulunmaktadır ve bitkilerden 5000'den fazla farklı tür tespit edilmiştir. Elma üzüm ve soğanda bulunan kuersetin, zeytinyağında bulunan luteolin ve apigenin, kakao ve kırmızı şarapta bulunan kateşin, çayda bulunan epigallokateşingallat flavonoid ve besin kaynakları örneklerinden bir kaçıdır (Shen ve ark., 2022; Lu ve ark., 2021; Martinello ve Mutinelli, 2021; Dias ve ark., 2021; Fan ve ark., 2022).

### 2.7.2 Karotenoidler

İnsan beslenmesinde yeri doldurulamayan mikro besinlerin bir sınıfı olan karotenoidler, çeşitli bakteri, mantar, alg, bitki ve meyvelerde yaygın olarak bulunan, kırmızı, turuncu, sarı vb. renklerde olan bir fitokimyasal ailesidir. Bitkilerde

karotenoidler, kloroplast ve kromoplast zarlarında depolanan lipofilik doğal pigmentlerin bir kategorisidir. Karotenoidler ayrıca yeşil dokularda fotosentetik pigmentler olarak da bulunur. Işık enerjisini yakalayabilir ve onu, ışık enerjisini dönüştürme işlevini yerine getiren uyarılmış durumdaki klorofil a'ya iletebilirler.

Doğada 1100'den fazla farklı çeşidi bulunur fakat diyetle bunların çok azı tüketilir. Diyetle tüketilen karotenoidlerin %90'ından fazlasını  $\beta$ -karoten,  $\alpha$ -karoten likopen, lutein, zeaksantin,  $\beta$ -kriptoksantin oluşturur (Şekil 2.10).

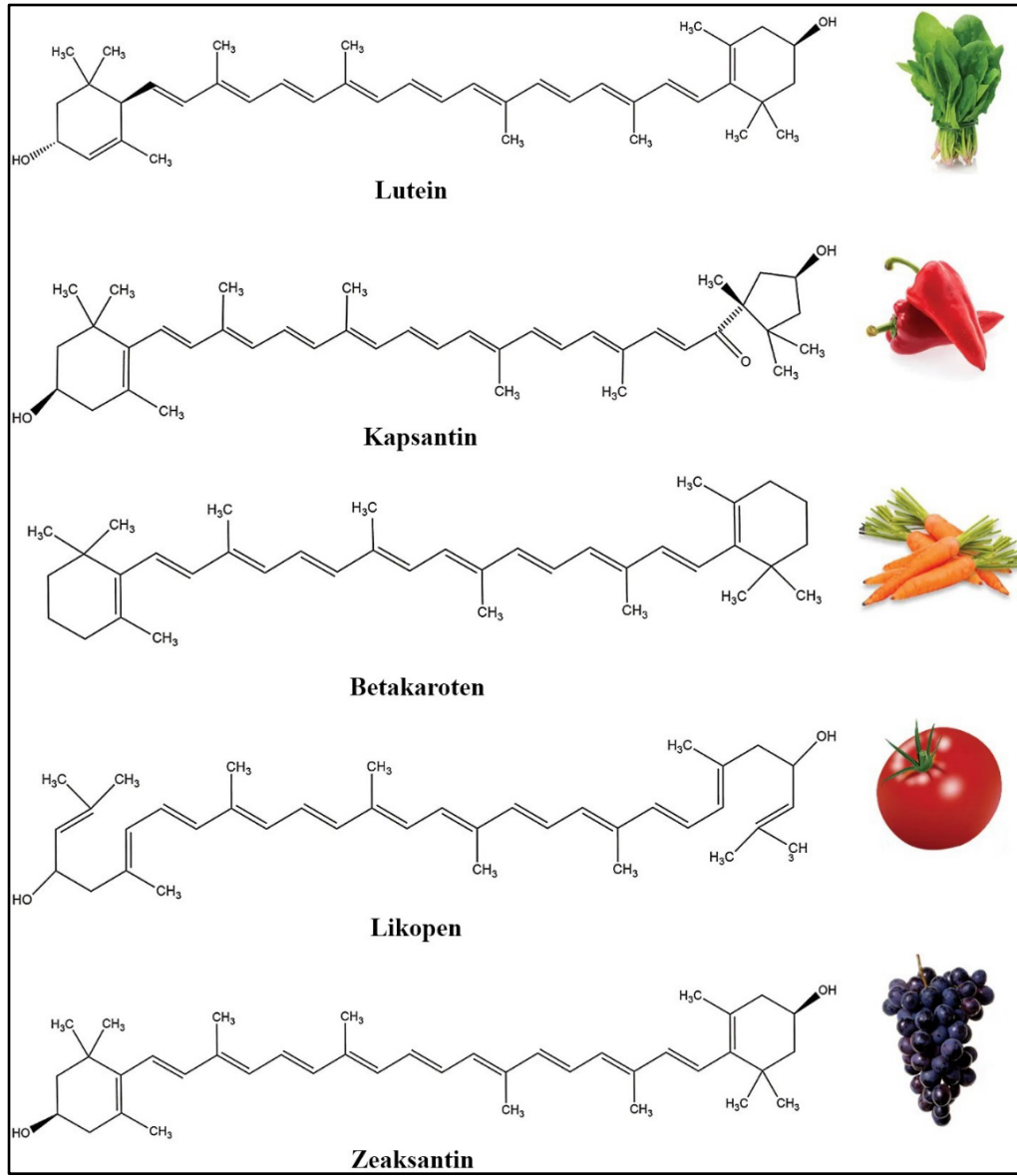
Karotenoidler, tetraterpenoid yağda çözünebilen polien pigmentlerinin bir sınıfıdır ve C40 terpenoid bileşikleridir ve türevleri sekiz izoprenoid ünitesinden oluşur. Polien iskeleti, karotenoidlerin en belirgin özelliğidir ve moleküllerin çoğu, karotenoidlere güçlü bir ışık toplama ve oksidasyon-indirgeme yeteneği kazandıran, iki taraflı simetrik ve çeşitli sayıda, genellikle 3-15 konjuge çift bağa sahiptir.

Yapısal özellikler karotenoidlerin öncü olmasını sağlar ve canlı vücudunda çeşitli yollardan çeşitli aktif maddelere dönüştürülür. Karotenoidlerin çoğu besin tanımına uymaz fakat provitamin aktivitesine sahiptir. Gerekli besin tanımına uymasa da diyetle alınan karotenoidler insan sağlığı ve metabolizma üzerinde oldukça etkilidir. Birçoğu A vitamini oluşturmak üzere parçalanabilir ve A vitamini beslenmesine ve A vitamini eksikliğinin önlenmesine önemli katkılarda bulunur. Karotenoidler ROT'ları yok ederek lipid peroksidasyonunu önlemede etkili olarak ve RNT'leri azaltarak antioksidan görevi görür (Lu ve ark., 2021; Grainger ve ark., 2022; Bohn ve ark., 2023).

Yapılan epidemiyolojik çalışmalar sonucunda toplam veya spesifik karotenoidler açısından zengin diyetlerin, çeşitli kanser türleri, kardiyovasküler ve serebrovasküler hastalıklar, göz hastalıkları, bilişsel bozukluklar ve osteoporoz gibi çeşitli hastalık risklerinin azalmasıyla bağlantılı olduğu görülmüştür.

Hemen hemen tüm meyveler karotenoid içerir. Bitkilerdeki karotenler arasında  $\alpha$ -karoten,  $\beta$ -karoten,  $\gamma$ -karoten, likopen, fitoen ve fitofluen bulunur ve ilk üçü A vitamininin biyosentez öncüleridir. Bir terminal halkasının olup olmamasına bağlı olarak karotenoidler ayrıca siklik ve asiklik karotenoidler olarak da sınıflandırılabilir. Goji meyveleri (*Lycium barbarum*), domates (*Solanum*

*lycopersicum*) ve kayısı (*Prunus armeniaca*) dahil olmak üzere karotenoidler açısından zengin bazı tipik meyvelere örnek olarak verilebilir.



Şekil 2.10 Bitkilerde Bulunan Yaygın Karotenoidler (Kolasinac ve ark., 2021)

## 2.8 Antioksidanların Sağlık Açısından Önemi

Antioksidanlar serbest radikal temizleyicilerdir. Bu özelliklerinden dolayı gıda bileşenlerinin oksijenle reaksiyona girmesini önler ve gıda bozulmalarının asıl nedenlerinden olan lipid peroksidasyon sürecini geciktirirerek gıda bozulmalarının önüne geçer (Khan ve ark., 2021; İyilikeden, 2023).



Son yıllarda antioksidanların bilimsel olarak gelişmesiyle birlikte doğal antioksidanların insan sağlığındaki önemi dünya çapında artmıştır. Doğal antioksidanlardan insan sağlığını iyileştirmek ve çeşitli bozuklukları tedavi etmek için faydalanılmıştır. Sağlıksız beslenme, kardiyovasküler hastalıklar da dahil olmak üzere birçok patolojik durumun ana nedeni olarak kabul edilmektedir. Kardiyovasküler koruma sağlayan ve hastalık riskini önleyen birçok doğal molekül vardır. Antioksidanlar, kardiyovasküler koruma sağlayarak kalp-damar hastalıklarının önlenmesinde en önemli moleküller arasındadır (Khan ve ark., 2021).

Cildin oksidatif hasara karşı korunmasında antioksidanlar etkili bir rol oynar. Biyolojik olarak aktif maddelerin zengin kaynaklarından olan bitki özleri, antioksidan özelliklerinden dolayı cilt bakımı bileşenlerinin önemli bir grubunu oluşturur. Cildin yaşlanmasını önleyen ve fotokoruyucu özelliklere sahip olan antioksidanlar, nutrasötikler denilen oral takviyelerde de kullanılır (Michalak, 2022).

Antioksidan grubundan flavonoidler güçlü antikanser özellikleri sayesinde serbest radikalleri temizleyerek tümör hücresi büyümesini engelleme özelliğine sahiptir. İnsan sağlığını ciddi düzeyde kötü etkileyen ve çoğu zaman tamamen tedavisi zor olan hiperlipidemi ve hiperglisemi yaygın ve sık görülen hastalıklardandır. Fakat flavonoidlerin antioksidan özellikleri sayesinde hiperlipidemi, hiperglisemi ve bunların komplikasyonları olan kardiyovasküler ve serebrovasküler hastalık, kronik böbrek yetmezliği ve yağlı karaciğer hastalığı önlenebilir hale gelmiştir (Lu ve ark., 2021).

Karotenoidlerin ve metabolitlerinin, sigara içenlerde kardiyovasküler hastalık, osteoporoz, kanser ve miyokard enfarktüsü gibi ROT aracılı çeşitli hastalıklar üzerinde olumlu etkileri bulunmaktadır. Yapılan bir çalışma, karoten açısından zengin gıdaların ve karoten takviyelerin prostat kanserini belirli bir dereceye kadar önleyebileceğini göstermiştir. Ayrıca karotenoidler bilişsel işlevi iyileştirebilir. Ciltte fotokoruyucular olarak görev yaparak kozmetik olarak fayda gösterebilir. Karotenoidler sağlık alanındaki faydalarından dolayı ilaç, gıda ve kozmetik endüstrilerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Lu ve ark., 2021).

Kanser, obezite, koroner kalp hastalığı, tip 2 diyabet, katarakt ve hipertansiyon gibi yaygın görülen hastalık türlerinin görülme olasılığı oksidatif stres

sonucu artar. Antioksidan özelliklerinden dolayı meyveler, sebzeler ve çok daha az işlenmiş temel gıdalar bu hastalıklara karşı en iyi korumayı sağlarlar. Antioksidan içeren yiyecek ve içecekler dejeneratif hastalıkları ve ölüm riskini azaltır (Rahaman ve ark., 2023).

## 2.9 Doğal ve Sentetik Antioksidanlar

Doğal antioksidanlar, endojen (organizma tarafından sentezlenen) veya ekzojen (besinlerle dışarıdan alınan) olarak gruplandırılır. Yaş arttıkça organizma tarafından sentezlenen antioksidan üretimi azaldığından uzmanlar tarafından bitkisel antioksidanların iyi bir alternatif olduğu düşünülmektedir. Bitkisel antioksidanların en önemli kaynakları sebze ve meyvelerdir. Fenolik bileşikler ise doğal antioksidanların en önemli gruplarını oluştururlar. Antioksidan etkileri ile öne çıkan başlıca doğal bileşenler flavonoidler, karotenoidler, askorbik asit ve tokoferollerdir. Bitkisel kaynaklı antioksidanların aktif bileşenleri polifenolik bileşiklerdir.

Sentetik antioksidanlar, sodyum eritorbat, gallatlar, eritorbik, butillendirilmiş hidroksianisol (BHA), butillendirilmiş hidroksitoluen (BHT) ve tersiyer butilhidrokinon (TBHQ) gibi bileşiklerdir. Gıda sektöründe, işlenen gıda ürünlerinin raf ömürlerini uzatmak ve depolama süreçlerinde oksidatif bozulmaları önlemek amacıyla kullanılmaktadır. Bu sentetik antioksidanlar oldukça etkin, ucuz ve stabil olmalarına rağmen istenilmeyen yan etkilerinden dolayı son zamanlarda kullanımları ciddi ölçüde azaltılmıştır. Ayrıca besinlerle alınan doğal antioksidanlardan daha az etkili oldukları görülmektedir. Sentetik antioksidanların yüksek maliyeti, sağlık yönünden riskleri ve toksik etkilerinden dolayı doğal antioksidanlara duyulan önem giderek artmaktadır. Tüketicilerin genel doğal antioksidanlara ilgisi arttığından, endüstri de doğal antioksidan kaynaklarına yönelmiştir. Sentetik antioksidanların bahsedilen dezavantajlarından dolayı günümüzde besin ve ilaçlardaki kullanımı yasal olarak sınırlandırılmaktadır (İyilikeden, 2023).

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1 Materyal

Bu tez çalışmasında ticari olarak satılan ve gıda veya takviye olarak tüketilen bitkisel yağların biyolojik aktivitelerinin, temin edilme maliyetleri ile karşılaştırılarak ortaya konulması hedeflenmektedir. Bu amaçla çizelge 3.1 de listendiği şekilde, 15 farklı bitkisel yağ çeşidinin mümkün olabildiğince en az iki farklı markadan (udi hindi ve kanola yağı sadece birer markadan temin edilmiştir) ticari olarak temin edilmesi sağlanmıştır. Ayrıca yine listeden görülebileceği gibi fındık yağı için aynı markadan iki örnek alınarak karşılaştırma yapılmasına olanak sağlanmıştır. Yağlar 2024 yılı Ocak-Nisan ayları süresince temin edilmiş olup, Mayıs ayı itibariyle ilk kez açılarak analizlere başlanmıştır. Çizelge 3.2’de de ticari olarak temin edilen yağ örneklerinin etiket bilgileri sıralanmıştır.

#### 3.2 Bitkisel Yağ Örneklerinin Analiz İçin Hazırlanması

**Çizelge 3.1** Çalışmada Kullanılan Bitkisel Yağların İsimleri, Markalarının Dağılımı ve Kodları

Kod	Yağ Çeşitleri	Kod	Yağ Çeşitleri
BY1	Fındık Yağı (Pet Şişe) (A)	BY19	Hindistan Cevizi Yağı (I)
BY2	Fındık Yağı (Metal Kutu) (A)	BY20	Hindistan Cevizi Yağı (J)
BY3	Fındık Yağı (B)	BY21	Zeytinyağı (K)
BY4	Ceviz Yağı (A)	BY22	Zeytinyağı (L)
BY5	Ceviz Yağı (C)	BY23	Zeytinyağı (M)
BY6	Avokado Yağı (D)	BY24	Zeytinyağı (N)
BY7	Avokado Yağı (U)	BY25	Zeytinyağı (O)
BY8	Keten Tohumu Yağı (D)	BY26	Zeytinyağı (P)
BY9	Keten Tohumu Yağı (E)	BY27	Ayçiçek Yağı (R)
BY10	Aspir Yağı (A)	BY28	Ayçiçek Yağı (A)
BY11	Aspir Yağı (D)	BY29	Udi Hindi Yağı (S)
BY12	Çörekotu Yağı (F)	BY30	Pamuk Yağı (T)
BY13	Çörekotu Yağı (D)	BY31	Pamuk Yağı (V)
BY14	Çörekotu Yağı (E)	BY32	Susam Yağı (D)
BY15	Kabak Çekirdeği Yağı (D)	BY33	Susam Yağı (C)
BY16	Kabak Çekirdeği Yağı (E)	BY34	Kanola Yağı (Y)
BY17	Mısır Yağı (G)		
BY18	Mısır Yağı (H)		

Polar yağ ekstraktlarının hazırlanması amacıyla yağ numunelerinin her birinden yaklaşık 1 g’lık kısım tartılarak bir şişeye alındı ve 5 ml metanol ile seyreltildi. İyi bir şekilde karıştırılması (aşırı ısınmasını önlemek için 5 dakika ara verilerek 15’er dakika boyunca iki kez vortekslenerek) sağlandıktan sonra derin

dondurucuda (-18 °C'de) en az yarım saat bekletilerek üstteki metanol kısmı alındıktan sonra donmuş olan yağ kısmına ikinci kez metanol ilavesi (3 ml) ve sonrasında aynı işlemin tekrarlanması ile metanolik kısımların birleştirilmesi yoluyla hazırlanmıştır. İşlemlerin düşük ışık koşulları altında yapılmasına özen gösterilmiştir (Szydłowska-Czerniak ve ark., 2011).

### 3.3 Karotenoid ve Klorofil Türevlerinin Miktarının Saptanması

Bitkisel yağ numunelerinin içerdiği karotenoid ve klorofil türevlerinin miktarının belirlenmesi amacıyla Mínguez-Mosquera ve ark. (1990) tarafından geliştirilen metod takip edildi. Buna göre 0.6 g yağ örneğinin 2 ml sikloheksan içinde seyreltilmesiyle oluşan karışımın 470 ve 670 nm de absorbansı ölçüldü ve aşağıdaki eşitlikler kullanılarak gerekli hesaplamalar yapıldı.

$$\text{Toplam karotenoid (mg/kg)} = (A_{470} \times 10^6) / (E_0 \times 100 \times d)$$

$E_0$ = Karotenoid fraksiyonunun başlıca bileşeni olan luteinin spesifik ekstinksiyonu

$d$ = spektrofotometre küvetinin kalınlığı (cm)

Karotenoidlerin toplam içeriği, zeytinyağlarında bulunan ana karotenoid pigmenti lutein olan cinsinden ifade edilir ve etanol çözeltisinde 470 nm'de molar ekstinksiyon katsayısı olarak  $2000 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$  alınır.

$$\text{Toplam klorofil (mg/kg)} = (A_{670} \times 10^6) / (E_0 \times 100 \times d)$$

$E_0$ = Klorofil fraksiyonunun başlıca bileşeni olan feofitin A'nın spesifik ekstinksiyonu

$d$ = spektrofotometre küvetinin kalınlığı (cm)

Tipik zeytinyağında klorofil türevleri fraksiyonun ana bileşeni feofitin A olduğundan, toplam klorofil içeriği saptanırken 670 nm dalga boyunda feofitin A'nın molar ekstinksiyon katsayısı  $613 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$  olarak alınarak bu bileşik cinsinden ifade edilir.

**Çizelge 3.2** Çalışmada Kullanılan Bitkisel Yağların Etiket Bilgileri

Kod	Yağ Çeşitleri	Ekstraksiyon Yöntemi	Yağın Özelliği	Harici (Topikal) Kullanım	Aktif İçeriği
BY1	Fındık Yağı	Rafine		-	E Vit**
BY2	Fındık Yağı			-	E Vit
BY3	Fındık Yağı	Rafine		-	E Vit
BY4	Ceviz Yağı	Rafine		-	$\omega^*-3$ (Ala)
BY5	Ceviz Yağı	SS****		-	-
BY6	Avokado Yağı	SS	%100 SSY****	+	-
BY7	Avokado Yağı	Sıkım	-	-	-
BY8	Keten Tohumu Yağı	SS	%100 SSY	+	-
BY9	Keten Tohumu Yağı	SS	Bitkisel Sabit Yağ	+	-
BY10	Aspir Yağı	SS	-	-	-
BY11	Aspir Yağı	SS	%100 SSY	+	-
BY12	Çörekotu Yağı	SS	-	-	-
BY13	Çörekotu Yağı	SS	%100 SSY	+	-
BY14	Çörekotu Yağı	SS	Bitkisel Sabit Yağ	+	-
BY15	Kabak Çekirdeği Yağı	SS	%100 SSY	+	-
BY16	Kabak Çekirdeği Yağı	SS	Bitkisel Sabit Yağ	+	-
BY17	Mısır Yağı	Rafine	-	-	-
BY18	Mısır Yağı	-	-	-	-
BY19	Hindistan Cevizi Yağı	SS	Organik, Vegan	+	-
BY20	Hindistan Cevizi Yağı	SS	Vegan, Glutensiz	+	-
BY21	Zeytinyağı	SS	-	-	-
BY22	Zeytinyağı	SS	-	-	-
BY23	Zeytinyağı	SS	-	-	-
BY24	Zeytinyağı	SS	-	-	-
BY25	Zeytinyağı	SS	Filtresiz	-	-
BY26	Zeytinyağı	SS	Naturel	-	-
BY27	Ayçiçek Yağı	Rafine	-	-	-
BY28	Ayçiçek Yağı	Rafine	-	-	E Vit
BY29	Udi Hindu yağı	Maserasyon		+	
BY30	Pamuk Yağı	Rafine	Organik	-	E Vit
BY31	Pamuk Yağı	-	%100 Saf	-	-
BY32	Susam Yağı	SS	%100 SSY	+	-
BY33	Susam Yağı	SS	-	-	-
BY34	Kanola Yağı	SS	-	-	-

\* $\omega$ : Omega; \*\*Vit: Vitamin; \*\*\*SS: Soğuk Sıkım; \*\*\*\*SSY: Saf Sabit Yağ;

### 3.4 Toplam Fenolik İçerik Miktarlarının Saptanması

Çalışmada test edilen materyallerin toplam fenolik içerik (TPI) miktarlarını hesaplamak için izlenen yöntem fenolik bileşiklerin bazik ortamda oksitleyici bileşen olarak kullanılan Folin-Ciocalteu ayırıcını indirgeyip kendilerinin oksitlenmiş forma dönüştüğü redoks reaksiyonuna dayanmaktadır. Reaksiyon sonucunda indirgenmiş ayırıcın oluşturduğu mavi rengin absorbansının ölçülmesiyle, analizi yapılan örnekteki fenolik bileşiklerin toplam miktarları hesaplanmaktadır. Açığa çıkan renk şiddeti fenolik maddelerin konsantrasyonu ile orantılı olarak değişiklik göstermektedir (Slinkard ve Singleton, 1977; Singleton ve Rossi, 1965).

Bu amaçla metanol ile hazırlanan bitkisel yağ ekstraktlarının her birinin 50 µl'lik kısmının üzerine 50'şer µl metanol ilavesi yapıldıktan sonra, 1/10 oranında su ile seyreltilerek hazırlanmış Folin-Ciocalteu reaktifinden (FCR) 600 µl ilave edilmiş, şiddetli bir şekilde çalkalama yapılmış ve oda sıcaklığında 10 dakika süreyle beklemeye bırakılmıştır. Süre sonunda tüm tüplere su ile hazırlanmış olan %2'lik sodyum karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) çözeltisinden 500 µl eklenmiş ve iyi bir şekilde karıştırılması sağlandıktan sonra oda sıcaklığında 1 saat süreyle karanlıkta bekletilmiştir. Ayrıca numunelerin kendinden kaynaklanan olası etkilerinin elimine edilmesi için aynı miktarda alınan (50 µl numune + 50 µl methanol) kısmı üzerine 600 µl su ve 500 µl  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  çözeltisi ilave edilerek numune körleri de yapılmıştır.

Aynı koşullarda eş zamanlı olarak 0.125 mg/ml'lik gallik asit (GA) çözeltisinden farklı hacimlerde (0-10-25-50-100 µl) alınarak son hacim (100 µl) aynı olacak şekilde hazırlanan tüplere de FCR ve  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  çözeltisi ilavesi gerçekleştirilmiştir.

Süre sonunda ortamda var olduğu tahmin edilen fenolik maddelerin FCR ilavesiyle 760 nm'de maksimum absorbans veren ürünler oluşturmasının bilinmesi üzerine, tüm tüplerin 760 nm'de absorbansları kaydedilmiştir (Doğan ve ark., 2017). Öncelikle gallik asidin ortamdaki konsantrasyonuna karşı ölçülen absorbans değerinden yararlanarak standart çalışma grafiği çizildi ve bu grafiğin doğru denkleminde faydalanılarak tüm örneklerin (numune absorbansı değerinden numune körü için ölçülen absorbans değerinin çıkarılmasıyla hesaplanan net absorbans değeri) TPI değerleri gallik asit eşdeğeri (GAE) olarak mg GAE/g yağ cinsinden hesaplanarak listelendi.

### **3.5 Toplam Flavonoid İçerik Miktarlarının Saptanması**

Ekstraktların yeterli miktarları (50 µl) son hacimleri 100 µl olacak şekilde etanol ile eşitlendikten sonra 30 µl %5'lik  $\text{NaNO}_2$  ve 30 µl %5'lik  $\text{AlCl}_3$  ilave edilip, 5 dakika bekletildikten sonra 200 µl 1 M NaOH ilavesinin ardından son hacim su ilavesi ile 1200 µl'ye tamamlanmıştır. Numune içermeyen köre karşı tüm tüp içeriklerinin 510 nm'deki absorbansları kaydedilmiştir. Geçiş metali iyonlarını şelatlayarak indirgeyici ajanlar olarak görev yapan, reaktif oksijen türlerini, reaktif azot türlerini ve reaktif klor türlerini yakalayabilen güçlü bir antioksidan kapasitesine

sahip olduğu bilinen, insan beslenmesindeki fenolik fitokimyasallar ve enerji içermeyen bileşenler arasında yer alan, düşük moleküler ağırlığa sahip bir flavonoid olan kuersetin (Carrillo-Martinez ve ark., 2024) pozitif kontrol olarak kullanılmış olup 0.25 mg/ml'lik stok çözeltisinden farklı hacimler alınmasıyla bir seri konsantrasyon aralığı oluşturulmuştur. Kuersetinin farklı konsantrasyonlarının aynı miktardaki reaktiflerle birleştirilmesiyle meydana gelen rengin şiddeti olarak okunan absorbans değerleri ile çizilen konsantrasyon-absorbans grafiğinin doğru denkleminde yararlanarak numunelerin flavonoid içerikleri kuersetin eşdeğeri (QTE) olarak (mgQTE/g yağ) hesaplanmıştır (Ghasemzadeh ve ark., 2016).

### 3.6 DPPH Radikal Süpürme Aktivitelerinin Saptanması

Doğal ve sentetik kaynaklı bileşiklerin antioksidan etkilerinin saptanması için, in vitro olarak uygulanan çeşitli metodlar vardır. Bu yöntemlerden biri 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) radikalini süpürücü gücün tayini yöntemidir.

Yağ numunelerinin metanolik ekstraktlarının DPPH radikalini süpürücü etkileri, ticari olarak satın alınan 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil stabil radikalinin metanolik çözeltisinin menekşe/mor rengini giderebilme gücü ile değerlendirilir. Yağ numunesi içeriğindeki antioksidan maddelerin DPPH ile oluşturdukları rengin 517 nm'de ölçümüne ve standart antioksidan madde ile karşılaştırılmasına dayanmaktadır. Bu amaçla ekstraktların 50 µL'lik kısımlarının metanolik DPPH çözeltisi ile bir araya getirilip 30 dakika oda sıcaklığında karanlıkta bekletilmesinin ardından 517 nm de absorbansının ölçülmesi ve aşağıdaki eşitliğin kullanılmasıyla 5.2 mg/mL'lik yağ örneğinin ortamdaki DPPH radikalini % süpürme oranı hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Süpürme Aktivitesi} = [(A_{\text{kör}} - A_{\text{numune}}) / A_{\text{kör}}] \times 100$$

$A_{\text{kör}}$ : Numune hacmi kadar (50 µL) metanol ile DPPH çözeltisinin karıştırılması ile hazırlanan (son hacmi 1200 µL) karışımın absorbansı

$A_{\text{numune}}$ : Numune (50 µL) ile DPPH çözeltisinin karıştırılması ile hazırlanan (son hacmi 1200 µL) karışımın absorbansı

### 3.7 Fe<sup>2+</sup> ile Şelat Oluşturma Aktivitelerinin Saptanması

Metabolik olarak düzenlenen hücre ölümünün bir türü olan ferroptoz, kanser biyolojisinde önemli bir yol olarak ortaya çıkmıştır. 2012 yılında Dixon ve ark., (2012) ferroptozu,  $Fe^{2+}$ 'ya bağımlı lipit peroksidasyonu ve ROT'nin aşırı üretiminin neden olduğu apoptotik olmayan hücre ölümünün  $Fe^{2+}$ 'ya bağımlılığı olarak tanıtmıştır. Bu nedenle antioksidan etki gösteren besin maddelerinin bu etkiyi  $Fe^{2+}$ 'yı bağlama yolu ile onun zararlı etkilerini minimize edebilme açısından göstermeleri önemli bir bulgudur.

Bu sebeple yaygın olarak tüketilen gıda maddeleri olması sebebiyle bitkisel yağ örneklerimizin  $Fe^{2+}$  ile şelat oluşturma potansiyelleri incelenmiştir. Metodun esası şöyledir: Kompleks oluşturucu madde varlığında  $Fe^{2+}$  iyonu ferrozin ile kompleks oluşturur ve  $Fe^{2+}$  iyonu ile ferrozin arasındaki denge bozulur, bu da renk yoğunluğunun azalmasıyla gösterilir (Sethi ve ark., 2022). Ferrozin (FZ), ilk kez 1970 yılında sentezlenen ve ferro demirin tespitinde uygulanan,  $Fe^{2+}$  için iyi bilinen bir kolorimetrik analizdir. FZ'nin sulu çözeltileri soluk sarı renktedir ve görünür bölgede zayıf absorbans gösterir. Bununla birlikte,  $Fe^{2+}$  iyonlarının eklenmesi üzerine, 562 nm'de  $27\,900\,M^{-1}\,cm^{-1}$  molar soğurulma katsayısına sahip koyu mor bir 3:1 oranında FZ: $Fe^{2+}$  kompleksi oluşur.

Bu amaçla izlenen deneysel prosedüre göre yağ ekstralarının yeterli miktarları (10-50  $\mu$ L), 2 mM  $FeCl_2 \cdot 4H_2O$  çözeltisinin 50  $\mu$ L'si ile bir tüp içinde bir araya getirildi. 30 dakika sonra aynı tüp içerisine 5 mM ferrozin (3-(2-Piridil)-5.6-difenil-1,2,4-triazine-p,p'-disülfonik asit monosodyum hidrat tuzu) çözeltisinden 100  $\mu$ L eklendi ve son hacmin su ile 1200  $\mu$ L'ye tamamlanması sağlandı. 10 dakika sonunda suya karşı tüp içeriğinin 562 nm de absorbansı ölçüldü. Aynı işlem şelatlayıcı ajan (Bageri ve ark., 2023) olan EDTA'nın uygun miktarı içinde gerçekleştirilmiştir. Numune körü olarak ise hem demir klorür çözeltisi hem de ferrozin çözeltisi ile numunenin farklı tüpler içinde aynı nihai son hacimde bir araya getirilmesiyle meydana gelen absorbansların dikkate alınmasıyla numuneler için hesaplanan nihai absorbanstan yararlanarak şelatlama yüzdesi aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\text{Şelatlama potansiyeli (\%)} = [(A_{\text{kör}} - A_{\text{numune}}) / A_{\text{kör}}] \times 100$$



$A_{k\ddot{o}r}$ : Numune hacmi kadar metanol yanında diğer tđm reaktifleri de içeren karışımın (son hacmi 1200  $\mu$ L) absorbanısı

$A_{numune}$ : Numune ve diğer tđm reaktifleri de içeren karışımın (son hacmi 1200  $\mu$ L) absorbanısı

### **3.8 ABAP ile indđklenen Lipid Peroksidasyonu İnbisyon Aktivitelerinin Saptanması**

Metanolik bitkisel yağ ekstraktlarının 0.5 mg/ml'lik kısımlarının reaksiyon ortamındaki 0.26 mM'lık linoleik asit üzerinde ortama nihai konsantrasyonu 2 mM olacak şekilde ilave edilen 2,2-azobis-(2-amidinopropan)-dihidroklorid (ABAP) ile oluşturulan lipid peroksidasyonunu önleyebilme potansiyelleri bu üç bileşenin metanol içerisinde iyi bir şekilde karıştırılması ve oda sıcaklığında 20 dakika bekletilmesinin ardından, 234 nm de metanole karşı absorbanlarının okunması yoluyla belirlenmiştir (Pryor ve ark., 1993). BY örneği iğermeyecek şekilde hazırlanan tđp kđr olarak kullanılmıştır. Aynı deneme askorbik asidin değişik konsantrasyonları için de geręekleřtirilmiř ve DPPH testinde verilen eşitlik ile lipid peroksidasyonunu önleyebilme potansiyelleri (%) olarak ifade edilmiştir.

### **3.9 Anti-Kolinesteraz Enzim Aktivitelerinin Saptanması**

Alzheimer hastalığı (AH), beyin hđcrelerini deforme eden ve çoğunlukla demansla karakterize edilen bir hastalıktır. şu anda AH tedavisi için onaylanmış iki ilaç kategorisi (kolinesteraz enzim inhibitđrleri ve N-metil-D-aspartat (NMDA) antagonistleri) bulunmaktadır. AH tedavisinde semptomları iyileştiren tedavi yđntemleri olmasına rağmen bu hastalık halen tam olarak tedavi edilemeyen hastalıklar kategorisinde yer almaktadır. Buna gđre, doğal kaynaklar, birden fazla yolu hedefleyebilen veya modđle edebilen geleneksel sentetik graplardan daha umut verici özelliklere sahip olan, Alzheimer tedavisinde araştırmacılar için önemli bir potansiyeli temsil etmektedir. Canlı organizma, diğer oksidanların ve serbest radikallerin zararlı etkileriyle mđcadele eden, enzimatik olmayan ve doğal enzimatik antioksidanların karmaşık bir kombinasyonunu içeren bir savunma sistemine sahiptir. Serbest radikaller, sinirsel bozukluklar, kardiyovaskđler hastalıklar, Alzheimer, yaşlanma, diyabet, kanser, Parkinson hastalığı, ateroskleroz, úlseratif kolit ve alkolün neden olduğu karaciğer hastalığı gibi biręok hastalığın altında yatan bir faktördür.

Önemli bulgular, diyetle alınan antioksidanların veya olası antioksidan özelliklere sahip besinleri içeren gıdaların alımının serbest radikallerle mücadelede önemli bir güç olduğunu ortaya çıkarmıştır. Ayrıca bilim insanları arasında antioksidanların tek tek tüketilmesi yerine farklı kombinasyonlarda tüketilmesi konusunda ortak bir görüş vardır (Tel-Çayan ve Fındık, 2023).

Tez kapsamında incelenen bitkisel yağların antioksidan etki gösteren çeşitli bileşenleri içerdiğinin bilinmesi sebebiyle yağ ekstraktlarının asetil- ve butirilkolinesteraz enzimlerini inhibe edebilme potansiyelleri araştırılmıştır.

Bu amaçla Ellman ve ark., (1961) tarafından modifiye edilen spektrofotometrik metod izlenmiştir. Asetilkolinesteraz (AChE) inhibisyon aktivitesini ölçmek için 0.1 mM sodyum fosfat tamponu (pH 8.0) içerisinde oluşturulan reaksiyon karışımında ekstraktların 2 mg/ml'lik kısmının enzim kaynağı olarak yılan balığı asetilkolinesterazı (EC 3.1.1.7) ile 0.2 M DTNB (5.5'-Ditiyobis (2-nitrobenzoik asit) varlığında oda sıcaklığında 15 dakika boyunca bir arada bulundurulması sağlanmıştır. Süre sonunda etkinliğini kaybetmeyen enzim miktarını belirlemek üzere enzimatik reaksiyonun gerçekleşmesini sağlamak amacıyla substrat olarak nihai konsantrasyonu 0.2 M olacak şekilde asetil tiyokolin iyodür çözeltisinden ilave edilmiştir. Substratın enzimle hidrolizi sonucu açığa çıkan tiyokolinlerle ortamdaki DTNB'nin etkileşimi sonucunda 5-tiyo-2-nitrobenzoat anyonunun oluşumuna bağlı olarak gelişen sarı rengin şiddeti 412 nm'de ölçülmüştür. Potansiyel enzim inhibitörü olarak test edilen numuneyi içermeyen tüp kör tüp olarak belirlenmiş absorbansı  $A_{kör}$  olarak kaydedilmiştir. İnhibisyon yüzdesi aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır. Numunelerin butirilkolinesteraz enzim inhibisyonu yüzdesini bulmak için uygulanan yöntemde birebir aynı olmakla beraber enzim ve substrat kaynağı olarak sırasıyla at serum butirilkolinesterazı (EC 3.1.1.8) ve bütiril tiyokolin klorid kullanılmıştır.

$$\text{İnhibisyon yüzdesi (\%)} = [(A_{kör} - A_{numune}) / A_{kör}] \times 100$$

2003'te FDA onayı almış olan bir alkaloid türevi olan galantaminin ayrıca AChE'yi seçici olarak inhibe etme potansiyeli bilinmektedir (Yıldırım ve Ulusoy Güzeldemirci, 2023). Bu sebeple değerlendirme esnasında karşılaştırma yapmak adına 0.025 mg/ml'lik kısmı pozitif kontrol olarak kullanılmıştır (Senol ve ark., 2010).

### **3.10 İstatistiksel Analiz**

Tüm analizler üçer kez gerçekleştirildi. Sonuçlar ortalama  $\pm$  standart sapma (SS) olarak ifade edildi.

#### 4. BULGULAR ve TARTIŞMA

“Yemelik Bitkisel Yağ Türlerinin Biyolojik Etkinliklerinin ve Maliyetlerinin Karşılaştırılması” başlıklı tez çalışmasında ticari olarak temin edilen en az iki farklı markaya ait 15 farklı bitkisel yağ türünün karotenoid, klorofil, fenolik ve flavonoid içerik miktarları ve bunlara bağlı olarak DPPH radikal süpürme, Fe<sup>2+</sup> ile şelat oluşturma, lipid peroksidasyonunu önleme ve antikolinesteraz gibi çeşitli biyolojik aktiviteleri araştırılmış ve elde edilen değerlerin yağ türleri arasındaki farklılığı, aynı türde farklı markaya göre değişimi ve etkinliklerin maliyete göre değerlendirilmeleri yapılmıştır.

##### 4.1 Karotenoid ve Klorofil Türevlerinin Miktarları

Yalnızca bitkilerden sentezlenen ve insanlar tarafından yalnızca beslenme yoluyla asimile edilen pigmentler iki ana sınıfa ayrılabilir: Karotenoidler ve klorofil türevleri. Zeytinyağları nispeten zengin çeşitlilikte karotenoidler (yani karoten, lutein, violaksantin, neoksantin ve küçük yüzdelerde diğer ksantofiller) ve klorofil türevleri (yani klorofil A ve B, feofitin A ve B ve diğer küçük türevler) içerir. Çeşitli çalışmalar hem karotenoidlerin hem de klorofil türevlerinin sağlık açısından potansiyel faydalarını ortaya koymuştur. Bitkisel yağların rengi, karotenoidler, klorofiller ve bunların türevleri sınıfına ait doğal pigmentlerin varlığından kaynaklanmaktadır. Bu maddeler, yağın önemli bir niteliksel özelliği olan renginden sorumlu olmasının yanı sıra, antioksidan ve daha genel olarak nutrasötik özelliklere de sahiptir ve bunların niceliği, ürünün kalitesi ve orijinalliği ile ilişkilendirilebilir (Borello ve Domenici, 2019).

Tek pigmentlerin tanımlanması ve miktarının belirlenmesi genellikle ultraviyole görünür algılamalı yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC-DAD) gibi kromatografik yöntemler aracılığıyla gerçekleştirilir (Giuffrida ve ark., 2011). Öte yandan, yakın UV-vis spektroskopik absorpsiyon tekniği, ilk kez Mínguez-Mosquera ve ark. (1990) tarafından bildirildiği üzere, esas olarak sikloheksan içinde seyreltilmiş zeytinyağı numunelerinden elde edilen absorbans değerlerinden karotenoidlerin toplam miktarını ve klorofil türevlerinin toplam miktarını değerlendirmek için yararlanılmıştır. Yağ örneğinin sikloheksanda seyreltmeyi gerektiren ilk işlemine rağmen, bu yöntem nispeten basit, hızlı ve ucuzdur. Bu

nedenlerden dolayı, bu basit spektroskopik yöntem, zeytinyağının kimyasal-fiziksel karakterizasyonu ve kalitesi açısından toplam karotenoid ve klorofil konsantrasyonlarını belirlemek için birçok çalışmada kullanılmıştır (Rigane ve ark., 2013).

Bitkisel yağ numunelerinin içerdiği karotenoid ve klorofil türevlerinin miktarının belirlenmesi amacıyla Mínguez-Mosquera ve ark. (1990) tarafından geliştirilen metod takip edilerek bölüm 3.3 te izah edilen işleyiş ve eşitliklerin uygulanmasıyla çizelge 4.1'deki değerler elde edilmiştir.

**Çizelge 4.1** Yağ Numunelerinin Karotenoid ve Klorofil İçerikleri

Kod	Karotenoid Miktarı (mg/kg)	Klorofil Miktarı (mg/kg)	Kod	Karotenoid Miktarı (mg/kg)	Klorofil Miktarı (mg/kg)
BY1	0.215	0.098	BY19	0.045	0.033
BY2	0.245	0.049	BY20	0.070	0.799
BY3	0.295	0.196	BY21	1.25	2.953
BY4	0.190	Tespit edilemedi	BY22	0.865	1.175
BY5	0.650	0.848	BY23	2.525	4.176
BY6	1.730	8.548	BY24	0.965	1.664
BY7	0.545	0.440	BY25	0.950	0.865
BY8	2.115	Tespit edilemedi	BY26	0.800	0.522
BY9	2.605	1.778	BY27	0.095	1.011
BY10	1.105	Tespit edilemedi	BY28	0.105	0.163
BY11	1.065	0.114	BY29	0.730	1.370
BY12	3.320	2.153	BY30	0.400	0.179
BY13	1.345	0.979	BY31	0.855	0.359
BY14	1.505	1.370	BY32	0.255	0.424
BY15	4.910	0.685	BY33	0.515	0.930
BY16	1.065	0.082	BY34	3.620	0.636
BY17	0.080	0.179			
BY18	0.170	Tespit edilemedi			

Yağ numunelerinin karotenoid ve klorofil içerikleri incelediğinde en yüksek karotenoid içeriğinin (4.910 mg/kg) BY15 olarak kodladığımız kabak çekirdeği yağlarından birine ait olduğu görülmektedir. BY16 olarak kodlanan diğer markaya ait kabak çekirdeği yağının karotenoid içeriği aynı derecede yüksek olmamakla birlikte, tüm yağlar için hesaplanan ortalama değer olan 1.094 mg/kg değerine oldukça yakın bir değer (1.065 mg/kg) bulunmuştur. Literatürde de kabak çekirdeği yağının özellikle lutein ve zeaksantin olmak üzere karotenoid açısından zengin olduğu bildirilmiştir (Ramak ve Mahboubi, 2019). Yağda bulunan karotenoidlerin cildi dış faktörlerin zararlı etkilerine karşı koruduğu, kabak çekirdeği yağındaki

yaklaşık miktarının 260 µg/g kadar olduğu rapor edilmiştir (Michalak ve ark., 2018). Takip eden diğer en yüksek karotenoid içeriğine sahip yağ türleri kanola (3.620 mg/kg) ve çörekotu (3.320 mg/kg) yağlarıdır. Fındık, keten tohumu, aspir, hindistan cevizi ve ayçiçek yağlarının farklı markalardan temin edilen örneklerinde hemen hemen yakın değerler elde edilmiştir. Altı farklı ticari markaya ait zeytinyağı örneklerinde ise iki örnek dışında (BY21 ve BY23) diğerlerinin (BY22, BY24, BY25, BY26) karotenoid miktarları birbirine oldukça yakındır.

Klorofil pigmentlerinin içeriğinin karotenoidlerden altı kat daha fazla olduğu ve fotokimyasal reaksiyonlara katılmaları nedeniyle varlıklarının önemli olduğu bilinmektedir (Wroniak ve ark., 2006). Örneklerin klorofil içeriklerini değerlendirdiğimiz de ise aynı bitkisel türe ait farklı markalarda karotenoid içeriğinde olduğu gibi yakın sonuçlar elde edilememiştir. Ceviz, keten tohumu, aspir ve mısır yağı çiftlerinin birinde klorofil içeriği saptanırken diğerinde 670 nm de absorbans değeri okunamadığı için klorofil değeri hesaplanamamıştır. En yüksek klorofil içeriği (8.548 mg/kg) incelenen avokado yağı örneklerinin birinde tespit edilirken, diğer markaya ait avokado yağının klorofil içeriği (0.440 mg/kg) ilkinde göre oldukça düşüktür. İkinci (4.176 mg/kg) ve üçüncü (2.953 mg/kg) en yüksek klorofil içeriğine sahip yağ türleri farklı iki markaya ait zeytinyağı örnekleridir.

Literatürde, ana pigmentlerin konsantrasyonu ve diğer türetilmiş miktarlar (yani lutein ve β-karoten arasındaki oran veya lutein ve minör karotenoidler arasındaki göreceli oran) ile zeytinyağının orijinalliği ve kalitesi arasında ilişki kuran birçok makale ve inceleme bulunmaktadır (Ferreiro-Gonzalez ve ark., 2017; Lazzerini ve ark., 2017).

Ayrıca, birçok çalışma, zeytinyağındaki taşıyıcıları ortaya çıkarmak için pigmentlerin kararlılığının yararlılığını ortaya koymuştur (Aroca-Santos ve ark., 2016; Carranco ve ark., 2018). Çeşitli İtalyan zeytinyağlarının klorofil ve karotenoid miktarlarının araştırıldığı çalışmada doğal sızma zeytin yağları ve sızma zeytin yağı örneklerinin klorofil içerikleri 2.7-13.3 ppm aralığında saptanmıştır (Borello ve Domenici, 2019). En düşük değer sızma zeytin yağı için bulunmuştur. Mevcut çalışmamızda da zeytinyağı örnekleri arasındaki en yüksek değere (4.176 ve 2.953 mg/kg) sahip örnekler doğal sızma zeytinyağlarına aittir

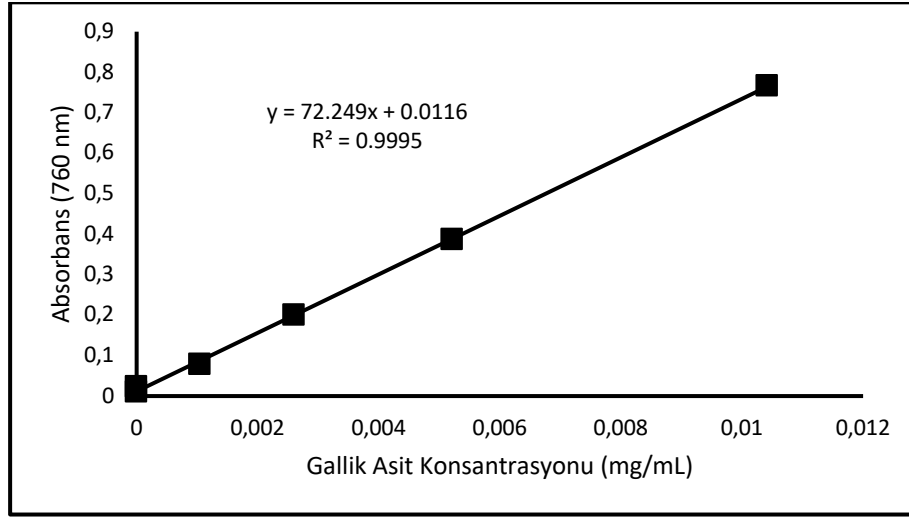
Benzer şekilde yapılan bir çalışmada hasat öncesi zamanı, erken hasat zamanı, normal hasat zamanı ve geç hasat zamanı toplanılan fındıklardan çıkarılan fındık yağının karotenoid miktarları karşılaştırıldığında en yüksek karotenoid içeriğinin erken hasat zamanında toplanılan fındıktan elde edilen yağa ait olduğu ve elde edilen bulgulardan bu değerlerin 1 gram yağ başına 1.53 ila 3.96 mg karotenoid aralığında değiştiği bulunmuştur (Karaosmanoğlu, 2023). Başka bir çalışmada soğuk sıkım kanola yağının karotenoid ve klorofil miktarının zamanla düştüğü bulgusunu elde eden Marcinkowski ve arkadaşlarının (2023) yaptıkları çalışmanın sonuçlarına göre soğuk preslenmiş bitkisel yağların en iyi şekilde güneş ışığından uzakta saklandığı sonucuna varılmıştır.

#### **4.2 Fenolik ve Flavonoid İçeriklerinin Miktarları**

Fenolik bileşikler, bitkisel yağlardaki PUFA'ların oksidatif stabilitesi için önemlidir. Fenolik bileşiklerin toplam serbest içeriği ve bitkisel yağlardaki fenol profili çok çeşitlidir ve yağın kaynağına ve üretim yöntemine bağlıdır. Bu sayede yağlar vücudumuzda üretilen serbest radikalleri temizleyebilen iyi bir fenolik kaynağıdır ve bitkisel yağlarda doğal olarak bulunan birçok bileşenin faydalı özelliklere sahip olduğu gösterilmiştir Bitki kaynaklı tarım tedavisi ve yağ çıkarma teknolojisi nedeniyle asitler, fenolik alkoller, flavonoidler, secoiridoidler, lignanlar ve bunların metabolik türevleri gibi çeşitli fenolik bileşikler tanımlanmıştır ancak biyoaktif ve besin açısından önemli bileşiklerin çoğu, yağın işlenmesi sırasında uzaklaştırılmaktadır (Tian ve ark., 2023).

Antioksidan aktivite belirlemenin ilk adımı olarak yağlar ilk olarak toplam fenolik içerikleri açısından analiz edildi. Bu amaçla bölüm 3.4'de izah edilen işlemlerin gerçekleştirilmesi ile öncelikle gallik asit standart grafiği çizildi (Şekil 4.1) ve bu eğrinin doğru denkleminde yararlanılarak örneklerin 1 gramı içindeki toplam fenolik içerik gallik asit eşdeğeri (mg GAE/g yağ) cinsinden ifade edildi ve çizelge 4.2'de sıralandı. Çizelge dikkatlice incelenirse BY17 ve BY18 olarak kodlanan iki farklı üreticiye ait mısır yağı numunelerinin toplam fenolik içerik değerleri hemen hemen aynı olup 0.60 mg GAE/g yağ kadardır. Test edilen 6 farklı zeytinyağı numunesinin toplam fenolik içerik değerleri de küçük bir aralıkta (0.770-1.061 mg GAE/g yağ) değişkenlik göstermektedir. En yüksek fenolik içerik değeri

(4.096 mgGAE/g yağ) çörek otu yağına ait olup bu değeri ceviz (3.998 mgGAE/g yağ) ve avokado (3.383 mgGAE/g yağ) yağına ait numuneler takip etmektedir.



**Şekil 4.1** Toplam Fenolik İçerik Değerlerinin Hesaplanması İçin Yararlanılan Standart Gallik Asit Kalibrasyon Grafiği

Literatüre göre farklı bitkisel yağlar arasında toplam fenoliklerin seviyesinde, kaynak yağa ve üretim yöntemine bağlı olarak 0.4 mg/kg ile 59 300 mg/kg arasında değişen büyük bir fark olduğu söylenebilir. Hindistan cevizi yağı (59 300 mg/kg), *Torreya grandis* tohumu yağı (12 630 mg/kg), perilla tohumu yağı (11 090), pirinç kepeği yağı (10 220 mg/kg) ve nar çekirdeği yağı (9 000 mg/kg) diğer yağlara göre daha yüksek fenolik içerik sergilemektedirler. Bitkisel yağlardaki geniş fenolik konsantrasyonu aralığı, tohumların çeşitliliği, bölgeler, tarım teknikleri, hasadın olgunluğu, yağın ekstraksiyon, işleme ve depolama yöntemleri dahil olmak üzere bir dizi üretim faktörünün sonucudur. Bitkisel yağlardaki fenolik bileşik türleri de değişkenlik göstermektedir. Kolza tohumu yağındaki ana fenolik bileşik, toplam fenoliklerin %85'ini oluşturan 4-vinilsyringol'dür (kanolol) olup ferulik ve p-kumarik asitler ise daha küçük miktarlarda mevcuttur. Bununla birlikte, kamelya yağında benzoik asit, sinamik asit, hidroksifenil asetik asit ve flavan-3-ol, flavonoller, flavonlar ve dihidroflavonlar dahil olmak üzere 24 fenolik bileşik bulunmuştur ve bunlardan 13 fenolik bileşik ilk kez rapor edilmiştir (Tian ve ark., 2023). Söz konusu literatürde ayçiçeği yağının fenolik içeriği için verilen değerler aralığı 4.8–1920.0 mg/kg iken ceviz yağı için 14.0–26.0 mg/kg'dır. Mevcut tez çalışmasında ise ceviz



yağı örnekleri için hesaplanan fenolik içerik değerleri ayçiçeği yağı örnekleri için hesaplanan değerden yüksektir.

**Çizelge 4.2** Yağ Numunelerinin Toplam Fenolik ve Flavonoid İçerikleri

<b>Kod</b>	<b>Toplam Fenolik İçerik (mgGAE/g yağ)</b>	<b>Toplam Flavonoid İçerik (mgQTE/g yağ)</b>
BY1	0.661±0.043	13.522±2.220
BY2	0.725±0.143	11.961±1.894
BY3	0.191±0.096	12.994±1.672
BY4	1.412±0.110	15.350±4.198
BY5	3.998±0.370	Tespit edilemedi
BY6	3.383±0.200	Tespit edilemedi
BY7	1.173±0.165	14.009±1.565
BY8	0.165±0.066	15.915±1.884
BY9	0.643±0.121	13.242±2.766
BY10	0.781±0.256	4.116±0.918
BY11	2.596±0.158	1.389±0.780
BY12	3.311±0.593	12.176±1.590
BY13	1.793±0.266	6.285±1.056
BY14	4.096±0.132	3.071±2.651
BY15	1.092±0.143	4.448±1.317
BY16	0.588±0.185	6.488±1.440
BY17	0.609±0.254	10.780±1.440
BY18	0.602±0.229	10.117±0.621
BY19	0.082±0.017	9.615±1.145
BY20	0.020±0.007	13.757±2.274
BY21	0.897±0.172	6.240±0.226
BY22	1.061±0.255	9.405±0.799
BY23	0.916±0.132	8.971±1.486
BY24	0.784±0.069	7.826±0.851
BY25	0.770±0.081	9.281±0.772
BY26	1.028±0.060	10.797±1.374
BY27	0.400±0.140	8.000±1.753
BY28	0.750±0.036	9.414±1.963
BY29	0.963±0.161	13.127±2.190
BY30	0.772±0.086	10.342±1.913
BY31	1.040±0.050	6.448±2.419
BY32	1.485±0.100	4.976±3.141
BY33	2.604±0.065	2.338±2.256
BY34	0.874±0.193	12.189±3.216

Bitkilerde antioksidan terimi genellikle basit asitlerden yüksek polimerize bileşiklere kadar değişen geniş bir yelpazedeki flavonoidleri ve fenolik bileşikleri ifade eder. Flavonoidler en yaygın olarak antioksidan aktiviteleriyle bilinir. *Sesamum indicum* tohumu yağındaki flavonoidlerin varlığı onun antioksidan özelliğinin kaynağıdır (Sani ve ark., 2014). Ferhat ve ark., (2017) saf aseton, saf hekzan, saf petrol eteri, saf kloroform, saf metanol ve farklı oranlarda kloroform/metanol karışımları zeytin ezmesinden elde ettikleri prina zeytinyağı örneğinin metanol

ekstraktlarının toplam fenolik ve flavonoid içeriklerini değerlendirmişlerdir. Farklı ekstraksiyon çözücülerine göre 100 g yağ için 1.05-27.66 mg QTE aralığında flavonoid içeriği rapor etmişlerdir. En yüksek değer yağın zeytin ezmesinden metanol ile ekstrakte edildiği halinde saptanırken en düşük değer ise saf kloroform ile hazırlanan ekstraktta bulunmuştur.

Adu ve ark. (2019)'nın yaptıkları derin yağda kızartma sırasında sürekli kullanımın bitkisel yağların doğal antioksidanları üzerine etkisinin incelendiği çalışmada farklı gıdaların kızartıldığı yağlarda değişimin farklı ölçüde olduğu gösterilmiştir. Kör olarak kullanılan markalı yağ örneğinin 100 gramında 102.48 mg kuersetine eşdeğer flavonoid saptanırken, markasız yağ örneğinde bu değer 191.13 mg QTE'dir. Genel kızartma için kullanılan yağ örneklerinin toplam flavonoid içeriği önemli ölçüde azalırken ( $p<0.05$ ), proteinli ürünlerin kızartılması için kullanılan yağ örneklerinde flavonoid içeriği kullanımla birlikte arttı. Hamur işlerinin kızartılmasında kullanılan yağlardaki toplam flavonoid, üç günlük kullanım boyunca önemli bir değişiklik göstermemiş, et ve balığın kızartılmasında kullanılan yağ örneklerindeki flavonoid konsantrasyonunda, hamur işleri ve genel kızartmalar ile kullanılmayan kontrol yağları ile karşılaştırıldığında 3-5 kat artış olmuştur ( $p<0.05$ ).

Bu nedenle gıdaların antioksidan içeriği daha sonraki kullanımlardan etkilenebilir; ve bunların muhafaza edilmesi, büyük ölçüde, kızartılan yiyeceğin özellikleri ve yağın türü gibi koşulların birleşimine bağlı olabilir. Düşük antioksidan değeri olan bitkisel yağ, ateroskleroz, hiperkolesterolemi, kanser ve kardiyovasküler hastalıklar gibi çeşitli beslenme ve metabolik bozukluklarla ilişkili olabilir. Bu olası sağlık etkilerini önlemek için yağların uzun süre kullanılmaması önerilir. Bu nedenle, hem evde hem de ticari gıda satış noktalarında yeniden kullanılan yağlarla üretilen gıdaların ve gıda ürünlerinin tüketilmesinin olumsuz etkisi, büyük endişe ve farkındalık gerektirmektedir (Adu ve ark., 2019).

Japonya'da Pazarlanan Ticari Bitkisel Yemeklik Yağların Kimyasal Profillerine, Antioksidan ve Antimikrobiyal Aktivitelerine Genel Bir Bakış başlıklı araştırma makalesinde 14 yenilebilir yağ ekstraktı incelenmiş ve rutin eşdeğeri olarak hesaplanan en yüksek flavonoid içerik değerleri sırasıyla inka fıstığı, susam ve

avokado yağları için hesaplanmış olup soya fasulyesi, aspir ve pamuk yağları için de en düşük değerler rapor edilmiştir (Xuan ve ark., 2018). Aynı çalışmada GA cinsinden en yüksek fenolik içerik değerleri ise keten, Perilartin ve pirinç kepeği yağları için, en düşük fenolik içerik değerleri ise aspir, kanola ve soya fasulyesi yağları için kaydedilmiştir. Mevcut çalışmada en yüksek flavonoid içerik değeri keten tohumu, ceviz ve avokado yağları için, en düşük (hesaplanamayanlar hariç tutulmuştur) flavonoid içerik miktarı ise aspir, susam ve çörekotu yağ örnekleri için hesaplanmıştır.

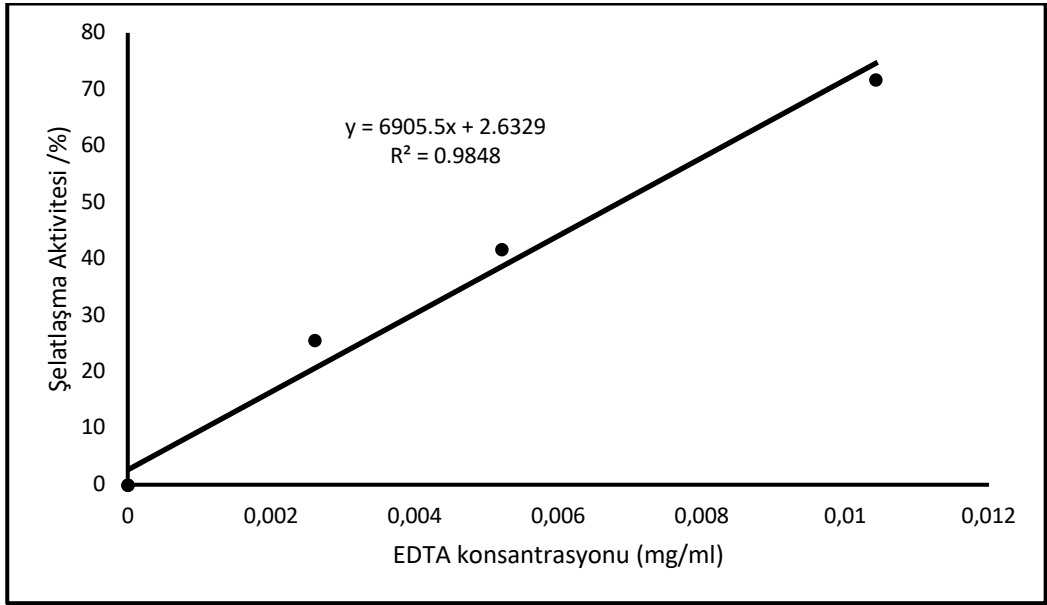
### 4.3 Antioksidan Aktivite

Antioksidanlar birincil ve ikincil antioksidanlar olarak iki gruba ayrılır. Bitkilerden izole edilen doğal fenolik bileşikler sıklıkla birincil antioksidanlar olarak kabul edilir. Bu fenolik bileşikler ortama elektron vererek radikalleri temizler. Bitki fenolikleri ortama elektron vererek radikal reaksiyonu durdurmanın yanı sıra ortama hidrojen radikalleri vererek de radikal reaksiyonunu durdurur. Bitki fenoliklerinin bir başka rolü de radikalik reaksiyonu hızlandıran singlet oksijeni temizlemektir. Bazı fenolik bileşikler, metalleri bağlamak için şelatlayıcı kapasitesine sahip oldukları ve Fenton reaksiyonu yoluyla hidroksil radikalinin oluşumuna neden oldukları için ikincil antioksidanlar olarak düşünülebilir. Flavonoidlerin farklı ikame lokasyonları ve elektron konjugasyon yetenekleri bu bileşiklerin şelatlayıcı ve radikal süpürücü aktiviteler göstermesini sağlar (Yener ve ark., 2020).

Demirin insan yaşamı için önemli olduğu bilinir. Demir eksikliği anemisi, tıp mesleğinde birkaç yüzyıldır bilinen yaygın bir durum olmasına rağmen aşırı demir yükünün nadir olduğuna inanılmaktadır. Aşırı demir yükü, toplam vücut demirinde genellikle 5 g'ı aşan bir artıştır. Vücut demirinin normal seviyeleri erkeklerde 50-60 mg/kg, kadınlarda 35-40 mg/kg arasında değişirken çocuklarda ve genç kadınlarda çok düşüktür. Aşırı demir yüküyle ilgili veya ilişkili hastalıklar, kalıtsal hemokromatoz,  $\beta$ -talasemi, fibrozis, iroz ve kanserle örneklenebilir. Demir katalizli oksidatif stresin, aşırı demir yükünde organ fonksiyon bozukluğunun patogenezinde rol oynayan ana mekanizma olduğuna inanılmaktadır. Biyolojik sistemlerde, demir tarafından indüklenen ROT'nin, demirin enzimatik ve/veya enzimatik olmayan şekilde Haber-Weiss ve Fenton reaksiyonları aracılığıyla üretilen süperoksit ve/veya

hidrojen peroksit ile etkileşiminden kaynaklandığı kabul edilir bir gerçektir (Huang ve ark., 2002).

Gıdalardaki geçiş metalleri arasında demir, yüksek reaktivitesinden dolayı en önemli pro-oksidan olarak bilinmektedir ve bu nedenle lipit peroksidasyonunun baskılanması sırasında istenmeyen bir durumdur. Demirin ferröz durumu, hidrojen peroksidi hidroksil radikallerine ayrıştırarak lipit peroksidasyonunu hızlandırır, bu da lipit peroksidasyonunu başlatabilir, ayrıca alkoksi ve peroksi radikallerinin üretimini takiben lipit hidroperoksitlerin parçalanmasını uyarabilir.  $Fe^{3+}$  iyonu ayrıca peroksitlerden radikaller üretir, ancak bu oran  $Fe^{2+}$  iyonundan on kat daha azdır. Bu nedenle, gıdalarda, polifenollerde ve diğerlerinde şelatlayıcı bileşenlerin varlığı, geçiş metallerinin etkisine bağlı olarak lipitlerin katalitik oksidasyonu sırasında radikal oluşumunun başlamasının baskılanmasıyla sonuçlanır (Sakaç ve ark., 2008).



**Şekil 4.2** EDTA'nın Farklı Derişimlerine Karşılık Gelen Şelatlaşma Potansiyeline Karşı Çizilen Grafik

Genellikle güvenli olarak kabul edilen bir reaktif olan etilendiamintetraasetik asit (EDTA), metal iyonlarını ayırma yeteneğinden dolayı kozmetik ve gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Yang ve ark., 2023). Şelatlaşma potansiyeli denemesinde pozitif kontrol olarak kullanılan EDTA'nın farklı derişimlerde mevcudiyetine göre renk şiddetinde azalma meydana gelmektedir. EDTA'nın farklı miktarları kullanılarak yapılan deneme sonucunda şelatlaşma potansiyelinin konsantrasyona bağımlı olduğu şekil 4.2'de görülmektedir. Örneklerin

de farklı konsantrasyonları için ön denemeler yapılmış ve çizelgede \* ile gösterilenler dışındakiler 5 mg/ml ekstrakt konsantrasyonu için elde edilen şelatlaşma yüzdeleri iken, \* ile gösterilenler ise daha etkin olmaları sebebiyle 1 mg/ml ekstrakt konsantrasyonu için elde edilen değerlerdir. Çizelge aynı yağ türünün farklı markadan temin edilmiş örnekleri arasındaki ilişki açısından incelenirse özellikle çörekotu ve mısır yağlarının hemen hemen kendi aralarında yakın değerler verdiği görülmektedir. Diğer türlerde dikkat çeken farklılıklar söz konusudur. En yüksek şelatlaşma potansiyeli ceviz yağı örneklerinden birine aittir. Söz konusu örneğin fenolik içeriği de diğer örnekler arasında belirgin olarak yüksektir. Fenolik bileşiklerin metal şelatlama potansiyeli, bunların benzersiz fenolik yapısına ve hidroksil gruplarının sayısına ve konumuna bağlıdır. Buna karşılık metal şelasyonunun bazı polifenollerin genel antioksidan aktivitesinde küçük bir rol oynadığını iddia edildiği durumlarda vardır. Şekil 4.2'deki grafiğin doğru denkleminde yapılan hesaplama ile EDTA'nın 0.007 mg/mL'lik kısmının ortamdaki demirin yarısını bağlayabilme potansiyeli olduğunu göstermektedir. Bu değer yağ örnekleri için elde edilen değerlere nazaran çok daha etkili bir değer olduğu açıkça görülmektedir.

Mısır, anason, hardal tohumu, çemen otu ve haşhaş tohumu yağlarının da şelatlaşma potansiyelinin konsantrasyona bağlı olarak yükselme gösterdiği rapor edilmiştir (Ishtiaque ve ark., 2013). Kendisi çok fazla oksidasyona maruz kalan bir besin türü olan yenilebilir yağların elde edildiği bitki türüne göre şelatlaşma potansiyeli göstererek kendini koruma potansiyeli olması ticari açıdan çok önemlidir.

Tüm yağ örneklerinin  $Fe^{2+}$  ile şelat oluşturma ve DPPH radikalini süpürme aktivitesi çizelge 4.3'te gösterilmiştir. Karşılaştırmak amacıyla test edilen farklı tür ambalaja sahip aynı marka iki fındık yağının (BY1 ve BY2) DPPH radikallerini süpürme aktivitesi aynı derecede (% 6.853 ve % 6.695) bulunmuştur. Farklı marka olmasına rağmen seçilen iki aspir yağı örneğinin (BY10 ve BY11) de DPPH radikallerini süpürme derecesi (% 13.111 ve % 17.223) neredeyse benzerdir. Aynı şekilde tüm zeytinyağı (BY21-26) örneklerinin DPPH radikalini süpürme aktiviteleri dar bir aralıkta (5.584-7.831) değişiklik göstermektedir. Seçilen iki ayçiçeği yağı örneğinin (BY27-BY28) de radikal süpürme aktiviteleri hem birbirlerine hem de

zeytinyağlarının aktivitelerine hemen hemen eşdeğerdir. En yüksek DPPH radikali süpürme etkinliği sırasıyla 3 farklı markadan temin edilmiş olan çörekotu yağına aittir. En düşük % 0.611 en yüksek 94.517 olmak üzere geniş bir aralıkta değişen bu aktivite değerleri yağ ekstraktlarının 5 mg/ml'lik kısımları için hesaplanmıştır. Aynı şartlarda askorbik asidin 0.8 µg/ml'lik kısmı için DPPH radikal süpürme aktivitesi % 10.665±0.193 olarak hesaplanmıştır.

Farklı üretim özelliklerine sahip sızma zeytinyağlarının DPPH radikal süpürme aktiviteleri incelenmiş ve IC<sub>50</sub> değerleri 27.9-156 mg yağ aralığında değişkenlik göstermiştir (Lavelli, 2002). Aralarında rafine edilmiş ve edilmemiş olanların da varolduğu aynı partiden ikişer örnek olarak seçilen Hindistancevizi, ayçiçek, pirinç kepeği, susam, yer fıstığı ve hardal yağlarının DPPH radikal süpürme aktiviteleri incelenmiş ve en yüksek aktivite 229.76 µg/µl IC<sub>50</sub> değeri ile Hindistan cevizi yağına ait olarak bulunmuştur. Hindistan cevizi yağının bu etkinliğini yer fıstığı, hardal yağı, pirinç kepeği, susam ve ayçiçek yağı için hesaplanan değerler takip etmiştir. Ayrıca rafine edilmeyen yağların rafine edilenlere göre daha etkin olduğunu ve DPPH radikalini süpürme aktivitelerinin toplam fenolik içerik değerleri ile orantılı olarak değişkenlik gösterdiği sonucu vurgulanmıştır (Janu ve ark., 2013). Ancak mevcut çalışmanın bulguları için toplam fenolik içerik değerleri ile DPPH radikali süpürme aktivitesi arasında bu denli yüksek bir korelasyondan söz etmek mümkün değildir. Bahsedilen iki parametre arasında R<sup>2</sup> değeri 0.2633'tür. Aynı şekilde toplam flavonoid içeriği de DPPH radikali süpürme aktivitesiyle korelasyon göstermemiştir.

Üç farklı kabak türünün (*Cucurbita maxima*; *Cucurbita moschata* ve *Cucurbita pepo*) çekirdek yağları DPPH radikalini süpürme aktivitesi yönünden incelendiğinde IC<sub>50</sub> değeri olarak kaydedilen değerler (126.20 ± 20.44; 396.95 ± 12.73; 586.47 ± 15.73 µg/ml) arasında istatistiksel olarak fark olduğu bildirilmiştir (Boujemaa ve ark., 2020). Mevcut çalışmada kabak çekirdeği yağlarının 5 mg/ml'lik kısımları için elde edilen değerler % 13.111 ve 17.223 olarak hesaplanmış olup litetatürden verilen örneğe göre daha düşük aktivite göstermiştir.

**Çizelge 4.3** Yağ Numunelerinin Fe<sup>2+</sup> ile Şelat Oluşturma (%) ve DPPH Radikalini Süpürme (%) ve Lipid Peroksidasyonu Önleme (%) Aktiviteleri

Kod	Şelat Oluşturma Potansiyelleri (%)	DPPH Radikal Süpürme Aktivitesi (%)	Lipid Peroksidasyonu Önleme Aktivitesi (%)
BY1	86.205±28.236	6.853±0.000	2.366±0.641
BY2	28.665±15.860	6.695±0.719	4.369±0.053
BY3	12.815±2.222	2.610±0.382	2.032±0.531
BY4	25.861±6.372*	3.099±0.645	1.208±0.356
BY5	69.115±8.035*	15.316±0.806	Tespit edilemedi
BY6	38.745±2.567*	4.291±0.516	3.390±0.285
BY7	16.202±5.388*	11.798±1.032	0.139±0.023
BY8	32.027±11.122	13.707±1.078	1.429±0.054
BY9	45.685±1.297	7.759±0.498	Tespit edilemedi
BY10	27.623±2.366*	13.111±0.819	0.822±0.274
BY11	85.041±4.480	17.223±2.167	0.860±0.644
BY12	34.838±3.043	94.517±0.450	0.455±0.063
BY13	27.956±4.100	69.368±1.149	0.284±0.044
BY14	45.307±3.509	46.600±5.746	3.522±0.115
BY15	26.288±3.096*	24.553±1.251	Tespit edilemedi
BY16	49.020±14.715	15.018±1.661	Tespit edilemedi
BY17	15.355±3.495*	6.635±0.332	1.720±0.057
BY18	15.412±2.828*	11.312±0.558	4.795±0.569
BY19	35.327±3.687	0.800±0.698	0.054±0.002
BY20	6.135±2.523	0.611±0.074	1.363±0.417
BY21	74.002±0.610	6.853±0.724	Tespit edilemedi
BY22	37.654±7.723	7.397±0.981	Tespit edilemedi
BY23	27.770±7.971	7.324±0.188	Tespit edilemedi
BY24	56.003±9.786	7.294±0.654	12.363±3.256
BY25	45.034±11.372*	5.584±0.217	Tespit edilemedi
BY26	19.764±3.338*	7.831±0.454	Tespit edilemedi
BY27	42.887±7.311	7.116±1.098	0.624±0.403
BY28	20.501±8.552*	6.861±0.940	Tespit edilemedi
BY29	78.414±0.146	5.366±0.218	1.017±0.863
BY30	48.232±21.314	11.402±0.263	4.457±0.972
BY31	32.695±2.419	23.334±0.717	3.955±0.320
BY32	40.962±4.974*	4.442±1.147	6.503±1.340
BY33	54.173±3.438	9.480±0.320	3.377±1.735
BY34	21.266±5.432	13.656±1.091	7.119±1.278

Süperkritik karbon dioksit ekstraksiyonu (SCB), soğuk presleme (CP), heksan ekstraksiyonu (HE) ve subkritik bütan ekstraksiyonu (SBE) yöntemleriyle elde edilmiş olan ceviz yağlarının DPPH radikali süpürme etkinliği troloks eşdeğeri (TE) olarak kilogram başına 32.27-38.02 µmol TE olacak şekilde hesaplanmıştır. En yüksek değer soğuk presleme ile elde edilen yağa aittir. Ekstraksiyon yönteminin ekstrakte edilen sekonder metabolitlerin türüne ve miktarına dolayısıyla antioksidan aktiviteye etkisinin güzel bir göstergesidir (Ma ve ark., 2024). Ma ve ark. (2024)'nın yaptığı çalışmada da polifenol içeriği ile DPPH radikal süpürme aktivitesi arasında

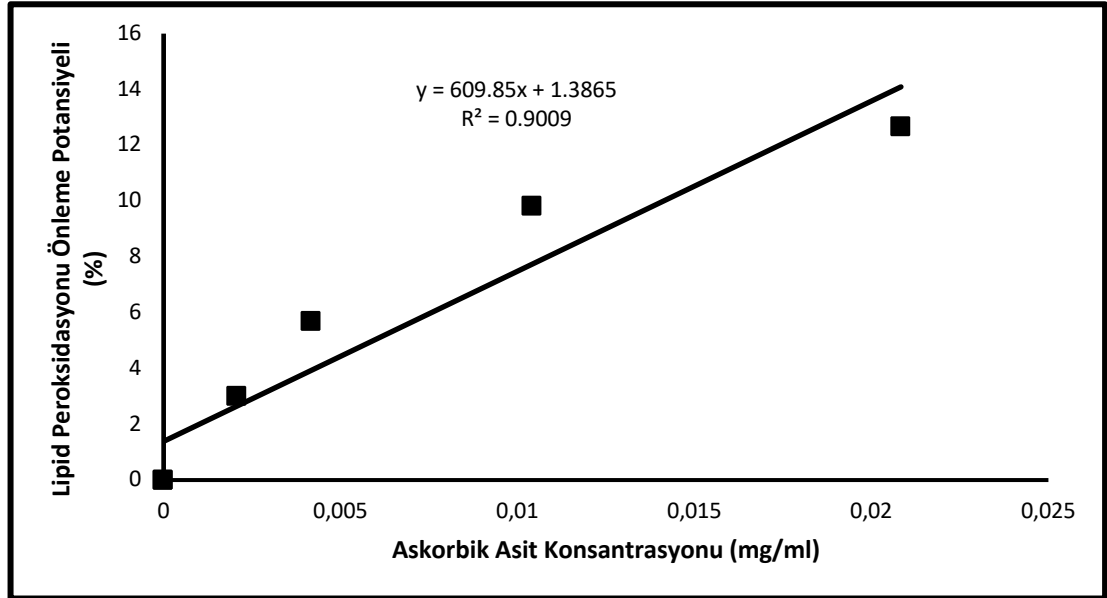
korelasyon mevcut çalışmadaki ile benzer derecede olup düşüktür. Bunun sonucu olarak farklı yöntemlerle ölçülen antioksidan aktivite değerleri arasındaki farklılıkların ölçüm yöntemlerindeki farklılıklara atfedilebileceğini belirtmişlerdir.

Lipid peroksidasyonu (LP), ilk olarak 20. yüzyılın başlarında araştırılan, havaya maruz kalan lipidlerin moleküler oksijeni almasından oluşan karmaşık bir olgu olup ferroptozis ile etkileşimi ve proteinler gibi diğer biyomoleküllere sekonder hasardaki rolü nedeniyle biyolojik sistemlerdeki en önemli oksidatif-radikal hasar türüdür. Lipid peroksidasyonu hidrokarbon otooksidasyonunun bir örneğidir. Temel haldeki (üçlü) oksijenle doğrudan reaksiyon spin kısıtlı ve gerçekleşmesi çok yavaşken, hidrokarbonların (veya lipidlerin) oksijen tarafından hidroperoksitlere ve daha fazla oksitlenmiş ürüne dönüştürülmesi, peroksil radikallerinin (ROO•) aracılığı ile hızlı ve etkili bir şekilde gerçekleşir; bu, gıda veya canlı organizmalar gibi herhangi bir kimyasal sistemdeki çok sayıda olay tarafından tetiklenebilen bir zincirleme reaksiyondur ve antioksidanlar tarafından engellenebilir veya önlenir. Son 70 yıldır yapılan kapsamlı araştırmalar lipid peroksidasyonunun arteriyoskleroz ve kardiyovasküler hastalıklardan nörolojik bozukluklara ve kansere kadar etkileyici sayıda patolojik durumla ilişkisini göstermiştir. Yine de lipid peroksidasyonuna olan ilgi, 2012'de ferroptozun LP tarafından yönlendirilen ve özellikle çeşitli dejeneratif hastalıkların patofizyolojisiyle bağlantılı yeni bir programlanmış hücre ölümü biçimi olarak resmen tanınmasının ardından son zamanlarda artış göstermiştir. Antioksidanların ferroptozu etkili bir şekilde engelleyebileceği ve antioksidanların veya pro-oksidan moleküllerin onu düzenlemek için kullanılabileceği ve bağlantılı patolojiler üzerinde bir kontrol vaat ettiği gözlemlenmiştir.

Radikaller ve ROT tarafından membran lipidlerine verilen hasar, biyolojik sistemlerdeki belki de en önemli oksidatif/radikal hasar türüdür; yalnızca lipidlerin radikal saldırılara karşı duyarlılığı ve bu tür hasarı izlemek için yaygın olarak kullanılan biyobelirteçlerin çoğunu üretmesi nedeniyle değil, aynı zamanda bu tür biyobelirteçlerin (LP ikincil ürünleri) toksisiteleri ve proteinler gibi diğer biyomolekülleri değiştirme kabiliyetleri nedeniyle hasarın kendisinin de başlıca etkilileri olması nedeniyle de önemlidir (Valgimigli, 2023).



Bu derece önemli bir parametre olması sebebiyle günlük diyetimizin bir parçası olan bitkisel yağların lipid peroksidasyonunu önleyebilme potansiyelleri incelendiğinde 34 yağ örneğinin 9'u için hesaplanabilir bir ölçüm elde edilmemekle birlikte ölçülebilir değerler hindistan cevizi yağ örneklerimizden biri için olmak üzere % 0.054 ile zeytinyağı örneklerimizden biri için elde edilen %12.363 değerleri arasında değişkenlik göstermektedir. Diğer en yüksek değerler susam yağı, kanola yağı ve mısır yağı örnekleri için elde edilmiştir. Susam yağının şelat oluşturma potansiyeli açısından da dikkat çekici olduğu hatırlatılmalıdır. Aynı deneme koşullarında standart antioksidan askorbik asidin de değişen konsantrasyonları lipid peroksidasyonunu önleme potansiyeli açısından incelendiğinde konsantrasyona bağımlı bir artış gözlenmiştir (Şekil 4.3).



**Şekil 4.3** Askorbik asidin konsantrasyona bağımlı lipid peroksidasyonu inhibe edebilme potansiyelinin değişim grafiği

Saflaştırılmış ve saflaştırılmamış ayçiçeği yağlarının 60 °C'de peroksidasyonu sırasında lipid hidroperoksitlerin (LOOH) ve karbonil bileşiklerinin (LCO) konsantrasyonundaki değişimin kinetiğinin eş zamanlı olarak incelendiği çalışmada yağ örneklerinin, tipik sonlanma fazına ulaşmadan önce dört alternatif başlatma ve yayılma fazından oluşan iki farklı peroksidasyon adımı sergilediği gözlemlenmiştir (Khabbaz ve ark., 2023).

Lipid oksidasyonu, çoklu doymamışlığa sahip lipid molekülleri içeren bitkisel yağlarda meydana gelen ana bozulma sürecidir. Bu sürecin birincil oksidasyon

ürünleri olan hidroperoksitler oldukça kararsızdır ve aldehitler, ketonlar ve laktonlar gibi ikincil ürünlere kolayca dönüştürülürler. Lipid oksidasyonunun serbest radikal zincir mekanizması yoluyla meydana geldiğine inanılmaktadır. Yağlara veya yağlara eklenen antioksidanlar, bu mekanizmanın lipid radikal ara maddelerine hidrojen bağışlayarak oksidasyon sürecini engeller veya geciktirir. BHA, BHT veya TBHQ gibi sentetik antioksidanların lipid oksidasyon inhibitörleri olarak etkili olduğu bulunmuştur ve yakın zamana kadar oksidasyonu önlemek için kullanılmıştır. Ancak, potansiyel olarak kanserojen olan BHA ve TBHQ gibi sentetik antioksidanlar hakkındaki sağlık endişeleri bu tür sentetik bileşiklerin doğal muadillerinin araştırılmasını gerektirmiştir. Ayçiçek yağı, yaklaşık %40-70 oranında yüksek linoleik asit içeriğiyle, Türkiye'de yaygın olarak kullanılan pişirme ve kızartma yağlarının başında gelir. Yüksek linoleik asit içeriği ve linoleik asidin moleküler yapısında bulunan iki çift bağ nedeniyle kolayca okside olmaya duyarlı olması nedeniyle, yukarıda belirtilen sentetik olanların olası toksik ve kanserojen etkilerine karşı, tercihen doğal kökenli antioksidan maddelerle takviye edilerek ayçiçeği yağının stabilize edilmesi gerekir (Erkan ve ark., 2012).

Mevcut tez çalışmasında hindistan cevizi yağı örnekleri için oldukça düşük lipid peroksidasyonu inhiye edebilme potansiyelleri bulunmuş olmasına rağmen literatürde şöyle bir bilgi söz konusudur. Hindistan cevizi yağı oksidasyona karşı çok dayanıklıdır ve bu nedenle peroksit oluşumuna eğilimli değildir. Bu nedenle, hindistan cevizi yağının diğer oksidasyona duyarlı bitkisel yağlara dahil edilmesi karışımların stabilitesini artırır. Hindistan cevizi yağı tüketicileri tarafından yemek pişirmede uzun süreli hindistan cevizi yağı kullanımı, diyetlerinin diğer bitkisel yağlarda bulunan PUFA, MUFA ve doğal antioksidanlar açısından yetersiz olmasına neden olur. Öte yandan, hindistan cevizi yağı tüketmeyen tüketiciler, hindistan cevizi yağında bulunan orta zincirli yağ asidi (MCT)'nin sağlık yararlarından ve oksidatif kararlılığından mahrum kalmaktadır. Ayrıca, hindistan cevizi yağı pahalı bir yağdır ve diğer düşük maliyetli bitkisel yağlarla karıştırıldığında daha düşük maliyetli hindistan cevizi yağı karışımları elde edilmiş olunacaktır (Bhatnagar ve ark., 2009).

Kızartma sıcaklığında bitkisel yağların oksidatif kararlılığının karşılaştırıldığı çalışmanın sonuçlarına göre mısır yağının soya fasulyesi yağından daha kararlı ve kolza yağının zeytinyağından daha kararlı olduğu görülmüştür. Ayrıca rafine

edilmemiş yağların yüksek sıcaklıkta rafine edilmiş yağlardan daha iyi bir kararlılığa sahip olduğu gözlemlenmiştir (Gertz ve ark., 2000). Mevcut tez çalışması sonuçlarında da kanola ve mısır yağı örnekleri için yüksek inhibisyon değerleri gözlenmesi literatürdeki bu bulgu ile uyum sergilemektedir.

#### **4.4 Enzim İnhibisyon Potansiyelleri**

2006 yılında Scarmeas ve ark. Kuzey Manhattan, New York City'deki çok etnik gruptan oluşan bir toplulukta gözlemsel bir çalışma gerçekleştirmişler ve Akdeniz diyetine daha fazla bağlılığın, Alzheimer hastalığının gelişme riskinin önemli ölçüde daha düşük olmasıyla ilişkili olduğunu göstermişlerdir. Diyete yüksek oranda uyum sağlayan deneklerde AH gelişme riski %39 ila %40 daha azdır. Yazarlar, Akdeniz diyetindeki kompleks fenollerin antioksidan özelliklerinin Alzheimer hastalarında meydana gelen oksidatif stresi ve inflamasyonu, özellikle de kusurlu insülin sinyali ve yağlanma ile ilişkili olduğunda azaltabileceğini öne sürdüler.

Geleneksel Akdeniz diyeti, mevsim meyveleri ve sebzeleri, baklagiller, sert kabuklu yemişler, tam tahıllı tahıllar, orta porsiyon yağlı balık ve beyaz peynir ve yoğurt gibi fermente süt ürünleri açısından zengin, kırmızı eti ise çok düşük oranda içeren beyaz etler ve yumurtalar için serbest bırakılan bitki bazlı bir diyettir. Tüm Akdeniz ülkelerinde tutarlı olan Akdeniz diyetinin en önemli bileşenlerinden biri, ana yağ olarak bol miktarda tüketilen sızma zeytinyağıdır. Artık Akdeniz diyetinin kronik hastalıkların önlenmesinde önemli olduğu konusunda yaygın bir fikir birliği vardır ve bu, dünya çapında kronik hastalıklara yönelik birçok beslenme kılavuzunda yansıtılmaktadır, ancak, diyet kılavuzlarında sızma zeytinyağı gibi sağlıklı yağları diğer katı ve sıvı yağlardan ayırmaya çok az odaklanılmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri sağlık kuruluşlarının mevcut beslenme kılavuzları ve Birleşik Krallık, İrlanda ve Avustralya'daki çoğu beslenme kılavuzu, diyet yağlarının sağlığa faydası veya olası zararı arasında ayırım yapmamaktadır. Tohum yağları (mısır, keten tohumu, aspir, soya fasulyesi ve ayçiçeği), hastalık süreçlerini başlatma ve ilerletme potansiyeline sahip olan yüksek çoklu doymamış yağ içeriği nedeniyle kolaylıkla oksitlenebilir. Esas olarak tekli doymamış veya doymuş yağlardan oluşan yağların oksitlenme olasılığı daha düşüktür, ancak sağlıklı olan zarar-fayda ilişkileri her bir

yağa bağılı olacaktır (Flynn ve ark., 2023). Bu sebeple mevcut çalışmada zeytinyağı örneklerimizde dahil olmak üzere tüm bitkisel yağ örneklerimizin kolinstreaz enzimlerini inhibe edebilme potansiyelleri araştırılmıştır. En yüksek inhibisyon etkisinin ceviz yağı (%71), çörek otu yağı (%71), susam yağı (%70) ve Hindistan cevizi yağı (%55) durumunda gözlenmiştir.

Ayçiçek yağları oldukça değişik etkinlik gösterirken, bir markaya ait zeytin yağı örneğimizde aynı derecede düşük aktivite göstermiştir. Benzer şekilde fındık yağı örneklerimizden birine ait aktivite değeri de diğer ikisine nazaran oldukça düşüktür (Çizelge 4.4).

Reaktif oksijen türleri ve reaktif nitrojen türleri, hem normal hem de anormal fizyolojik aktivitelerin yan ürünleridir. ROT ile nöronal etkileşim, lipid peroksidasyonu ve moleküler apoptoz gibi süreçleri indükleyebilir. Ayrıca, metal iyonlarının katılımı hastalığın patogeneğinde çok önemlidir ve Alzheimer hastalarında metal iyon seviyelerinde dalgalanmalar gözlemlenmiştir. Metal iyonlarının dinamik dengesindeki değişiklikler, Alzheimer hastalarında A $\beta$  birikimi ve tau proteinlerinin birikmesiyle yakından bağlantılıdır. Araştırmalar AH'li bireylerin beyinlerinde bakır ve demir metal iyonlarının biriktiğini göstermektedir. AH ile ilişkili şelatlayıcı metal iyonları, metal kaynaklı oksidatif stresi azaltarak, A $\beta$  peptidlerinin metalle tetiklenen toplanmasını engelleyerek ve potansiyel olarak nörotoksisiteyi düzenleyerek umut verici bir terapötik yaklaşım sunar. Bu odaklanmış strateji, AH tedavisi için daha kesin bir yöntem sunar ve tipik olarak geniş spektrumlu tedavilerle bağlantılı olumsuz etkileri potansiyel olarak azaltır. AH patolojisinde yer alan metal iyonlarına seçici bağlanma yoluyla şelatörler, hedef dışı etkileri ve olumsuz reaksiyonları en aza indirme potansiyeline sahiptir ve böylece tedavinin güvenlik profilini artırır. Bu hedefe yönelik yaklaşım yalnızca terapötik etkinliği arttırmakla kalmaz, aynı zamanda daha az spesifik tedavilerle sıklıkla ilişkilendirilen istenmeyen sonuçların olasılığını da azaltır. Metal şelasyon tedavisi, AH'nin tedavisinde hedefe yönelik bir yaklaşım olarak önemli umut vaat etmektedir (Mazur ve ark., 2024).

**Çizelge 4.4:** Yağ Numunelerinin 2 mg/ml'lik Kısımlarının Anti-Kolinesteraz Aktiviteleri (%)

<b>Kod</b>	<b>Asetil kolinesteraz İnhibisyonu (%)</b>	<b>Butiril Kolinesteraz İnhibisyonu (%)</b>
BY1	13.542±3.830	3.944±1.952
BY2	14.052±7.407	Tespit edilemedi
BY3	6.347±0.787	13.978±6.623
BY4	12.083±6.776	6.354±1.200
BY5	71.036±22.563	83.008±5.338
BY6	34.861±4.798	76.598±5.631
BY7	5.503±5.764	Tespit edilemedi
BY8	Tespit edilemedi	9.086±7.183
BY9	17.520±7.418	3.386±3.099
BY10	31.736±1.147	67.967±7.034
BY11	19.048±4.277	82.370±1.229
BY12	71.010±21.098	69.205±8.976
BY13	37.535±12.907	48.989±7.749
BY14	62.658±15.180	76.328±9.639
BY15	10.714±2.918	5.924±2.709
BY16	14.852±1.435	6.669±1.354
BY17	11.219±1.560	5.710±3.870
BY18	11.219±2.265	4.482±2.958
BY19	52.784±11.040	2.390±1.352
BY20	55.679±12.567	4.482±1.985
BY21	21.888±1.821	5.059±1.720
BY22	32.647±9.770	10.762±5.222
BY23	31.044±5.514	13.292±8.455
BY24	27.682±3.796	21.753±0.304
BY25	8.584±1.703	4.687±2.578
BY26	31.518±13.888	3.363±1.429
BY27	6.435±5.637	7.227±1.400
BY28	7.712±3.871	5.634±1.121
BY29	16.595±6.895	14.240±0.607
BY30	10.562±7.047	5.986±1.200
BY31	40.822±3.775	16.279±1.670
BY32	59.682±4.034	72.990±1.720
BY33	70.495±3.000	79.024±6.466
BY34	19.699±2.109	Tespit edilemedi

Butirilkolinesteraz, asetilkolinesteraza benzer şekilde esteraz, aril açilamidaz ve peptidaz (proteaz) aktiviteleri olmak üzere üç farklı enzimatik aktiviteye sahiptir. Asetilkolinesterazın kolinerjik sinir iletimindeki rolü tamamen anlaşılmış olmasına karşın, butirilkolinesterazın gerçek fizyolojik işlevi halen bilinmemektedir. Her iki enzim farklı doku dağılımları gösteren benzer moleküler formlara sahiptir. Butirilkolinesterazın esteraz aktivitesi, organofosfat ve karbamat yapılı inhibitörlerin

asetilkolinesteraza ulaşmadan dolaşımdan temizlenmesinde, asetilkolinesteraz yoksunluğunda kolinerjik sinir iletiminin kontrolünde ve kokain, aspirin, amitriptilin gibi bazı ilaçların inaktivasyonu veya bambuterol, heroin gibi bazı ilaçların ise aktivasyonunda önem kazanmaktadır. Enzimin aril açilamidaz aktivitesinin ise seratonerjik ve kolinerjik sinir iletimi sistemleri arasında iletişim sağlama işlevi olduğu ileri sürülmektedir. Ek olarak, enzimin peptidaz veya proteaz aktivitesinin Alzheimer hastalığının gelişmesi ve ilerlemesinde işlevi vardır. Butirilkolinesteraz bu hastalıkta  $\beta$ -amyloid proteinin üretimine ve proteinin  $\beta$ -amyloid plaklara difüzyonuna neden olmaktadır (Çokuğraş ve ark., 2003). Bu nedenle doğal kaynakların asetilkolin esterazı inhibe edebilmeleri kadar butirilkolin esterazı da inhibe edebiliyor olmaları önemlidir. Galantamin standardında da olduğu gibi genelde aynı örneğin butirilkolinesteraz inhibisyonu asetilkolinesteraz inhibisyonuna göre daha düşük olması beklenirken çalışmada en etkin butirilkolinesteraz inhibisyonu gösteren ceviz yağı ve aspir yağı örneklerinin asetilkolinesteraz enzimini inhibe edebilme yüzdeleri daha düşük değerdedir (Çizelge 4.4). Galantamin için elde edilen değerler ise şu şekildedir: 0.625  $\mu\text{g/ml}$  derişimdeki galantaminin asetilkolinesteraz enzimi inhibe etme oranı %86.547 iken butiril kolinesterazı inhibe etme oranı %60.580'dir.

Mevcut tez çalışmasında hem  $\text{Fe}^{2+}$  ile şelat oluşturma hem de asetilkolinesteraz inhibisyonunu önleme potansiyelleri birlikte incelediğinde korelasyon söz konusu değildir. Ancak bu bir avantaj olabilir. Şelat oluşturma potansiyelinde etkin olan yağ türleri (aspir, susam, zeytinyağı) farklı bir mekanizma ile farklı açıdan Alzheimer hastalığının gelişimine mani olabilirler.

Susam yağının Alzheimer hastalığının sıçan modelinde hafıza bozukluğunu, oksidatif stresi ve nörodejenerasyonu azalttığına ilişkin bulgular literatürde de vardır (Eman ve ark., 2021).

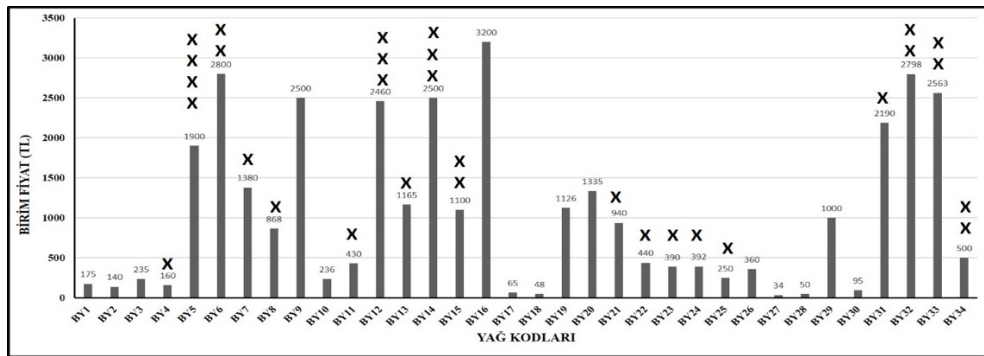
Orta zincirli yağ asitleri ile zenginleştirilmiş hindistancevizi yağının benzersiz kimyasal bileşimi, bu besleyici ve tedavi edici etkilerin araştırılmasına yol açmıştır. Uzun zincirli yağ asitlerinin (LCFA'lar) aksine, MCT'lerin sindiriminden üretilen MCFA'lar, lenfatik sistemi atlayıp portal damar yoluyla doğrudan karaciğere girdiğinden metabolizma için spesifik bir yola sahiptir. Emilim ve metabolizmadaki

bu gibi farklı özellikler nedeniyle MCT'ler, diğer trigliseritlere göre kolaylıkla keton cisimleri oluşturma kapasitesine sahiptir. Bu keton cisimleri, özellikle AH gibi bilişsel bozuklukları olan beyinler için yetkin bir enerji kaynağıdır. MCT içeren diyetlerin vasküler hastalıklara göre avantajları nedeniyle insan sağlığı açısından güvenli olduğu düşünülmektedir. MCT'nin lipid metabolizmasına katkısı bu yararları ima eder ve MCT'nin etkisini AH patolojisi ile ilişkilendirir. Bu nedenle, MCT'nin emilimi, metabolizması ve sindirimindeki farklı özellikler, AH risk faktörlerinin azaltılmasının ardındaki belirgin nedenlerdir (Sandupama ve ark., 2022).

Ceviz, esansiyel bir n-3 yağ asidi olan ve potansiyel olarak mitokondriyal fonksiyonu geliştirebilecek n-3 uzun zincirli çoklu doymamış yağ asitlerinin (n3-PUFA) öncüsü olan ALA açısından zengin bir kaynaktır. Tüm fındıklar arasında en yüksek miktarda ALA içerir. Ceviz yağının, erken Alzheimer hastalığının hücre modelinde A $\beta$  düzeylerini azalttığı ve nörit uzunluğunu artırdığı bildirilmiştir (Esselun ve ark., 2022).

#### 4.5. Biyolojik Aktivitelerin Maliyet ile Karşılaştırılması

Tez çalışması kapsamında ticari olarak tedarik ettiğimiz yağlarının birim (litre) fiyatları ile hesapladığımız biyolojik etkinliklerini karşılaştıracak olursak aşağıdaki şekilde bir görsele ulaşabiliriz (Şekil 4.4). Bu görselede her bir yağ örneğinin birim fiyatının TL olarak gösterildiği sütun grafikte, yukarıda bulgularını paylaştığımız her bir parametre açısından en iyi değerlere sahip olan ilk 3 yağ türü işaretlenmiştir. Böylece 1, 2 yada 3 kez işaretlenmesi daha iyi özelliklere daha fazla sahip olduğu anlamına gelmektedir. Grafikten birim fiyatı yüksek yağların daha etkin olduğu rahatlıkla anlaşılmaktadır.



Şekil 4.4 Yağ Örneklerinin Birim (Litre) Fiyatları ile Tüm Test Edilen Parametrelerde İlk 3'te Yer Alanların Gösterilmesi

## 5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Diyetteki antioksidanların sağlık açısından faydaları iyi bilindiğinden, fenolik bileşikler açısından zengin yağların tüketimi, çeşitli radikal temizleme kapasiteleri kullanılarak değerlendirildiği üzere sağlık açısından faydalar sağlayabilir.

Tez çalışması kapsamında marketlerden ticari olarak temin edilen farklı tür bitkisel yağların maliyetleri ile karşılaştırmalı olarak sağlık yararları açısından önemli olabilecek biyolojik aktiviteleri değerlendirilmiştir. Bu bağlamda yağ örneklerinin metanolik ekstraktlarının karotenoid ve klorofil pigmentlerinin konsantrasyonları, toplam fenolik ve flavonoid içerikleri, antioksidan aktiviteleri ve bunlara bağlı olarak lipid peroksidasyonunu önleyebilme ve asetil ve butiril kolinesteraz enzimlerini inhibe edebilme potansiyelleri değerlendirilmiştir.

Bitkisel kaynaklarda bulunan biyoaktif polifenoller, karotenoidler ve tokoferollerin antioksidan aktiviteleri yoluyla ek sağlık yararları sağlayabildiği bilinir (Padhi ve ark., 2017).

Çalışmamızda en yüksek karotenoid miktarı tespit edilen ilk üç yağ türü kanola, kabak çekirdeği ve çörek otu; en yüksek klorofil miktarı tespit edilenler ise avokado ve 2 farklı markaya ait zeytinyağı örnekleridir. Buna karşın en yüksek fenolik içerik çörekotu, ceviz ve avokado yağ türlerinin birer örneklerinde, en yüksek flavonoid içerik ise keten tohumu, ceviz ve avokado yağları durumunda tespit edilmiştir.

Bu bileşenlerin oluşturduğu sinerjik etki sayesinde yağ örneklerinin gösterdiği antioksidan aktivite etkinliği şelat oluşturma potansiyeli özelliği açısından en iyi ceviz, zeytinyağı ve susam yağ örneklerinin birer tanesi durumunda tespit edilirken, DPPH radikali süpürme aktivitesi açısından ise en iyi derecede çörek otu örneklerinin her üçünde en etkin değerler elde edilmiştir. Çörekotu yağlarının üç farklı markadan temin edilen örnekleri dışında diğer iki en yüksek DPPH radikal süpürme aktivitesi gösteren yağ numuneleri kabak çekirdeği ve pamuk yağlarıdır. Lipid peroksidasyonunu önleme potansiyeli en yüksek olan yağ türleri ise zeytinyağı, kanola ve susam yağı örnekleridir. Asetilkolin esteraz enzimini inhibe etme gücü ise en yüksek derecede ceviz, çörekotu ve susam yağları için hesaplanmışken



butirilkolinesteraz inhibisyon derecesinin en yüksek hesaplandığı yağ türleri yine ceviz başta olmak üzere aspir ve susam yağı örnekleridir.

Böylelikle en öne çıkan yağ türlerinin çörekotu, ceviz ve avokado yağları olduğu açık bir şekilde görülmektedir. Çörek otu yağı linoleik, ceviz yağı linolenik ve avakado yağı ise oleik asit açısından zengindir.

Yağların bu sağlığa faydalı özelliklerinden yararlanabilmek adına çörek otu yağı, ana yemeklerde, soslarda, içeceklerde ve çorbalarda birkaç damla halinde kullanılabilir. Ayrıca doğrudan ağız yoluyla en fazla 2 damla olacak şekilde tüketebilir. Ayrıca eczanelerde kapsül şeklinde satılan formları da mevcut olup, doktor onayı ile kapsül şeklinde de tüketebilir. Saç dökülmesi durumunda kullanılan şampuanın içerisine birkaç damla çörek otu yağı eklenerek saç diplerini beslemek mümkündür. Ancak çörek otu yağının aşırı kullanımı böbrek ve karaciğer hasarına yol açabilir. Bazı ilaçlarla etkileşime girebilir. Bu yüzden düzenli kullanılan bir ilaç varsa, kullanmadan önce mutlaka doktora danışmak gerekmektedir. Bazı kişilerde mide bulantısına, kusmaya, şişkinliğe ve kabızlığa neden olabilir. Kan sulandırıcı özelliği sebebiyle kanama riskini artırır. Benzer şekilde biyolojik açıdan değerli bulunan diğer iki yağ türü de takviye niteliğinde kullanılabilir.

Son yıllarda, soğuk preslenmiş yağlar (SPY'lar) sağlık açısından yararlı etkileri nedeniyle artan bir ilgi görmektedir. Bu yağların rafine edilmiş olanlara göre avantajları, rafinasyon süreçleri sırasında başka şekilde uzaklaştırılmayan daha yüksek miktarda biyoaktif madde içermeleriyle ilgilidir. SPY'ların rafine edilmiş yağlara göre artan popülaritesinin bir diğer nedeni de tüketicilerin daha az işlenmiş ürün seçmesidir. Codex Alimentarius'a göre, SPY'lar ısıtılma işlemi görmeden yalnızca mekanik prosedürle üretilmelidir. Bu yağlar suyla yıkanarak, daha sonra çökeltiyle, filtrelenerek ve santrifüjlenerek saflaştırılabilir. Degumming, nötralizasyon, ağartma ve koku giderme gibi kimyasal ve fiziksel rafinasyon süreçleri ve SPY'ların sentetik katkı maddeleriyle desteklenmesi yasaklanmıştır. Bu nedenle, SPY'lar sağlık yararları ile ilişkilendirilen fitosteroller, tokoferoller, karotenoidler ve polifenoller gibi küçük bileşenlerin zengin kaynaklarıdır. Bu yağlar aynı zamanda yüksek miktarda vitamin ve mineral içermeleriyle de öne çıkıyor. Bu bağlamda tez çalışmasında kullanılan yağ numunelerini sınıflandıracak olduğumuzda etiketlerine

dayanarak elde ettiğimiz bilgiler çizelge 3.2’de düzenlenmiştir. Bu çizelge incelendiğinde BY4 ve BY5 ile kodlanılan ceviz yağı numunelerinin ilkinin rafine değerinin soğuk sıkım tekniği ile elde edilmiş olduğunu ve BY5’in toplam fenolik içerik değerinin, DPPH radikalini süpürme aktivitesinin, şelat oluşturma potansiyelinin ve kolinesteraz enzimi üzerindeki inhibisyon yeteneğinin daha etkin olduğu görülmektedir. Aynı şekilde soğuk sıkım tekniği ile elde edildiği açıkça belirtilen BY6 kodlu avokado yağı BY7 kodlu avokado yağına oranla toplam fenolik içerik açısından daha zengin olmasının yanında şelat oluşturma ve lipid peroksidasyonunu önleme potansiyelleri ve kolinesteraz inhibisyon özelliği açısından da daha etkindir. Elde edilen bu bulguların beklenen doğrultuda olduğu söylenebilir.

Mevcut çalışma, bitkisel yağdaki polifenolik içeriğinin bitkisel yağ işleme koşullarından etkilendiğini aynı tür bitkinin farklı iki markaya ait yağının farklı özelliklerle karşımıza çıkmasıyla göstermektedir.

Farklı karbon zinciri uzunluklarına veya farklı doymunluğa sahip trigliseritlerden etkilenen bitkisel yağların hücrel antioksidan özelliklerine ilişkin yapılabilecek bir sonraki çalışmamız, daha tipik bitkisel yağlar seçerken ek bilgi sağlayacaktır.

Farklı katı/sıvı yağlar farklı fiziksel ve kimyasal özelliklere sahiptir. Karıştırılmamış bir bitkisel yağın kullanılması, düşük fiziksel, kimyasal ve besinsel özelliklere ve ayrıca zayıf oksidatif stabiliteye sahip olabilir. Örneğin saf susam yağı veya zeytinyağı kullanmanın linolenik asit ( $\omega$ -3 esansiyel yağ asidi) miktarının düşük olması gibi bazı dezavantajları vardır. Öte yandan kanola ve soya fasulyesi yağları orta düzeyde linolenik asit içeriğine sahiptir ancak oksidatif stabilitesi düşüktür. Palm yağı, düşük seviyelerde esansiyel yağ asitleri ve yüksek miktarda doymuş yağ asitleri ile yüksek oksidatif stabiliteye sahiptir. Bu nedenle harmanlanmış bitkisel yağ kullanmak, her yağın farklı karakteristik özelliklerinden yararlanmanın basit bir yolu olabilir (Hashempour-Baltork ve ark., 2016).

Bitkisel yağ türlerinin hem fiziksel özelliklerinin hem de kimyasal özelliklerinin önemli derecede değişkenlik göstermesinin sonucu olarak biyokimyasal özelliklerinin de değişkenlik göstermesi beklenen bir durumdur. Sağlığa yararları ile bilinen yağların yanısıra kullanımında dikkat edilmesi gereken

yağlar da söz konusudur. Bu gibi nedenlerden dolayı oldukça iyi derecede içeriğe sahip olup ancak birim fiyatı oldukça yüksek yağlardan ekonomik bir şekilde faydalanılabilmesini sağlamak amacıyla tüketici taleplerini karşılayabilmek adına yağ karışımlarının üretilmesinin ekonomik ve sağlık açısından yararlı olabileceği umulmaktadır.

## 6. KAYNAKÇA

- Adu, OB., Fajana, OO., Ogunrinola, OO., Okonkwo, UV., Evuarherhe, P. & Elemo, BO. (2019). Effect of continuous usage on the natural antioxidants of vegetable oils during deep-fat frying. *Scientific African*, 5, e00144.
- Alam, J., Mujahid, Mohd., Badruddeen, Rahman, A., Akhtar, J., Khalid, M., Jahan, Y., Basit, A., Khan, A., Shawwal, M. & Iqbal, SS. (2015). An insight of pharmacognostic study and phytopharmacology of *Aquilaria agallocha*. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 5(08), 173-181.
- Al-Madhagy, S., Ashmawy, NS., Mamdouh, A., Eldahshan, OA., & Farag, MA. (2023). A comprehensive review of the health benefits of flaxseed oil in relation to its chemical composition and comparison with other omega-3-rich oils. *European journal of medical research*, 28(1), 240.
- Almeida, OP., de Freitas Marques, MB., de Oliveira, JP., da Costa, JMG., Rodrigues, AP., Yoshida, MI., da Nova Mussel, W. & Carneiro, G. (2022). Encapsulation of safflower oil in nanostructured lipid carriers for food application. *Journal of Food Science and Technology*, 59, 805–814.
- Anonim, (2015). Facts about Fats. <https://www.eufic.org/en/whats-in-food/article/8-facts-on-fats-> (Erişim tarihi:14.07.2024).
- Aroca-Santos R., Cancila JC., Pariente ES. & Torrecilla JS. (2016). Neural networks applied to characterize blends containing refined and extra-virgin olive oils. *Talanta*, 161, 304–308.
- Arıduru, R. (2022). Bazı bitkilerin hpls ile fenolik profillerinin, antioksidan ve antimikrobiyal aktivitelerinin incelenmesi. Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Sakarya.
- Asghar, M., Khan, N., Fatima, M., Arslan, M, Davies, SJ. & Ul Haque, N. (2024). Feasibility of replacing fish oil with sunflower oil on the growth, body composition, fatty acid profile, antioxidant activity, stress response, and blood biomarkers of *Labeo rohita*. *PLoS ONE*, 19(3), e0299195.
- Atta, EM., Mohamed, NH. & Abdelgawad, AA. (2017). Antioxidants: An Overview on the Natural and Synthetic Types. *European Chemical Bulletin*, 6(8), 365-375.
- Bageri, B., Jaberı, JA., Solling, TI., Sultan, A., Badhafere, D. & Patil, S. (2023). Evaluating the corrosion index of DTPA at different conditions - key of improving the performance of chelating agents in field treatments. *Geoenergy Science and Engineering*, 223, 211574.
- Banaś, K., Piwovar, A. & Harasym, J. (2023). The potential of rapeseed (canola) oil nutritional benefits wide spreading via oleogelation. *Food Bioscience*, 56, 103162.
- Barrera-Arellano, D., Badan-Ribeiro, AP. & O. Serna-Saldivar, S. (2019). Chapter 21 - Corn Oil: Composition, Processing, and Utilization: Corn (Third Edition), Editor(s): Serna-Saldivar, SO., AACC International, 593-613.

- Başaran, B. & Türk, H. (2021). The influence of consecutive use of different oil types and frying oil in French fries on the acrylamide level. *Journal Of Food Composition And Analysis* , 104, 104177.
- Baştürk, A., Ceylan, MM., Çavuş, M., Boran, G. & Javidipour, I. (2018). Effects of some herbal extracts on oxidative stability of corn oil under accelerated oxidation conditions in comparison with some commonly used antioxidants. *LWT*, 89, 358-364.
- Bhatnagar, AS., Prasanth Kumar, PK., Hemavathy, J. & Gopala Krishna, AG. (2009). Fatty Acid Composition, Oxidative Stability, and Radical Scavenging Activity of Vegetable Oil Blends with Coconut Oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 86(10), 991-999.
- Bohn, T., Balbuena, E., Ulus, H., Iddir, M., Wang, G., Crook, N. & Eroglu, A. (2023). Carotenoids in Health as Studied by Omics-Related Endpoints. *Advances in nutrition (Bethesda, Md.)*, 14(6), 1538–1578.
- Borello, E. & Domenici, V. (2019). Determination of Pigments in Virgin and Extra-Virgin Olive Oils: A Comparison between Two Near UV-Vis Spectroscopic Techniques. *Foods*. 8(1), 18.
- Börübaş, M. (2023). Masere udi hindi (*Aquilaria agallocha Roxb.*) yağının yüksek yoğunlukta stoklanan japon balıklarında (*Carassius auratus*) antioksidan durumuna etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Munzur Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Su Ürünleri Ana Bilim Dalı, Tunceli.
- Boujemaa, I., Bernoussi, SE., Harhar, H. & Tabyaoui, M. (2020). The influence of the species on the quality, chemical composition and antioxidant activity of pumpkin seed oil. *Oilseeds & Fats Crops and Lipids*, 40(7).
- Bulut, SM. (2019). Bitkisel Yağlar Hakkında Gastronomik Bir Çalışma: Zeytinyağı. *International Journal of Social Humanities Sciences Research*, 6(37), 1286-1291.
- Can, N. (2019). Bitkisel yağların muhafazasında oksidatif stabilitenin önemi ve oksidatif stabilitenin belirlenmesinde kullanılan analiz yöntemleri. *Anadolu Bil Meslek Yüksekokulu Dergisi*, 14(54), 107-124.
- Cao, G., Ruan, D., Chen, Z., Hong, Y. & Cai, Z. (2017). Recent developments and applications of mass spectrometry for the quality and safety assessment of cooking oil. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 96, 201-211.
- Carrillo-Martinez EJ, Flores-Hernández FY, Salazar-Montes AM, Nario-Chaidez HF, Hernández-Ortega LD. (2024). Quercetin, a Flavonoid with Great Pharmacological Capacity. *Molecules*, 29(5), 1000.
- Carranco N., Farrés-Cebrián M., Saurina J. & Núñez O. (2018). Authentication and Quantitation of Fraud in Extra Virgin Olive Oils Based on HPLC-UV Fingerprinting and Multivariate Calibration. *Foods*, 7(4), 44.
- Chen, C., Lu, J., Ma, T., Zhang, Y., Gu, L. & Chen, X.(2023). Applications of vegetable oils and their derivatives as Bio-Additives for use in asphalt binders: A review. *Construction and Building Materials*, 383,131312.

- Choudhury, S., Islam, N., Khan, M., Ahiduzzaman., Masum, MI. & Ali, MA. (2023). Effect of extraction methods on physical and chemical properties and shelf life of black cumin (*Nigella sativa* L.) oil. *Journal of Agriculture and Food Research*, 14(23).
- Codex Alimentarius. Codex Standard for Named Vegetable Oils. Codex-Stan 210-1999. Available.
- Çelebi, HM. (2023). Soğuk Pres Yöntemi İle Elde Edilen Çeşitli Bitkisel Yağların Karakterizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Tekirdağ.
- Çokuğraş, AN. (2003). Butyrylcholinesterase: structure and physiological importance. *Turkish Journal of Biochemistry*, 28(2), 54-61.
- Dias, MC., Pinto, DCGA. & Silva, AMS. (2021). Plant Flavonoids: Chemical Characteristics and Biological Activity. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 26(17), 5377.
- Dixon, SJ., Lemberg, KM., Lamprecht, MR., Skouta, R., Zaitsev, EM., Gleason, CE., Patel DN., Bauer, AJ., Cantley, AM., Yang, WS. & Morrison, B. (2012). Ferroptosis: An Iron-Dependent Form of Nonapoptotic Cell Death. *Cell*, 149(5), 1060-1072.
- Doğan, C., Çelik, Ş. & Doğan, N. (2017). Siirt Bölgesi Melengiçlerin Toplam Fenolik Madde Miktarları ve Antioksidan Aktivitelerinin Belirlenmesi, *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 21(3), 293-298.
- Donat-Vargas, C., Lopez-Garcia, E., Banegas, JR., Martínez-González, MÁ., Rodríguez-Artalejo, F. & Guallar-Castillón, P. (2023). Only virgin type of olive oil consumption reduces the risk of mortality. Results from a Mediterranean population-based cohort. *European journal of clinical nutrition*, 77(2), 226–234.
- Ebadia, F., Mohsenia, M. & Alizadehb, AM. (2014). Evaluation of antioxidant activity of Safflower florets (*Carthamus tinctorius* L.) as food coloring agents. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 6(8), 539-544.
- Egamberdiev, E., Makhkamov., A., Rakhimjonov, B., Khusanov, D., Akmalova, G., Mirzakhmedova, M. & Rahmonberdiev, G. (2023). Effectiveness of cleaning of sunflower oil with filter material made from composition of organic and inorganic fibers. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1142(1), 012050.
- Elewa, MS., Abou-Kassem, DE., El-Hindawy, MM., Madkour, M., Elsharkawy, MS., Afifi, M. & Alagawany, M. (2023). Effect of coconut oil on growth performance, carcass criteria, liver and kidney functions, antioxidants and immunity, and lipid profile of broilers. *Scientific Reports*, 13(1), 13974.
- Ellman, GL., Courtney, KD., Andres, V. & Featherstone, RM. (1961). A new and rapidcolorimetric determination of acetylcholinesterase activity. *Biochemical Pharmacology*, 7(2), 88–95.
- Eman A. Mohamed, Hebatalla I. Ahmed, Heba S. Zaky, Amira M. Badr, (2021). Sesame oil mitigates memory impairment, oxidative stress, and

- neurodegeneration in a rat model of Alzheimer's disease. A pivotal role of NF- $\kappa$ B/p38MAPK/BDNF/PPAR- $\gamma$  pathways, *Journal of Ethnopharmacology*, 267, 113468.
- Erkan, N., Ayranci, G. & Ayranci, E. (2012). Lipid oxidation inhibiting capacities of blackseed essential oil and rosemary extract. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 114(2), 175-184.
- Esselun, C., Dieter, F., Sus, N., Frank, J. & Eckert, GP. (2022). Walnut Oil Reduces A $\beta$  Levels and Increases Neurite Length in a Cellular Model of Early Alzheimer Disease. *Nutrients*, 14(9), 1694.
- Fan, X., Fan, Z., Yang, Z., Huang, T., Tong, Y., Yang, D., Mao, X. & Yang, M. (2022). Flavonoids-Natural Gifts to Promote Health and Longevity. *International journal of molecular sciences*, 23(4), 2176.
- Ferhat, R., Lekbir, A., Ouadah, H., Kahoul, MA., Khlalfa, L., Laroui, S. & Alloui-Lombarkia, O. (2017). Effect of extraction solvent on total phenolic content, total flavonoid content, and antioxidant activities of Algerian pomace olive oil. *International Food Research Journal*, 24(6), 2295-2303.
- Ferreiro-Gonzalez M., Barbero GF., Alvarez JA., Ruiz A., Palma M. & Ayuso J. (2017). Authentication of virgin olive oil by a novel curve resolution approach combined with visible spectroscopy. *Food Chemistry*, 220, 331–336.
- Flynn, MM., Tierney, A. & Itsiopoulos, C. (2023). Is Extra Virgin Olive Oil the Critical Ingredient Driving the Health Benefits of a Mediterranean Diet? A Narrative Review. *Nutrients*, 15(13):2916.
- Gadoth, N. (2008). On fish oil and omega-3 supplementation in children: The role of such supplementation on attention and cognitive dysfunction, *Brain and Development*, 30 (5), 309-312.
- Gao, Y., Cui, N., Liu, J., Ma, Q., Zhao, T., Yang, Z., Zhao, H., Zhang, B. & Liang, L. (2022). Application of metabolomics to explore the automatic oxidation process of hazelnut oil. *Food Research International*, 162(Pt A), 111888.
- Gao, Y., Hu, J., Su, X., Li, Q., Su, C., Li, Y., Ma, G., Zhang, S. & Yu, X. (2024) Extraction, chemical components, bioactive functions and adulteration identification of walnut oils: A review. *Grain & Oil Science and Technology*, 7(1), 30-41.
- Gao, P., Liu, R., Jin, Q. & Wang, X. (2019). Comparison of solvents for extraction of walnut oils: Lipid yield, lipid compositions, minor-component content, and antioxidant capacity, *LWT-Food Science and Technology*, 110, 346-352.
- Gavahian, M., Khaneghah, AM., Lorenzo, JM., Munekata, PES., Garcia-Mantrana, I., Collado, MC., Meléndez-Martínez, AJ. & Barba, FJ. (2019). Health benefits of olive oil and its components: Impacts on gut microbiota antioxidant activities, and prevention of noncommunicable diseases. *Trends in Food Science & Technology*, 88, 220-227.

- Gertz, C., Klostermann, S. & Kochhar, SP. (2000). Testing and comparing oxidative stability of vegetable oils and fats at frying temperature. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 102, 543-551.
- Ghasemzadeh, A., Ashkani, S., Baghdadi, A., Pazoki, A., Jaafar, HZE. & Rahmat, A. (2016). Improvement in flavonoids and phenolic acids production and pharmaceutical quality of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) by ultraviolet-b irradiation. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 21(9), 1203.
- Giuffrida, D., Salvo, F., Salvo, A., Cossignani, L., Dugo, G. (2011). Pigments profile in monovarietal virgin olive oils from various Italian olive varieties. *Food Chemistry*, 124(3), 1119–1123.
- Gökkaya, EO. (2021). Parasetamol ile indüklenmiş hepatotoksisiteye karşı resveratrol ve avokado yağının etkisinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Sağlık Ve Biyomedikal Bilimler (Disiplinlerarası) Anabilim Dalı, Burdur.
- Grainger, EM., Webb, MZ., Simpson, CM., Chitchumroonchokchai, C., Riedl, K., Moran, NE. & Clinton, SK. (2022). Assessment of dietary carotenoid intake and biologic measurement of exposure in humans. *Methods in enzymology*, 674, 255–295.
- Green, HS. & Wang, SC. (2023). Purity and quality of private labelled avocado oil. *Food Control*, 152,109837.
- Guclu, G., Kelebek, H. & Selli, S. (2021). Chapter 26 - Antioxidant activity in olive oils: Olives and Olive Oil in Health and Disease Prevention (Second Edition), Editor(s): Preedy, VR., Watson, RR. *Academic Press*, 313-325.
- Günç Ergönül, P. & Aksoylu Özbek, Z. (2020). Cold pressed safflower (*Carthamus tinctorius* L.) seed oil. Editor(s): Ramadan, MF. *Academic Press*, Cold Pressed Oils, 323-333.
- Hamnas, A. & Unnikrishnan, G. (2023). Bio-lubricants from vegetable oils: Characterization, modifications, applications and challenges – Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*,182, 113413.
- Hashempour-Baltork, F., Torbati, M., Azadmard-Damirchi, S. & Savage, GP. (2016). Vegetable oil blending: A review of physicochemical, nutritional and health effects, *Trends in Food Science & Technology*, 57(A), 52-58.
- Heim, KE., Tagliaferro, AR. & Bobilya, DJ. (2002). Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 13(10), 572-584.
- Hu,Z., Hu, C., Li,Y., Jiang, Q., Li, Q. & Fang, C. (2023). Pumpkin seed oil: a comprehensive review of extraction methods, nutritional constituents, and health benefits. *Science Of Food Agriculture*, 104(2), 572-582.
- Huang, X., Dai, J., Fournier, J., Ali, AM., Zhang, Q. & Frenkel, K. (2002). Ferrous ion autoxidation and its chelation in iron-loaded human liver HepG2 cells. *Free Radical Biology & Medicine*, 32(1), 84–92.



- Ishtiaque, S., Khan, N., Siddiqui, MA., Siddiqi, R. & Naz, S. (2013). Antioxidant Potential of the Extracts, Fractions and Oils Derived from Oilseeds. *Antioxidants*, 2(4), 246-256.
- İyilikeden, E. (2023). Yapay ve doğal antioksidan kullanımının palm olein yağının kızartmalık performansı, 3-mcpd/ge değişimi üzerine etkisinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Manisa.
- Jankuloska, V., Kalevska, T. & Nikolovska Nedelkoska, D. (2020). Components In Vegetable Oils As Ingredients Of Functional Foods. *Scientific Institute of Management and Knowledge*. 40(3). 579-584.
- Janu, C., Kumar, DRS., Reshma, MV., Jayamurthy, P., Sundaresan, A. & Nisha, P. (2013). Comparative Study on the Total Phenolic Content and Radical Scavenging Activity of Common Edible Vegetable Oils. *Journal of Food Biochemistry*, 38(1), 38-49.
- Kang, ZL., Xie, JJ., Hu, ZL., Li, YP. & Ma, HJ, (2023). Effect of safflower oil and magnetic field-modified soy 11S globulin on rheological and emulsifying properties of oil-in-water emulsions. *Food Hydrocolloids*, 142, 108775.
- Karaboğa, Y. (2020). Ganoderma lucidum ve ticari ürünlerinin in vitro antioksidan aktivitelerinin ve bazı biyoaktif bileşenlerinin tayini ve karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Analitik Kimya Anabilim Dalı, İstanbul.
- Karaosmanoğlu H. (2023). Impact of different harvesting times on fatty acid profile, sterol, tocopherol and bioactive properties of hazelnut oil. *Grasas Aceites*, 74 (4), e535.
- Khabbaz, ES., Jaldani, S., Farhoosh, R. (2023). Unusual multiphase peroxidation of sunflower oil: A kinetic study. *LWT*, 184, 114981.
- Khan, UM., Sevindik, M., Zarrabi, A., Nami, M., Ozdemir, B., Kaplan, DN., Selamoglu, Z., Hasan, M., Kumar, M., Alshehri, MM. & Sharifi-Rad, J. (2021). Lycopene: Food Sources, Biological Activities, and Human Health Benefits. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2713511.
- Kılıçel, F., Kılınç, S. & Karapınar, HS. (2023). Investigation of some quality-control parameters in Edremit yağlık olive oil. *Anatolian Journal of Botany*, 7(2), 101-107.
- Koç BM. (2021). Hafif şişman bireylerde hindistan cevizi yağının antropometrik ölçümler ve irisin düzeyine etkisi. Doktor Tezi. Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Hamidiye Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beslenme ve Diyetetik Anabilim Dalı, İstanbul.
- Kolasinac, SM., Stevanovic, ZPD., Kilibarda, SN. & Kostić, AZ. (2021). Carotenoids: New Applications of “Old” Pigments. *Phyton- International Journal of Experimental Botany*, 90, 1041-1062.
- Kulaitienė, J., Černiauskienė, J., Jarienė, E., Danilčenko, H. & Levickienė, D. (2018). Antioxidant Activity and other Quality Parameters of Cold Pressing Pumpkin Seed Oil. *Notulae Botanicae Horti Cluj-Napoca Agrobotanici*, 46(1), 161-166.

- Kumar, M., Zhang, B., Potkule, J., Sharma, K., Radha, Hano, C., Sheri, V., Chandran, D., Dhumal S., Dey, A., Rais, N., Senapathy, M., Natta S., Viswanatham, S., Mohankumar, P. & Lorenzo, JM. (2023). Cottonseed Oil: Extraction, Characterization, Health Benefits, Safety Profile, and Application. *Food Anal. Methods*, 16, 266–280.
- La Bella, S., Tuttolomondo, T., Lazzeri, L., Matteo, R., Leto, C., & Licata, M. (2019). An Agronomic Evaluation of New Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Germplasm for Seed and Oil Yields under Mediterranean Climate Conditions. *Agronomy*, 9(8), 468.
- Lanza, B. & Ninfali, P. (2020). Antioxidants in Extra Virgin Olive Oil and Table Olives: Connections between Agriculture and Processing for Health Choices. *Antioxidants (Basel, Switzerland)*, 9(1), 41.
- Lavelli, V. (2002). Comparison of the Antioxidant Activities of Extra Virgin Olive Oils. *Journal of Agriculture Food Chemistry*, 50(26), 7704–7708.
- Lavenburg, VM., Rosentrater, KA. & Jung, S. (2021). Extraction methods of oils and phytochemicals from seeds and their environmental and economic impacts. *Processes*, 9(10), 1839.
- Lazzerini C. & Domenici V. (2017). Pigments in Extra-Virgin Olive Oils Produced in Tuscany (Italy) in Different Years. *Foods (Basel, Switzerland)*, 6(4), 25.
- Liao, J., Nai, Y., Feng, L., Chen, Y., Li, M. & Xu, H. (2020). Walnut Oil Prevents Scopolamine-Induced Memory Dysfunction in a Mouse Model. *Molecules*, 25(7), 1630.
- Lu, W., Shi, Y., Wang, R., Su, D., Tang, M., Liu, Y. & Li, Z. (2021). Antioxidant Activity and Healthy Benefits of Natural Pigments in Fruits: A Review. *International journal of molecular sciences*, 22(9), 4945.
- Ma, X., Huang, C., Zheng, C., Wang, W. & Ying, H. (2024). Changsheng Liu, Effect of oil extraction methods on walnut oil quality characteristics and the functional properties of walnut protein isolate, *Food Chemistry*, 438.
- Marcinkowski, D., Bochniak, M., Werekńska, M. & Czwartkowski K. (2023). The Influence of Storage Conditions of Cold-Pressed Rapeseed Oil on Its Quality Parameters. *Applied Sciences*. 13(21), 11746.
- Martinello, M., & Mutinelli, F. (2021). Antioxidant Activity in Bee Products: A Review. *Antioxidants (Basel, Switzerland)*, 10(1), 71.
- Masiero, JF., Barbosa, EJ., Macedo, L de O., Souza, A. de., Yukuyama, MN., Arantes, GJ. & Bou-Chacra, NA. (2021). Vegetable oils in pharmaceutical and cosmetic lipid-based nanocarriers preparations. *Industrial Crops and Products*, 170(68), 113838.
- Mazur, T., Malik, M. & Bieńko, DC. (2024). The impact of chelating compounds on Cu<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+/3+</sup>, and Zn<sup>2+</sup> ions in Alzheimer's disease treatment. *Journal of inorganic biochemistry*, 257, 112601.
- Michalak, M. (2022). Plant-Derived Antioxidants: Significance in Skin Health and the Ageing Process. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(2), 585.

- Michalak, M., Paradowska, K. & Zielińska, A. (2018). Możliwości wykorzystania w kosmologii wybranych olejów roślinnych jako źródła karotenoidów. *Post Fitoter*, 19(1), 10-17.
- Mínguez-Mosquera, MI., Gandul-Rojas, B., Garrido-Fernández, J. & Gallardo-Guerrero, L. (1990). Pigments present in virgin olive oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 67, 192–196.
- Mínguez-Mosquera, MI., Gandul-Rojas, B., Garrido-Fernandez, J. & Gallardo-Guerrero, J. (1990). *Pigments present in virgin olive oil. Journal Of The American Oil Chemists' Society*. 67, 192-196.
- Nakonechna K., Ilko V., Berčíková M., Victoris V., Panovská Z. & Doležal M. (2024). Nutritional, Utility, and Sensory Quality and Safety of Sunflower Oil on the Central European Market. *Agriculture*, 14(4), 536.
- Nde, DB. & Foncha, AC. (2020). Optimization Methods for the Extraction of Vegetable Oils: A Review. *Processes*, 8(2), 209.
- Nowak, W. & Jeziorek, M. (2023). The Role of Flaxseed in Improving Human Health. *Healthcare (Basel, Switzerland)*, 11(3), 395.
- Oboulbiga, EB., Douamba, Z., Compaoré-Séréme, D., Semporé, JN., Dabo, R., Semde, Z., Tapsoba, FW., Hama-Ba, F., Songré-Ouattara, LT., Parkouda, C. & Dicko, MH. (2023). Physicochemical, potential nutritional, antioxidant and health properties of sesame seed oil: a review. *Frontiers in Nutrition*, 10, 1127926.
- Öğüt, S. (2022). Determination of total antioxidant capacity and fatty acid composition of olive oil samples taken from the producer and total antioxidant capacity of some olive oils offered for sale in the markets. *Turkish Journal of Health Science and Life*, 5(1), 7-10.
- Padhi, EMT., Liu, R., Hernandez, M., Tsao, R. & Ramdath, DD. (2017). Total polyphenol content, carotenoid, tocopherol and fatty acid composition of commonly consumed Canadian pulses and their contribution to antioxidant activity. *Journal of Functional Foods*, 38(B), 602-611.
- Pancar, Z. (2023). Spor ve Egzersiz Metabolizmasına Güncel Bakış. Efe Akademik Yayıncılık, 49168, İstanbul, 218.
- Pryor, WA., Cornicelli, JA., Devall, LJ., Tait, B., Trivedi, BK., Witiak, DT. & Wu, M. (1993). A rapid screening test to determine the antioxidant potencies of natural and synthetic antioxidants. *Journal of Organic Chemistry*, 58, 3521–3532.
- Rabail, R., Shabbir, MA., Sahar, A., Miecznikowski, A., Kieliszek, M. & Aadil, RM. (2021). An Intricate Review on Nutritional and Analytical Profiling of Coconut, Flaxseed, Olive, and Sunflower Oil Blends. *Molecules*, 26(23), 7187.
- Rahaman, MM., Hossain, R., Herrera-Bravo, J., Islam, MT., Atolani, O., Adeyemi, OS., Owolodun, OA., Kambizi, L., Durna Daştan, S., Calina, D. & Sharifi-Rad, J. (2023). Natural antioxidants from some fruits, seeds, foods, natural

- products, and associated health benefits: An update. *Food Science & Nutrition*, 11(4), 1657-1670.
- Ramak, P. & Mahboubi M. (2019). The beneficial effects of pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) seed oil for health condition of men. *Food Reviews International*, 35(2), 166-176.
- Ramya, V., Shyam, KP., Kowsalya, E., Balavigneswaran, CK. & Kadalmani, B. (2022). Dual Roles of Coconut Oil and Its Major Component Lauric Acid on Redox Nexus: Focus on Cytoprotection and Cancer Cell Death. *Frontiers in Neuroscience*, 16, 833630.
- Rébufa, C., Artaud, J. & Le Dréau, Y. (2022). Walnut (*Juglans regia* L.) oil chemical composition depending on variety, locality, extraction process and storage conditions: A comprehensive review. *Journal of Food Composition and Analysis*, 110, 104534.
- Ribeiro, AR., Silva, SS. & Reis, RL. (2022). Challenges and opportunities on vegetable oils derived systems for biomedical applications. *Biomaterials Advances*, 134, 112720.
- Rigane, G., Ayadi, M., Boukhris, M., Sayadi, S. & Bouaziz, M. (2013). Characterization and phenolic profiles of two rare olive oils from southern Tunisia: Dhokar and Gemri-Dhokar cultivars. *Journal of The Science of Food and Agriculture*, 93(3), 527–534.
- Ronca CL, Marques SS, Ritieni A, Giménez-Martínez R, Barreiros L, Segundo MA. (2024). Olive Oil Waste as a Source of Functional Food Ingredients: Assessing Polyphenolic Content and Antioxidant Activity in Olive Leaves. *Foods*, 13(2), 189.
- Şahin, S., Bilgin, M., Sayım, E. & Güvenilir, B. (2016). Effects of natural antioxidants in the improvement of corn oil quality: olive leaf vs. lemon balm. *International Journal of Food Science & Technology*, 52(2), 374-380.
- Sakač, MB., Mišan, AČ., Medić, ĐR., Sedej, IJ. & Pestorić, MV. (2008). Chelating activities on Fe<sup>2+</sup> of ethanolic extracts of various wheat products. Editor: Ž. Ugarčić-Hardi. 30, 201-208.
- Sakib, R., Caruso, F., Aktar, S., Belli, S. & Kaur, S. Hernandez M, Rossi M. (2023). Antioxidant Properties of Thymoquinone, Thymohydroquinone and Black Cumin (*Nigella sativa* L.) Seed Oil: Scavenging of Superoxide Radical Studied Using Cyclic Voltammetry, DFT and Single Crystal X-ray Diffraction. *Antioxidants*, 12(3), 607.
- Sandupama, P., Munasinghe, D. & Jayasinghe, M. (2022). Coconut oil as a therapeutic treatment for alzheimer's disease: a review. *Journal of Future Foods*, 2(1), 41-52, ISSN 2772-5669.
- Sani, I., Okpalaoka, CC., Bello, F., Warra, AA. & Abdulhamid, A. (2014). Flavonoid content and antioxidant potential of white and brown sesame seed oils. *European Journal of Biomedical and Pharmaceutical Sciences*, 1(3), 56-63.

- Scarmeas, N., Stern, Y., Tang, MX., Mayeux, R. & Luchsinger, JA. (2006). Mediterranean diet and risk for Alzheimer's disease. *Annals of Neurology*, 59(6), 912–921.
- Senol, FS., Orhan, I., Yilmaz, G., Ciçek, M. & Sener, B. (2010). Acetylcholinesterase, butyrylcholinesterase, and tyrosinase inhibition studies and antioxidant activities of 33 *Scutellaria L.* taxa from Turkey. *Food and chemical toxicology: an international journal published for the British Industrial Biological Research Association*, 48(3), 781–788.
- Sethi, S., Prakash, O., Kumar, R., Dubey, SK., Arya, M. & Pant, AK. (2022). Phytochemical Analysis, Antioxidant and Antifungal Activity of Essential oil and Extracts of *Alpinia malaccensis* (Burm.f.) Roscoe flowers. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 58.
- Shen, N., Wang, T., Gan, Q., Liu, S., Wang, L. & Jin, B. (2022). Plant flavonoids: Classification, distribution, biosynthesis, and antioxidant activity. *Food chemistry*, 383, 132531.
- Sinaga, FA., Harahap, U., Silalahi, J. & Sipahutar, H. (2019). Antioxidant Effect of Virgin Coconut Oil on Urea and Creatinine Levels on Maximum Physical Activity. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences*, 7(22), 3781–3785.
- Singleton, VL. & Rossi, JA. (1965). Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic– Phosphotungstic Acid Reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144-158.
- Slinkard, K. & Singleton, VL. (1977). Total Phenol Analyses: Automation and Comparison with Manual Methods. *American Journal of Enology and Viticulture*, 28(1), 49-55.
- Sowunmi, K., & Kaka, Z. (2023). Antioxidant Activity of *Nigella sativa* Essential Oil. IntechOpen. doi: 10.5772/intechopen.109086.
- Spiazzi, BF., Duarte, AC., Zingano, CP., Teixeira, PP., Amazarray, CR., Merello, EN., Wayerbacher, LF., Farenzena, LP., Correia, PE., Bertoluci, MC., Gerchman, F. & Colpani, V. (2023). Coconut oil: an overview of cardiometabolic effects and the public health burden of misinformation. *Archives of Endocrinology and Metabolism*, 67(6).
- Sun, J., Feng, X., Lyu, C., Zhou, S. & Liu, Z. (2022). Effects of different processing methods on the lipid composition of hazelnut oil: A lipidomics analysis, *Food Science and Human Wellness*, 11(2), 427-435.
- Szydłowska-Czerniak, A., Trokowski, K., Karlovits, G., & Szłyk, E. (2011). Effect of refining processes on antioxidant capacity, total contents of phenolics and carotenoids in palm oils. *Food Chemistry*, 129(3), 1187–1192.
- Tel-Çayan, G., Findik, C., (2023). “HPLC-DAD analysis, and determination of antioxidant, anticholinesterase and antidiabetic activities of *Polyporus squamosus* (Huds.) Fr. *Mugla Journal of Science and Technology*, 9(2), 73-80.

- Temur, H. (2015). Uses and applications of the corn oil. Chapter 4: Corn and Coconut Oil, Editör: Apetrei, C., Nova Science Publishers, New York, 79-91.
- Tian, M., Bai, Y., Tian, H. & Zhao, X. (2023). The Chemical Composition and Health-Promoting Benefits of Vegetable Oils-A Review. *Molecule (Basel, Switzerland)*, 28(17), 6393.
- Topkafa, M., Ayyildiz, HF. & Kara, H. (2019). Hazelnut (*Corylus avellana*) Oil. In: Ramadan, M. (eds) Fruit Oils: Chemistry and Functionality. Springer, Cham.
- Wan, Y., Zhou, Q., Zhao, M. & Hou, T. (2023). Byproducts of Sesame Oil Extraction: Composition, Function, and Comprehensive Utilization. *Foods (Basel, Switzerland)*, 12(12), 2383.
- Wen, C., Shen, M., Liu, G., Liu, X., Liang, L., Li, Y., Zhang, J. & Xu, X. (2023). Edible vegetable oils from oil crops: Preparation, refining, authenticity identification and application. *Process Biochemistry*, 124,168-179.
- Were, BA., Onkware, AO., Gudu, S., Welander, M. & Carlsson, AS. (2006). Seed oil content and fatty acid composition in East African sesame (*Sesamum indicum* L.) accessions evaluated over 3 years, *Field Crops Research*, 97(2-3), 254-260.
- Wroniak M, Kwiatkowska M, Krygier K. (2006). Charakterystyka wybranych olejów tłoczonych na zimno. *Zywnosc Nauka Technologia Jakosc*, 2(47), 46-58.
- Xuan, TD., Gangqiang, G., Minh, TN., Quy, TN., & Khanh, TD. (2018). An Overview of Chemical Profiles, Antioxidant and Antimicrobial Activities of Commercial Vegetable Edible Oils Marketed in Japan. *Foods (Basel, Switzerland)*, 7(2), 21.
- Valgimigli, L. (2023). Lipid Peroxidation and Antioxidant Protection. *Biomolecules*, 13(9), 1291.
- Yang, D., Shi, H., Zhang, K., Liu, X., & Ma, L. (2023). The antifungal potential of the chelating agent EDTA against postharvest plant pathogen *Botrytis cinerea*. *International Journal of Food Microbiology*, 388, 110089.
- Yara-Varón, E., Li, Y., Balcells, M., Canela-Garayoa, R., Fabiano-Tixier, AS. & Chemat, F. (2017). Vegetable Oils as Alternative Solvents for Green Oleo-Extraction, Purification and Formulation of Food and Natural Products. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 22(9), 1474.
- Yener, I., Kocakaya, SO., Ertas, A., Erhan, B., Kaplaner, E., Oral, EV., Yilmaz-Ozden, T., Yilmaz, MA., Ozturk, M. & Kolak, U. (2020). Selective in vitro and in silico enzymes inhibitory activities of phenolic acids and flavonoids of food plants: Relations with oxidative stress. *Food Chemistry*, 327, 127045.
- Yıldırım, ER. & Ulusoy Güzeldemirci, N. (2023). Recent advances of cholinesterase inhibitors playing a critical role in the treatment of alzheimer's disease (2020-2022). *Sağlık Bilimlerinde İleri Araştırmalar Dergisi*, 6(2), 197-209.

## ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler		
Adı Soyadı	MERVE NUR GÜNGÖR ÇUHADAR	
Doğum Yeri	ORDU	
Uyruğu	<input checked="" type="checkbox"/> T.C.	<input type="checkbox"/> Diğer:
Eğitim Bilgileri		
Lisans		
Üniversite	Ondokuz Mayıs Üniversitesi	
Fakülte	Sağlık Yüksekokulu	
Bölümü	Beslenme ve Diyetetik	
Mezuniyet Yılı	2017	
Yüksek Lisans		
Üniversite	Ordu Üniversitesi	
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü	
Anabilim Dalı	Kimya Anabilim Dalı	
Bilim Dalı	-	
Mezuniyet Tarihi	-	

