

T.C.  
AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
2021-YL-047

**DEFNE (*Laurus nobilis* L.) VE KARABAŞ OTU (*Lavandula  
stoechas* L.) UÇUCU YAĞLARININ RAFİNE AYÇİÇEK VE  
RİVİERA ZEYTİNYAĞLARININ OKSİDATİF  
STABİLİTELERİNE ETKİLERİ**

**ÖZGE YÜZEREROĞLU  
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**DANIŞMAN  
Doç. Dr. Aslı YORULMAZ**

Bu tez Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından MF-20015 kodlu proje numarası ile desteklenmiştir.

**AYDIN-2021**

## TEŞEKKÜRLER

Çalışmalarım süresince bilgi ve tecrübesi ile bana yol gösteren, sabrı ve hoşgörüsü ile her konuda desteğini esirgemeyen kıymetli danışman hocam Doç. Dr. Aslı YORULMAZ'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Laboratuvar çalışmalarım süresince, deneyimlerini paylaşarak beni yönlendiren Sayın Prof. Dr. Mustafa KIRALAN'a ve çalışmalarım esnasında karşılaştığım zorlukları aşarken gösterdikleri destek ve güleryüz için Arş. Gör. Aslı YILDIRIM VARDİN'e ve Derya DENİZ ŞİRİNYILDIZ'a çok teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimim boyunca tecrübesiyle yanımda olan, her zaman sevgi ve desteğini hissettiğim Öğr. Gör. Dr. Gözde ÇETİN'e ve eğitim-öğretim hayatım süresince beni maddi manevi her konuda destekleyen ve yanımda olan aileme en içten teşekkürlerimi ve sevgilerimi sunarım.

Özge YÜZEREROĞLU

# İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY .....	iii
TEŞEKKÜRLER.....	iv
İÇİNDEKİLER.....	v
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
ÖZET .....	x
ABSTRACT .....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	3
2.1. Lipit Oksidasyonu .....	3
2.2. Uçucu Yağlar.....	7
2.2.1. Defne Uçucu Yağı .....	10
2.2.2. Karabaş Otu Uçucu Yağı.....	11
2.3. Ayçiçek Yağı.....	12
2.4. Riviera Zeytinyağı .....	14
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	17
3.1. Materyal.....	17
3.2. Yöntem .....	17

3.2.1. Uçucu Yağların Riviera Zeytinyağı ile Ayçiçek Yağına İlavesi .....	17
3.2.2. Schaal Fırın Testi.....	17
3.2.3. Analiz Yöntemleri .....	18
3.2.3.1. Serbest Yağ Asitliği.....	18
3.2.3.2. Peroksit Değeri .....	18
3.2.3.3. Ultraviyole Işığında Özgül Soğurma ( $K_{232}$ ve $K_{270}$ ) Değerleri.....	19
3.2.3.4. Fotometrik Renk İndeksi .....	19
3.2.3.5. Yağ Asidi Bileşiminin Belirlenmesi.....	19
3.2.4. İstatistiki Değerlendirme .....	20
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	21
4.1. Serbest Yağ Asitliğine İlişkin Bulgular .....	21
4.2. Peroksit Değerine İlişkin Bulgular .....	23
4.3. Ultraviyole Işığında Özgül Soğurma Değerlerine İlişkin Bulgular.....	25
4.4. Fotometrik Renk İndeksine İlişkin Bulgular .....	28
4.5. Yağ Asidi Bileşimine İlişkin Bulgular .....	30
5. SONUÇ.....	37
KAYNAKLAR.....	38
BİLİMSEL ETİK BEYANI .....	47
ÖZ GEÇMİŞ.....	48

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

**AH** : Antioksidan

**AOCS** : Amerikan Yağ Kimyagerleri Derneği

**BHA** : Bütillenmiş Hidroksianisol

**BHT** : Bütillenmiş Hidroksitoluen

**DPPH** : 2,2-Difenil-1-Pikrilhidrazil

**GC/MS**: Gaz Kromatografi/Kütle Spektrometri

**GC-FID**: Gaz Kromatografi-Alev İyonizasyon Dedektörü

**IUPAC**: Uluslararası Temel ve Uygulamalı Kimya Birliği

**·OH** : Hidroksi Radikali

**OSI** : Oksidatif Stabilite İndeksi

**PG** : Propil Gallat

**R·** : Serbest Radikal

**RO·** : Alkoksi Radikali

**ROO·** : Peroksit Radikali

**TBA** : Tiyobarbütirik Asit

**TBHQ**: Tersiyer Bütül Hidrokinon

**TGK** : Türk Gıda Kodeksi

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Lipit oksidasyon mekanizması.....	5
Şekil 2.2. Antioksidanların etki mekanizması.....	6
Şekil 4.1. Depolama süresince ayçiçek yağlarının serbest yağ asidi içeriklerinde meydana gelen değişim. ....	21
Şekil 4.2. Depolama süresince riviera zeytinyağlarının serbest yağ asidi içeriklerinde meydana gelen değişim. ....	22
Şekil 4.3. Depolama süresince ayçiçek yağlarının peroksit değerlerinde meydana gelen değişim. ....	24
Şekil 4.4. Depolama süresince riviera zeytinyağlarının peroksit değerlerinde meydana gelen değişim. ....	25
Şekil 4.5. Depolama süresince ayçiçek yağlarının $K_{232}$ değerlerinde meydana gelen değişim. ....	26
Şekil 4.6. Depolama süresince ayçiçek yağlarının $K_{270}$ değerlerinde meydana gelen değişim. ....	26
Şekil 4.7. Depolama süresince riviera zeytinyağlarının $K_{232}$ değerlerinde meydana gelen değişim. ....	27
Şekil 4.8. Depolama süresince riviera zeytinyağlarının $K_{270}$ değerlerinde meydana gelen değişim ....	28
Şekil 4.9. Depolama süresince ayçiçek yağlarının fotometrik renk indekslerinde meydana gelen değişim. ....	29
Şekil 4.10. Depolama süresince riviera zeytinyağlarının fotometrik renk indekslerinde meydana gelen değişim. ....	30

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<b>Çizelge 2.1.</b> Farklı ayçiçek yağlarının yağ asidi bileşimleri .....	13
<b>Çizelge 2.2.</b> Riviera zeytinyağına ait yağ asidi bileşimi .....	15
<b>Çizelge 4.1.</b> Depolama süresince ayçiçek yağlarının yağ asidi bileşimleri (%).....	33
<b>Çizelge 4.2.</b> Depolama süresince riviera zeytinyağlarının yağ asidi bileşimleri (%).....	36

## ÖZET

### DEFNE (*Laurus nobilis* L.) VE KARABAŞ OTU (*Lavandula stoechas* L.) UÇUCU YAĞLARININ RAFİNE AYÇİÇEK VE RİVIERA ZEYTİNYAĞLARININ OKSİDATİF STABİLİTELERİNE ETKİLERİ

**Yüzereroğlu Ö. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Aydın, 2021.**

**Amaç:** Ayçiçek yağı ve riviera zeytinyağının oksidatif stabilitelerinin artırılması amacıyla doğal defne ve karabaş otu uçucu yağı takviyesinin etkilerinin incelenmesidir.

**Materyal ve Yöntem:** Bu amaçla ayçiçek ve riviera zeytinyağı örneklerine 500 ve 1000 ppm düzeylerinde defne ve karabaş otu uçucu yağı ilave edilmiş ve ayçiçek yağı örnekleri 60°C’de 12 gün süreyle, riviera zeytinyağı örnekleri ise aynı sıcaklıkta 20 gün süreyle depolanmışlardır. Depolama işlemi süresince örneklerin serbest asitlik ve peroksit değerleri ile birlikte, K<sub>232</sub> ve K<sub>270</sub> değerleri, fotometrik renk indeksi değerleri ve yağ asidi bileşimleri belirlenmiştir.

**Bulgular:** Çalışma sonuçları serbest yağ asidi miktarında depolama süresince artış meydana geldiğini ancak uçucu yağ ilavesinin bu artışı baskılayabildiğini göstermiştir. Ayrıca uçucu yağ ilavesi ile birlikte peroksit sayısında meydana gelen artış da engellenebilmiş, defne uçucu yağının ise karabaş otu uçucu yağına göre peroksit sayısındaki artışı daha yüksek oranda engelleyebildiği saptanmıştır. Örneklerin K<sub>232</sub> değeri depolama ile birlikte artış gösterirken, K<sub>270</sub> değerleri, 1000 ppm düzeyinde defne uçucu yağı ilave edilmiş örnekler hariç, Türk Gıda Kodeksi Zeytinyağı ve Pirina Yağı Tebliği’ne göre riviera zeytinyağının ultraviyole ışığında özgül soğurma E (270 nm) değerini ( $\leq 1,15$ ) aşmamıştır. Farklı uçucu yağların ilavesi, ayçiçek ve riviera zeytinyağlarının yağ asidi bileşimini farklı yönlerde etkilemiştir.

**Sonuç:** Çalışma sonuçları defne ve karabaş otu uçucu yağlarının ayçiçek ve riviera zeytinyağlarının oksidatif stabilitelerini korumada olumlu etkiler gösterdiğini ortaya koymuştur.

**Anahtar kelimeler:** Ayçiçek Yağı, Defne Uçucu Yağı, Karabaş Otu Uçucu Yağı, Stabiliteler, Zeytinyağı.



## ABSTRACT

### THE EFFECTS OF LAUREL (*Laurus nobilis* L.) AND FRENCH LAVENDER (*Lavandula stoechas* L.) ESSENTIAL OILS ON OXIDATIVE STABILITIES OF REFINED SUNFLOWER AND OLIVE OIL

**Yüzereroğlu Ö. Aydın Adnan Menderes University, Institute of Science, Department of Food Engineering, M.Sc. Thesis, Aydın, 2021.**

**Objective:** The aim of the thesis is to examine the effects of natural laurel and French lavender essential oil supplementation in order to increase the oxidative stability of sunflower oil and riviera olive oil.

**Material and Methods:** For this purpose, 500 and 1000 ppm laurel and French lavender essential oils were added to sunflower and olive oil samples, and sunflower oil samples were stored at 60°C for 12 days, and olive oil samples were stored at the same temperature for 20 days. During the storage period, free acidity and peroxide values, K<sub>232</sub> and K<sub>270</sub> values, photometric color index values and fatty acid compositions of the samples were determined.

**Results:** The results of the study showed that the amount of free fatty acids increased during storage, but the addition of essential oil could suppress the increase. In addition, the increase in peroxide value with the supplementation of essential oil could also be prevented, and it was determined that the laurel essential oil could inhibit the increase in peroxide value at a higher rate when compared to French lavender essential oil. While the K<sub>232</sub> value of the samples increased with storage, the K<sub>270</sub> values, except for the samples with 1000 ppm of laurel essential oil, did not exceed the specific absorption in ultraviolet light E (270 nm) value ( $\leq 1,15$ ) of olive oil according to the Turkish Food Codex. Incorporation of different essential oils had different effects on fatty acid compositions of olive and sunflower oils.

**Conclusion:** The results of the study showed that laurel and French lavender essential oils had positive effects on protecting the oxidative stability of sunflower and olive oils.

**Keywords:** French Lavender Essential Oil, Laurel Essential Oil, Olive Oil, Stability Sunflower Oil

# 1.GİRİŞ

Bitkisel yağlarda ortaya çıkan en önemli bozulma etmenlerinden biri olan lipit oksidasyonu, yağın duyuşal özelliklerinin bozulmasına, renk değişimine, toksik bileşenlerin oluşmasına ve beslenme değerlerinde kayıplara neden olabilmektedir. Oksidasyonun ortaya çıkmasında ısı, ışık, ağır metal iyonları ve oksijen rol oynamaktadır. Lipit oksidasyonunun birincil ürünleri hidroperoksitler; ikincil ürünleri ise aldehitler, ketonlar, alkoller, hidrokarbonlar, furanlar ve asitlerdir. Bu uçucu bileşen gruplarından özellikle aldehitler istenmeyen lezzet ve aroma oluşumuna neden olmaktadır. Lipit oksidasyonunun engellenmesinde kullanılan yöntemler; oksijen ve ışık maruziyetinin en aza indirgenmesi, metal kontaminasyonunun engellenmesi, tokoferol kaybının önlenmesi ve antioksidan kullanımındır (Frankel, 2014; Ulaş, 2015; Çalık, 2017).

Oksidasyonun önlenmesinde genellikle sentetik antioksidanlar kullanılmaktadır. En çok tercih edilen sentetik antioksidanlar bütillenmiş hidroksianisol (BHA), bütillenmiş hidroksi toluen (BHT) ve tersiyer bütıl hidrokinon (TBHQ)'dur (Shahidi, 2000; Frankel, 2007). Sentetik antioksidanların sağlık üzerine olası olumsuz etkilerine yönelik endişeler, üreticileri alternatif doğal antioksidan kaynakların kullanımına itmiştir. Yapılan bazı çalışmalarda doğal antioksidanların sentetik antioksidanlardan daha fazla etkili olduğu bildirilmiştir (Carvalho vd., 2005). Besinlerin tat ve koku gibi özelliklerini iyileştirmek için kullanılan yağlı tohumlar, baharat ve doğal aromatik bitkiler, özellikle de uçucu yağlar giderek artan önem kazanmaktadır (Ali, 2010; Çoban ve Patır, 2010; Mechergui vd., 2010).

Uçucu yağlar genellikle bitkilerin çiçek, yaprak, kök, sap, tohum, meyve, kabuk gibi kısımlarından elde edilen, bitkinin kendi besinini oluşturma amacıyla ürettiği uçucu yapıdaki ikincil metabolitlerdir. Uçucu yağlar yaklaşık olarak 20-60 aromatik bileşikten oluşmakta ve bu durum yağa karakteristik bir koku ve aroma kazandırmaktadır (Arora vd., 2015). Uçucu yağlar genellikle oda sıcaklığında sıvı olup, sudan daha düşük bir yoğunluğa sahiptir. Suda sınırlı bir çözünürlüğe sahip olup, organik çözücülerde yüksek oranda çözünmektedirler (Chahal vd., 2017). Uçucu yağ içeriği hem bitkinin elde edildiği kaynağa göre, hem de bitkiden elde edilen fraksiyona göre farklılık gösterebilmektedir. Ayrıca elde edilen uçucu yağın verimi genetik özellikler, çevresel koşullar, olgunlaşma durumu ve buhar distilasyonu, hidrodistilasyon ve Sokslet ekstraksiyonu gibi uygulanan ekstraksiyon koşullarına göre değişiklik göstermektedir (Woolf, 1999).

*Lauraceae* ailesinin bir bitkisi olan defne, Akdeniz bölgesine özgü yaprak dökmeyen bir çalıdır. Defne bitkisinin antimikrobiyal ve antioksidan etkileri olduğu ve antioksidan etkinin de öjenol ve metil öjenol içeriğinden kaynaklandığı bildirilmiştir. Defne bitkisinden elde edilen uçucu yağ, gıda endüstrisinde aroma verici olarak kullanım alanı bulmaktadır. Defne uçucu yağının baskın bileşenleri 1,8-sineol,  $\alpha$ -terpinen ve sabinen olarak tespit edilmiştir (Turhan ve Tural, 2017).

Ülkemizde doğal olarak yetişen ve halk arasında gargan otu ya da keşiş otu olarak da bilinen karabaş otu yüzyıllardır Anadolu halk hekimliğinde üst solunum yolları problemlerinin iyileştirilmesi amacıyla ve antiseptik özelliği nedeniyle yaraların tedavisinde kullanılmaktadır (Ayrar, 1997; Öztürk vd., 2005). Taşıdığı flavonoidler, saponin ve uçucu yağın bu etkilerden sorumlu oldukları düşünülmektedir (Baytop, 1999). *Lavandula stoechas* (karabaş otu) Akdeniz ülkelerinde ve ülkemizde alçak makide sık rastlanılan, mor renkli bir çalıdır (Baytop, 1996). *Lavandula stoechas* uçucu yağı, bitki kuru ağırlığının %0,1-3'ünü oluşturmaktadır ve yapısında monoterpenoidler ile seskiterpenoidleri barındırmaktadır (Hassiotis, 2010).

Depolama ve sıcaklık uygulaması gibi işlemler yemeklik yağların oksidasyona karşı dayanıklılığını azaltmakta ve bu durum yağların stabilitelerinin korunmasına yönelik önlem alma gerekliliğini beraberinde getirmektedir. Bu tez çalışması kapsamında, ayçiçek ve riviera zeytinyağına 500 ve 1000 ppm düzeylerinde karabaş otu ve defne uçucu yağları ilave edilerek, ayçiçek ve riviera zeytinyağlarına sırasıyla 12 ve 20 gün süreyle 60°C sıcaklıkta Schaal fırın testi uygulanmıştır. Çalışmada defne ve karabaş otu uçucu yağ ilavesinin bitkisel yağların oksidatif stabilite, renk indeksi ve yağ asidi bileşimleri üzerine etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

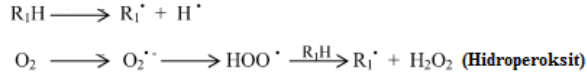
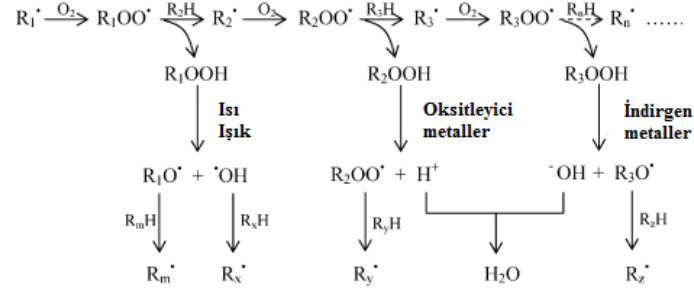
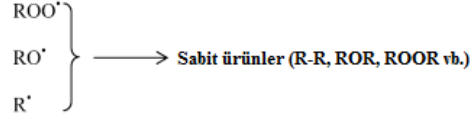
### 2.1. Lipit Oksidasyonu

Lipit oksidasyonu, gıdaların işlenmesi ve depolanması sırasında yağın raf ömrünü ve kalite özelliklerini etkileyen en kritik faktörlerden biridir (Maszewska vd., 2018). Gıdalarda tat, koku, doku ve görünümde istenmeyen değişikliklere neden olduğu gibi ayrıca yağda çözünen vitaminlerin yok olmasına, biyoaktif maddelerin kaybına ve hatta potansiyel olarak toksik bileşiklerin oluşmasına sebep olmaktadır (Shahidi ve Zhong, 2010; Yang vd., 2016). Oksidasyon ürünlerinin çoğu oldukça reaktiftir; kanser, ateroskleroz, kalp hastalığı ve alerjik reaksiyonlar gibi insan sağlığında istenmeyen *in vivo* etkilerden sorumlu olabilirler (Redondo-Cuevas vd., 2018).

Lipit oksidasyonunun başlaması, öncülerin veya katalizörlerin varlığını gerektirmektedir. Oksidasyon tepkimelerinin başlamasında önemli iki faktör doymamışlık derecesi ve ortamdaki oksijen varlığıdır. Işık, ısı, enzimler, metaller, metaloproteinler, iyonlaştırıcı radyasyon ve mikroorganizmalar gibi katalitik sistemlerin varlığı da tepkimelerin indüklenmesinde etkili olmaktadır (Shahidi ve Zhong, 2010; Kayahan, 2017; Redondo-Cuevas vd., 2018). Ayrıca yağda yer alan yağ asitlerinin çeşidi ve miktarı, yağın oksijen ile temas eden yüzey alanı, kısmi oksijen basıncı, depo koşulları (sıcaklık, nem), yağın içerdiği antioksidan ve prooksidan etkinliği ile miktarı da reaksiyon hızını etkileyen faktörler arasında yer almaktadır (Kayahan, 2017).

Lipitlerde oluşan oksidasyon tepkimeleri; otoksidasyon, fotooksidasyon, termal veya enzimatik oksidasyon olarak ortaya çıkabilmektedir. Otoksidasyon, en yaygın gözlenen oksidasyon tipidir. Bu süreç, serbest radikallerin zincirleme reaksiyonu yoluyla lipitlerin atmosferik oksijen ile spontan reaksiyonu olarak tanımlanmaktadır (Redondo-Cuevas vd., 2018). Otoksidasyon, kendi kendine yayılmakta ve hızlanmaktadır. Termal oksidasyon yüksek sıcaklıklarda gerçekleşen bir oksidasyon tipi olup, kimyasal mekanizması temelde otoksidasyonla aynıdır. Fakat termal oksidasyon, otoksidasyondan daha hızlı gerçekleşir. Eğer oksidasyon, lipoksigenazlar gibi belirli enzimler tarafından da katalizleniyor ise enzimatik oksidasyon adını almaktadır (Choe ve Min, 2007; Shahidi ve Zhong, 2010).

Lipit oksidasyonu, reaksiyonun başlaması (başlangıç), reaksiyonun dallanması (yayılma-dallanma) ve reaksiyonun sona ermesi (sonlanma) olarak üç aşamadan meydana gelmektedir (Shahidi ve Zhong, 2010). Şekil 2.1’de lipit otoksidasyonunun aşamaları şematize edilmiştir. Bir yağ molekülünden hidrojenin uzaklaşarak alkil radikalinin oluşması, yağın oksidasyon reaksiyonlarının başlaması anlamına gelmektedir (Choe ve Min, 2007). Eğer hidrojen atomu metil grubundan (-CH<sub>3</sub>) ayrılıyorsa (dissosiasyon) 422 kJ, doymuş bir bağdan (-CH<sub>2</sub>-) ayrılıyorsa 410 kJ, allil gruba (-C=C-) komşu olan karbon atomundan ayrılıyorsa 322 kJ ve iki allil grup arasında yer alan karbon atomundan ayrılacak olursa 272 kJ’lük enerji gerekmektedir (Kayahan, 2017). Oksidasyon sırasında oluşan ve zincir reaksiyonlara katılan serbest radikaller; alkoksi (RO·), peroksi (ROO·), hidroksi (·OH) radikalleri ve serbest (R·) radikaller olarak adlandırılırlar (Choe ve Min, 2007). Oluşan lipit radikalleri daha sonra oksijenle reaksiyona girerek, hızla ilerleyen zincir reaksiyonu sırasında taşıyıcı olarak hareket eden peroksi radikalleri oluştururlar. Peroksi radikalleri ile bir araya gelen hidroksi radikallerin oluşturduğu hidroperoksitler, oksidasyonun birincil ürünleri olarak bilinirler. Hidroperoksitler oldukça kararsız bir yapıya sahip olduklarından, bir sonraki adım olan yayılma sırasında ayrışarak aldehit, keton, alkol, hidrokarbon, uçucu organik asit ve epoksi bileşikler gibi ikincil oksidasyon ürünlerine dönüşürler. Bu ürünlerden bazıları istenmeyen tat ve kokuya sahiptirler. Ayrıca hidroperoksitler, peroksit bağının homoliziyle alkoksi radikallerine ve hidroksi radikallerine de ayrışırlar. Bu reaksiyonlar, ortamda hidrojen kaynağı tükenene veya antioksidanlar tarafından zincir kesintiye uğratılana dek birkaç bin kez tekrarlanabilirler. Oksidasyonun sonlandırma aşamasında stabil, radikal olmayan uçucu ve uçucu olmayan ürünler ortaya çıkmaktadır (Choe ve Min, 2007; Shahidi ve Zhong, 2010).

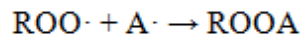
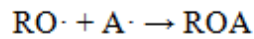
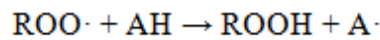
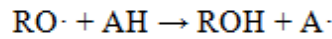
**BAŞLANGIÇ:****YAYILMA:****SONLANMA:**

**Şekil 2.1.** Lipit oksidasyon mekanizması (Shahidi ve Zhong, 2010).

Oksidatif stabilite, sıvı ve katı yağların işleme ve saklama süreleri boyunca oksidatif olarak bozulmaya karşı direnme kabiliyetini ifade etmekte, yağın bozulmaya karşı direndiği bu süreye indüksiyon periyodu adı verilmektedir (Redondo-Cuevas vd., 2018). Oksidatif stabilite, yağın teknolojik süreçlerdeki kullanım olanaklarını belirlemektedir. Gıda kimyasında, yenilebilir sıvı ve katı yağların oksidatif kararlılığını belirlemek için birçok yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemlerin hızlı ve güvenilir olmaları oldukça önemlidir. En güvenilir test depolama testidir, ancak çok uzun sürer. Bu nedenle, mümkün olan en kısa sürede yağ stabilitesinin belirlenmesine imkân veren yöntemler daha değerli hale gelmiştir. Bu yöntemler; indüksiyon periyodu (Ransimat testi), OSI (Oksidatif stabilite indeksi), peroksit sayısı, *p*-anisidin değeri, asit sayısı veya ikincil lipit ürünleri olarak oluşan aldehitlerin miktarının belirlenmesi (TBA analizi) şeklinde sıralanabilir. Literatürde bazı kemilüminometri tabanlı yöntemler de mevcuttur (Szterk vd., 2010; Maszewska vd., 2018). Lipit oksidasyonunun bir göstergesi olan karbonil bileşikleri, kromatografik teknikler kullanılarak da ölçülebilmektedir (Shahidi ve Zhong, 2010). Oksidasyon sırasında çoklu doymamış yağ asitlerinde çift bağların yeniden düzenlenmesi sonucunda oluşan konjuge dienler ve trienler de oksidasyon göstergesi olarak kullanılabilir (Choe ve Min, 2007; Shahidi ve Zhong, 2010). AOCS resmi metodu Cd 12b-92'de tarif edildiği gibi Hadorn ve Zurcher (1974) tarafından geliştirilen Ransimat testi, oksidatif stabilite indeksini

değerlendirmek için sıklıkla kullanılmaktadır (Redondo-Cuevas vd., 2018). Ransimat testi, yüksek sıcaklıklarda yağ oksidasyonundan üretilen uçucu düşük moleküler ağırlıklı organik asitlerin neden olduğu iletkenlik değişikliklerinin ölçülmesi ile gerçekleştirilir (Yang vd., 2016). Ransimat testi, sentetik ve doğal antioksidanların antioksidan kapasitelerinin değerlendirilmesinde de yaygın olarak kullanılmaktadır. Ransimat testi, işgücündeki kayda değer tasarruf sayesinde oksidatif kararlılıkların belirlenmesi için aktif oksijen yöntemine bir alternatif sunmaktadır (Yang vd., 2016).

Oksidasyon tepkimelerinden etkilenen başlıca reaktifler doymamış yağ asitleri, serbest yağ asitleri, basit alkil esterler, açilgliseroller ve fosfolipitler olarak sıralanabilir (Shahidi ve Zhong, 2010). Yağ asitlerinin bileşimi, yağın oksidatif stabilitesi açısından özellikle önemlidir. Bir yağ ne kadar doymamışsa, oksidasyon reaksiyonu o kadar hızlı ilerler. Yağ asidi bileşiminin yanı sıra antioksidanlar da lipit oksidasyonu açısından oldukça önemlidir (Redondo-Cuevas vd., 2018). Oksidatif stabiliteyi arttırmak ve raf ömrünü uzatmak için gıda formülasyonlarına sıklıkla antioksidanların ilavesi söz konusudur.



**Şekil 2.2.** Antioksidanların etki mekanizması (Kayahan, 2017).

Şekil 2.2’de antioksidanların yağda oluşan radikaller ile verdikleri tepkimeler yer almaktadır. İlk iki tepkimede oluşan ve fenoksi-radikal olarak isimlendirilen ürünler oldukça stabildir. Son iki tepkimede de antioksidanların kendi radikalleri ile alkoksi ve peroksi redikallerini bağladığı gözlenmektedir. Bu ürünler doymamış yapılara kıyasla daha stabildir (Kayahan, 2017).

Antioksidanlar kaynağa göre doğal, sentetik veya yarı sentetik (kimyasal olarak modifiye edilmiş doğal antioksidanlar) olarak sınıflandırılabilir. Katı ve sıvı yağlarda bulunan doğal antioksidanlar hidrokarbonlar (skualen), fitosteroller ( $\beta$ -sitosterol, stigmasterol), tokokromanoller ( $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -,  $\delta$ -tokoferol/tokotrienoller), fenolik bileşikler (fenolik asitler, flavonoidler ve izoflavonoidler), karotenoidler (karotenler, ksantofiller), fosfolipitler (fosfatidilkolin, fosfatidiletanolamin) olarak sıralanabilir. Bu bileşenler yağların

sabunlaşmayan maddelerinin bir bölümünü oluşturmakta ve lipit bileşiminin yaklaşık %5'ini temsil etmektedir (Aladedunye, 2014). Lipit oksidasyonunu önlemek için kullanılan doğal, bitki bazlı antioksidanların faydaları üzerinde özellikle durulmaktadır. Doğal antioksidanlar; serbest radikallerin yakalanması, peroksitlerin ayrıştırılması/okside edilmesi ve oksijen süpürme yoluyla bozulmayı geciktirmektedir. BHA, BHT, TBHQ ve propil gallat (PG) gibi kimyasal olarak sentezlenen sentetik antioksidanlar da, yüksek oksidatif stabiliteleri ve düşük maliyetleri nedeniyle lipitlerin oksidatif bozunmasını geciktirmede yaygın olarak tercih edilmektedir. Fakat sentetik antioksidanların tüketiminin sağlık üzerine olumsuz etkileri olduğuna yönelik kaygılar (Lutterodt vd., 2011; Aladedunye, 2014; Yang vd., 2016) doğal antioksidanların kullanımını gündeme getirmiştir. Son yıllarda, bitkilerin çeşitli kısımlarından elde edilen özütler, özellikle otlar ve baharatlar (biberiye özleri, çay, adaçayı, lavanta, kekik, keçiboynuzu, arpa tohumları vb.) popüler hale gelmiştir (Marmesat vd., 2010).

## **2.2. Uçucu Yağlar**

Uçucu yağlar, bitki materyalinden (yapraklar, tomurcuklar, meyveler, çiçekler, otlar, dallar, ağaç kabuğu, kökler ve tohumlar) farklı yöntemler kullanılarak elde edilen ve türetildiği bitkinin adını taşıyan aromatik, uçucu maddelerdir (Rios, 2016; Chouhan vd., 2017). Pek çok bitkide bulunan uçucu yağlar, özellikle aromatik bitkiler olarak adlandırılan çeşitlerden elde edilmektedir. Fesleğen, defne, tarçın, adaçayı, okaliptüs, limon otu, nane, kekik, çam, biberiye, çay ağacı, badem, anason, kakule, kimyon, kişniş, maydanoz, rezene, sedir, sandal ağacı, mersin, tarçın, ardıç, papatya, karanfil, sardunya, yasemin, lavanta, mercanköşk vb. aromatik bitkilere örnek olarak gösterilebilir (Tongnuanchan ve Benjakul, 2014). Antik çağlardan bu yana aromatik bitkiler ve uçucu yağlar halk hekimliğinde sıklıkla kullanılmıştır (Nazzaro vd., 2013). Uçucu yağlar, kokulu maddelerin ürünleri veya karışımları veya kokulu ve kokusuz maddelerin karışımları olarak tanımlanabilir. Bu hoş kokulu maddeler, normal şartlar altında uçucu olan, kimyasal olarak saf bileşiklerdir. Uçucu yağların bileşimi genetik nedenlere, iklim, yağış, coğrafi kökene veya ekstraksiyon yöntemine bağlı olarak değişiklik gösterebilir (Tongnuanchan ve Benjakul, 2014; Rios, 2016). Uygun olmayan teknikler ile elde edilen uçucu yağlarda renk ve koku/tat bozulmasının yanısıra ayrıca artan viskozite gibi fiziksel değişiklikler de meydana gelebilmektedir (Tongnuanchan ve Benjakul, 2014).



Çok karmaşık bir yapıya sahip olan uçucu yağlar, farklı konsantrasyonlarda yaklaşık 20-60 bileşenden oluşabilir. Uçucu yağlar, eser miktarlarda bulunan diğer bileşenlere kıyasla oldukça yüksek konsantrasyonlarda (%20-70) iki veya üç ana bileşenin bulunması ile karakterize edilir (Chouhan vd., 2017). Genellikle esas olarak lipofilik ve oldukça uçucu ikincil bitki metabolitleri olan mono- ve seskiterpenleri, allil ve izoallil fenollerini yapılarında bulundurlar. Uçucu yağlar içerisinde tanımlanan diğer maddeler arasında, genellikle damıtılabilen kumarinler, antrakinonlar ve alkaloidler sayılabilir (Rios, 2016). Aromatik ve tıbbi bitkilerden elde edilen bu yağlar, biyolojik aktivite göstererek radikal süpürücü özellik sergilediğinden antioksidan etkisi nedeniyle özel ilgi görmektedir. Ayrıca antimikrobiyal, antiseptik, antibakteriyel, antiviral, anti-parazitik, antifungal ve insektisidal aktivitelere de sahip olabilirler (Chouhan vd., 2017). Uçucu yağların uygulamaları çeşitlidir. Kozmetik ve parfüm sektöründe yaygın olarak kullanılan bu ürünlerin, tedavi edici özellikleri nedeniyle tıbbi uygulamalarının yanı sıra antimikrobiyal ve antioksidan etkileri sebebiyle de tarım ve gıda alanlarında kullanımları mevcuttur (Rios, 2016).

Aroma-aktif bileşiklerin değerlendirilmesi, tarım ve gıda alanlarında oldukça önemlidir. Uçucu yağların ekstraksiyonu için kullanılan çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Her yöntem belirli avantajlar sergilemekte ve ekstrakte edilen yağların biyolojik ve fizikokimyasal özelliklerini belirlemede etkili olmaktadır (Aziz vd., 2018).

Soğuk ekstraksiyon uçucu yağları elde etmek için kullanılmış olan en eski yöntemdir. Damıtma sürecinin keşfinden önce kullanılmıştır. Düşük bir verim sağlayan bu yöntem daha çok turunçgillerin kabuk yağlarının izolasyonu için kullanılmaktadır (Reyes-Jurado vd., 2015). Buhar damıtma, bitkilerden uçucu yağ ekstraksiyonu için en yaygın kullanılan yöntemdir. Buhar damıtma ile ekstrakte edilen uçucu yağların oranı %93'tür. Temel olarak bitki örneği kaynar suya konur veya buharla ısıtılır. Uygulanan ısı, bitki materyalinin hücre parçalanmasına ve aromatik bileşikler ile uçucu yağların açığa çıkmasına yardımcı olur. Hidrodifüzyon ekstraksiyonu olarak bilinen yöntem de buhar damıtmanın bir çeşididir. Bu iki yöntem arasındaki temel fark buhar giriş yönüdür. Proses ayrıca düşük basınç veya vakum altında da çalıştırılabilir ve buhar sıcaklığını 100°C'nin altına düşürür. Hidrodifüzyon yöntemi, daha kısa işlem süresi ve daha az buhar kullanımı ile elde edilen yüksek yağ verimi nedeniyle buhar damıtma yönteminden daha avantajlıdır (Tongnuanchan ve Benjakul, 2014).

Uçucu yağ içeriğinin belirlenmesi için kullanılan bir diğer yöntem orta çağda geliştirilen hidrodistilasyon yöntemidir (Richter ve Schellenberg, 2007; Chouhan vd., 2017). Fakat bu yöntem sırasında kullanılan ısı, buhar ve pH etkisinde bileşenler zarar görebilmektedir. Suda

çözünen bileşenlerin yanı sıra uçucu bileşenler de hidrodistilasyon sırasında kaybolabilmektedir. Ayrıca, hidrodistilasyon çok zaman alan ve yüksek miktarda bitki numunesi gerektiren bir yöntemdir. Hidrodistilasyon kullanılarak elde edilen uçucu yağların radikal süpürme kapasitesinin, buhar distilasyonu ile elde edilen yağlardan daha düşük olduğu saptanmıştır.

Subkritik su veya basınçlı sıcak su yöntemi, dinamik koşullar altında (suyu sıvı halde ve 100-374°C aralığında tutmak için yeterince yüksek basınç uygulama) özütleyici olarak suyun eklendiği yöntemdir. Etkinliğinin hidrodistilasyon yönteminden beş kat daha fazla olduğu bildirilmiştir (Tongnuanchan ve Benjakul, 2014).

Yukarıda yer alan yöntemler dışında kullanılan bir diğer yöntem çözücü ekstraksiyonudur (Richter ve Schellenberg, 2007). Genellikle suda çözünmeyen, yüksek kaynama noktasına sahip doğal ürünleri izole etmek için kullanılan bu yöntem sırasında buhar ve uçucu yağ buharı, sıvı bir fraksiyona yoğunlaştırılarak elde edilir. Ekstraksiyon için aseton, hekzan, petrol eteri, metanol veya etanol gibi farklı çözücüler kullanılabilir (Tongnuanchan ve Benjakul, 2014). Bu yöntem özel çözücü içinde bileşiklerin çözünürlüğü ile sınırlıdır. Uçucu olmayan, yüksek oranda uçucu veya suda çözünür aroma-aktif bileşenlerin ayrımı gerçekleşmeyebilir. Hızlandırılmış çözücü ekstraksiyonu olarak bilinen yöntem sırasında ise yüksek basınç ve yüksek sıcaklıkların çok kısa bir süre uygulanması nedeniyle bileşenlerin zarar görme ihtimali azalmaktadır (Richter ve Schellenberg, 2007).

Buhar distilasyonu ve çözgen ekstraksiyonu gibi geleneksel tekniklerin kimyasal bileşimi koruma yönünden yetersiz kalması, farklı yöntem arayışlarına sebep olmuştur. Zararlı çözgenler kullanmadan, oksijensiz bir ortamda ve düşük sıcaklıklarda yağın elde edilmesine imkân tanıyan süperkritik akışkan ekstraksiyonu geleneksel yöntemlere iyi bir alternatif olarak tercih edilmektedir (Goto vd., 2005). Gelişmiş, yeni ve yeşil bir yöntem olan süperkritik akışkan ekstraksiyonu ayrıca daha kısa işlem süresi, düşük enerji tüketimi, az çözgen kullanımı ve daha düşük karbondioksit emisyonu nedeniyle de umut verici bir yöntemdir (Reyes-Jurado vd., 2015; Aziz vd., 2018). Karbondioksit, toksik olmadığı ve nispeten düşük basınçlarda ve oda sıcaklıklarına yakın sıcaklıklarda süperkritik çalışmaya izin verdiği için en çok tercih edilen süperkritik çözücüdür. Bu yöntem süperkritik bir çözücü içinde çözünür bileşenlerin ekstraksiyonu ve ekstrakte edilen yapıların çözücünden ayrılması şeklinde iki adımdan oluşmaktadır. Çözünür bileşiklerin süperkritik sıvıdan ayrılması, süperkritik çözücünün termodinamik özelliklerini modifiye ederek, sistemin sıcaklığını veya

basıncını değiştirerek veya adsorpsiyon-absorpsiyon yoluyla harici bir ajan ile gerçekleştirilebilmektedir (Reyes-Jurado vd., 2015).

Katı faz mikroekstraksiyonu uçucu yağların ekstraksiyonunda kullanılan bir diğer yöntemdir. Bu yöntem aroma bileşiklerinin ekstraksiyonu için kullanılabilecek nispeten yeni bir tekniktir. Organik bileşiklerin rutin laboratuvar analizi için çok basit ve verimli, solventsiz bir numune hazırlama yöntemidir. Kaplanmış bir silis lifi doğrudan numuneye veya numunenin üst kısmındaki boşluğa daldırılır. Böylece elde edilmek istenen bileşenler ilgili fiber kaplamaya adsorbe olarak ayrılabilir (Richter ve Schellenberg, 2007).

### 2.2.1. Defne Uçucu Yağı

Defne (*Laurus nobilis* L.), 32 farklı cins ve 2000-2500 farklı türe sahip Lauraceae familyasında yer alan ve uçucu yağ içeriği ile ön plana çıkan; ayrıca gıda, ilaç ve kozmetik sektöründe yaygın olarak kullanılan endüstriyel bir bitkidir. Defne dünya genelinde tropik ve subtropik bölgelerde tarımı yapılan bir bitkidir ve yoğunlukla Asya, Avustralya, Pasifik Bölgesi ve Güney Asya'da yetiştirilmektedir (Chahal vd., 2017). Defnenin ticari üretim merkezleri arasında Türkiye, Cezayir, Fransa, Yunanistan, Fas, Portekiz, İspanya, Belçika, Meksika ve Amerika bulunmaktadır. Bu ülkeler arasında Türkiye temel üreticilerden biri durumundadır (Demir vd., 2004).

Defne uçucu yağı antioksidan özelliği ile ilgi çeken ve ticari olarak öne çıkan ürünlerden biridir. Defne yaprağı uçucu yağının kompozisyonunda yer alan başlıca bileşenler tricyclene, limonene,  $\gamma$ -terpinene, sabinene,  $\alpha$ -terpinene,  $\alpha$ -phellandrene, borneol,  $\alpha$ -pinene, eugenol, linalool, *p*-cymene, camphene,  $\beta$ -pinene, terpinene-4-ol,  $\alpha$ -terpineol,  $\alpha$ -thujene, myrcene, sabinol,  $\gamma$ -cadinene,  $\beta$ -elemene, camphor, germacrane A, germacrane D-4-ol,  $\alpha$ -humulene ve terpineolendir (Chahal vd., 2017). Yapılan alışmalar deniz kenarı, dağlık bölge ve düz arazide tarımı yapılan defnenin (*L. nobilis*) majör bileşenlerinin 1,8-cineole (%48,01, 31,78 ve 17,64),  $\alpha$ -pinene (%7,69, 11,69 ve 17,96),  $\beta$ -pinene (%3,91, 6,91 ve 9,51), sabinene (%2,93, 4,49 ve 3,37), limonene (%1,43, 2,42 ve 2,89) ve linalool (%0,40, 0,24 ve 0,24) olduğunu göstermiştir (Said ve Hussein, 2014). Lübnan'da tarımı yapılan defne yapraklarından elde edilen uçucu yağın 1,8-sineol içeriği %35,15 olarak bildirilmiş, Ülkemizde Karadeniz Bölgesi'nde tarımı yapılan genç ve olgun defne yapraklarından elde edilen uçucu yağın 1,8-sineol içeriği ise sırasıyla %24,2 ve %32,1 olarak bildirilmiştir (Chahal vd., 2017). Portekiz'de tarımı yapılan defne bitkisinin ise 1,8-sineol içeriği ise %27,2

olarak rapor edilmiştir (Ramos vd., 2012). Kılıç vd. (2004) tarafından yapılan çalışmada Antakya, Yayladağı ve Samandağı'nda yetiştirilen defne yaprak ve meyve bölümlerinin uçucu yağ bileşimleri gaz kromatografisi-kütle dedektörü (GC-MS) ile analiz edilmiş ve hem meyve hem de yaprak bölümlerinin temel uçucu bileşeninin 1,8-sineol olduğu belirtilmiştir. Ayrıca meyve bölümlerinde (E)- $\beta$ -ocimene ve bicyclogermacrene; çiçek bölümlerinde  $\alpha$ -eudesmol,  $\beta$ -elemene ve  $\beta$ -caryophyllene; tomurcuk bölümlerinde ise (E)- $\beta$ -ocimene ve germacrene D varlığı bildirilmiştir. Diğer yandan Ermenistan'ın Tavush bölgesi ile Gürcistan'ın Zugdidi bölgesinde yetiştirilen defne bitkisine ait etanol ekstraktının GC-MS ile analizi sonucu her iki ekstraktta da yüksek miktarda oksijenlenmiş monoteren olarak 1,8-sineol tespit edilmiştir. Ekstraktlarda tespit edilen diğer majör bileşenler ise  $\alpha$ -thujene,  $\alpha$ -pinene,  $\beta$ -pinene, D-limonene ve o-cymene olmuştur. Ayrıca Zugdidi bölgesinden elde edilen ekstraktlarda ek olarak terpineol ve  $\beta$ -phellandrene varlığı tespit edilmiştir (Vardapetyan vd., 2013).

Defne uçucu yağı sahip olduğu bazı fonksiyonel ve teknolojik özellikler ile ön plana çıkmaktadır. Defne uçucu yağının özellikle *Staphylococcus aureus* 6538P, *Escherichia coli* O157:H7 ve *Salmonella typhimurium* NRRL E 4463'e karşı antimikrobiyal etki gösterdiği bilinmektedir (El vd., 2014). Ayrıca *Tribolium castaneum*'e karşı insektisidal etki göstermektedir. Defne uçucu yağının polar kısmının insektisitler üzerinde, polar olmayan kısma göre daha etkili olduğu belirtilmektedir (Chahal vd., 2016). Defne uçucu yağı insanlar üzerine patojen etkili olan gram pozitif *S. aureus*, *Streptococcus faecalis* ve *Staphylococcus epidermidis* ile gram negatif *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae*, *Shigella flexneri*, *Salmonella typhi*, *Serratia marcescens* ve *E.coli* üzerinde tetracycline antibiyotiğe kıyasla daha etkili olarak rapor edilmiş ve güçlü bir antibakteriyel etkiye sahip olduğu bildirilmiştir (Moghtader ve Farahmand, 2013). Defne uçucu yağının *Glomus deserticola* ve *Glomus intraradices* üzerinde antifungal etki gösterdiği de rapor edilmiştir (Hassiotis, 2010). Defne uçucu yağı ayrıca antioksidan nitelikte olup, hidrodistilasyon yöntemiyle elde edilen defne uçucu yağı linoleik asit peroksidasyonunu %63,53-89,18 düzeyinde inhibe etmektedir (El vd., 2014).

### 2.2.2. Karabaş Otu Uçucu Yağı

*Lavandula* cinsi, Lamiaceae familyasında yer almakta ve uçucu yağlar üreten önemli tıbbi ve aromatik bitkiler barındırmaktadır. Bu bitkiler dünya çapında halk hekimliğinde yaygın olarak kullanılmaktadır. *Lavandula* cinsi, 100'den fazla lavanta çeşidiyle yaklaşık 20

türden oluşmaktadır. *In vitro* farmakolojik tarama faaliyetleri, bu bitki türlerinin bazılarının antibakteriyel, antioksidan ve anti-inflamatuar gibi çeşitli biyolojik aktivitelere sahip olduğunu göstermektedir. *Lavandula* cinsinin çeşitli türlerinden elde edilen uçucu yağlar ise; antibakteriyel, antifungal, insektisit, analjezik, karmitatif (düz kas gevşetici), yatıştırıcı, idrar söktürücü, balgam söktürücü, antidepresif, uyarıcı, böcek ısırıkları ve yanıklara karşı antiseptik, kanser, egzama, kalp hastalıklarına karşı tedavi edici özellikleri nedeniyle günümüzde parfüm, kozmetik, sabun, aromaterapi, tatlandırıcı, gıda, içecek ve ilaç endüstrilerinde kullanılmaktadır. Bu önemli türlerden biri olan ve Fransız lavantası olarak da bilinen *Lavandula stoechas* yaprak dökmeyen bir çalıdır, genellikle menekşe rengi çiçekleriyle bir metre yüksekliğe kadar uzayabilmektedir. Haziran ve Temmuz arasında tam olarak çiçek açar ve asitli toprakları tercih eder. Akdeniz ülkelerinde doğal olarak ortaya çıkan bu tür Fas, Fransa, Tunus, Yunanistan, Cezayir, İspanya, İtalya ve Türkiye'yi kapsayacak şekilde üç kıtaya dağılmış durumdadır (Carrasco vd., 2015; Bouyahya vd., 2017; Bousta ve Farah, 2020).

*Lavandula stoechas*'da bulunan uçucu yağ, kuru ağırlığın %0,1-3'ünü temsil etmektedir (Hassiotis, 2010) ve monoterpenoidler ile seskiterpenoidleri barındırmaktadır. Yağ, bitkinin toprak üstü kısımlarından (saplar, yapraklar ve çiçekler) buharla damıtma yolu ile elde edilmektedir (Angioni vd., 2006; Dob vd., 2006; Carrasco vd., 2015). Ayrıca çözücü ekstraksiyonu ve süperkritik akışkan ekstraksiyonunun kullanıldığı çalışmalar da mevcuttur (Giray vd., 2008; Gören vd., 2002). Uçucu yağ bileşimi gaz kromatografisi (GC-FID) ve gaz kromatografisi/kütle spektrometresi (GC/MS) ile analiz edilebilmektedir. Ana bileşenler olarak monoterpenler; fenkon (%33-37) ve kafur (%16-24) belirtilmiştir (Angioni vd., 2006; Kırmızıbekmez vd., 2009; Carrasco vd., 2015). Ayrıca *Lavandula stoechas* uçucu yağı; mevsim, bitki bölümleri ve hasat edildiği bölgeye göre değişmekle birlikte yapısında 1,8-sineol, okaliptol, terpineol, menton, *p*-simen, lavandulil asetat,  $\alpha$ -pinen, mentol, pulegon, mirtenil asetat, viridiflorol gibi uçucu bileşikler bulundurulabilir (Dob vd., 2006; Kırmızıbekmez vd., 2009; Carrasco vd., 2015; Bouyahya vd., 2017).

### 2.3. Ayçiçek Yağı

Ayçiçek (*Helianthus annuus* L.) özellikle tohumunun yüksek miktardaki yağ içeriği nedeniyle dünya genelinde tarımı yaygın olarak yapılan bir bitkidir. Ayçiçek tohumu yaklaşık olarak %5,50 nem, %18,72 protein, %37,47 yağ, %28,30 ham lif, %3,49 kül ve %6,11

karbonhidrat içermektedir. Ayçiçek tohumu aynı zamanda zengin bir mineral kaynağıdır. Yaklaşık 100 g tohum 78 mg kalsiyum, 5,25 mg demir, 325 mg magnezyum, 660 mg fosfor, 645 mg potasyum, 9 mg sodyum, 5 mg çinko, 1,80 mg bakır, 1,95 mg mangan ve 53 mg selenyum içermektedir (Anjum vd., 2012).

Ayçiçek tohumlarından elde edilen ayçiçek yağı diğer yemeklik bitkisel yağlara kıyasla doğal antioksidanların ve B, D, E ve K vitaminlerinin önemli bir kaynağı durumundadır (Moradi vd., 2018). Ayçiçek yağı diğer pek çok bitkisel yağ gibi %98-99 oranında trigliseritlerden oluşmaktadır. Yapısında ayrıca daha düşük miktarlarda fosfolipitler ile sabunlaşmayan maddeler arasında yer alan tokoferoller, steroller, vakslar ve diğer minör bileşenler bulunmaktadır. Ayçiçek yağı genel olarak yüksek linoleik asit içeriği ile ön plana çıkan bir yağ olsa da; yüksek oleik asit içerikli, orta düzeyde oleik asit içerikli, yüksek stearik asit içerikli ve yüksek palmitik asit içerikli ayçiçek yağı gibi farklı türleri de bulunmaktadır (Gotor ve Rhazi, 2016). Farklı yağ asidi bileşimlerine sahip ayçiçek yağlarının yağ asidi bileşimleri Çizelge 2.1’de verildiği gibidir.

**Çizelge 2.1.** Farklı ayçiçek yağlarının yağ asidi bileşimleri (Codex Alimentarius, 1999).

Yağ Asidi	Ayçiçek Yağı	Ayçiçek Yağı (Yüksek oleik asitli)	Ayçiçek Yağı (Orta oleik asitli)
<b>C16:0</b>	5,0-7,6	2,6-5,0	4,0-5,5
<b>C18:1</b>	14,0-39,4	75,0-90,7	43,1-71,8
<b>C18:2</b>	48,3-74,0	2,1-17,0	18,7-45,3
<b>C20:0</b>	0,1-0,5	0,2-0,5	0,2-0,4
<b>C22:0</b>	0,3-1,5	0,5-1,6	0,6-1,1
<b>C24:0</b>	TE-0,5	TE-0,5	0,3-0,4

TE=Tespit edilememiştir.

Geleneksel olarak tüketilen ayçiçek yağı içerdiği yüksek miktardaki doymamış, özellikle de linoleik asit gibi çoklu doymamış yağ asitleri nedeniyle oksidasyona karşı oldukça hassastır. Oksidasyon sonucu hem yağın yapısında arzu edilmeyen tat ve kokuya sahip bileşikler oluşmakta, hem de ortaya çıkan sağlık üzerine olumsuz etkileri olan ikincil oksidasyon ürünleri nedeniyle yağın besleyicilik değeri azalmaktadır (Lercker vd., 2002). Bu nedenle yağın oksidasyona karşı korunması amacıyla içerisine farklı doğal ve yapay antioksidanlar ilave edilmektedir. Bu sayede oksidatif bozulma reaksiyonları geciktirilmekte ve yağın veya yağı içeren gıdanın raf ömrü uzatılmaktadır. Günümüzde yapay gıda katkı maddelerinden çok doğal koruyuculara olan yönelim artmış durumdadır (Mezza vd., 2018). Yemeklik yağların korunmasına yönelik de doğal orijinli antioksidanların kullanımı gittikçe

yaygınlaşmaktadır. Konuya ilişkin Mezza vd., (2018) tarafından yapılan çalışmada doğal antioksidan olarak biberiye uçucu yağı ayçiçek yağına ilave edilmiş ve oksidatif stabiliteye etkisi incelenmiştir. Çalışmada moleküler distilasyon yöntemiyle elde edilen biberiye yağı fraksiyonlarının gıdaların korunmasında antioksidan olarak kullanılabilmesi belirtilmiştir. Antioksidan özellikli farklı uçucu yağların da ayçiçek yağının oksidatif stabilitesini artırmaya yönelik kullanıldığı farklı araştırmalar literatürde yer almaktadır. Wang vd. (2018) tarafından yapılan çalışmada *Coriandrum sativum* L. uçucu yağı hızlandırılmış depolama işlemi sırasında ayçiçek yağının oksidatif stabilitesinin artırılması amacıyla kullanılmış ve *Coriandrum sativum* L. uçucu yağının hem oksidatif stabiliteyi güçlendirdiği hem de ürünün tüketiciler tarafından beğenilirliğini artırdığı görülmüştür. Hashemi vd. (2011) ise *Zataria multiflora* Boiss. uçucu yağının 37 ve 47°C'de depolanan ayçiçek yağının oksidatif stabilitesini güçlendirdiğini, ancak etkinliğinin yapay antioksidanlar olan bütillenmiş hidroksitoluen (BHT) ve bütillenmiş hidroksianisol (BHA) kadar güçlü olmadığını bildirmişlerdir. Sayyari ve Farahmandfar (2017) tarafından yapılan çalışmada *Salix aegyptiaca* uçucu yağının ayçiçek yağının 25°C'de 60 gün depolanması süresince güçlü bir doğal antioksidan olarak kullanılabilmesi belirtilmiştir. Sadeghi vd. (2017) ise 125, 250 ve 500 ppm düzeyinde *Ferulago angulata* (Schlecht) Boiss uçucu yağı ilavesinin hızlandırılmış depolama işlemi sırasında ayçiçek yağının oksidatif stabilitesini önemli ölçüde artırdığını rapor etmişlerdir. Dobravalskytė vd. (2012) tarafından yapılan çalışmada ise hidrodistilasyon yöntemiyle elde edilen *Calamintha grandiflora* L. uçucu yağı ayçiçek yağına ilave edilmiş ve oksidasyona karşı yağın stabilitesini artırdığı belirtilmiştir.

#### **2.4. Riviera Zeytinyağı**

Zeytinyağı, zeytin (*Olea europaea* L.) ağacının meyvelerinden elde edilen (Salas vd., 1999) ve kimyasal bileşimi nedeniyle beslenme fizyolojisi açısından diğer yemeklik yağlara göre daha üstün olarak nitelendirilen, bu sayede ekonomik olarak da ön plana çıkan bir yağdır (Dıraman vd., 2009). Ülkemizin zeytinyağı üretim hacmi yıllık yaklaşık 200 bin tonun üzerindedir (Kolsarıcı vd., 2015). Üretim genel olarak Ege, Marmara, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde gerçekleştirilmektedir. Yağlık zeytin üretimi açısından Ege Bölgesi %50 ile birinci sıradadır. Ege Bölgesi içerisinde ise %28,31 üretim hacmi ile Aydın ili ilk sırada yer almaktadır (Yıldırım ve Tunalioglu, 2016). Zeytinyağı, sağlık üzerine olan olumlu etkilerine ek olarak içerdiği yüksek miktardaki oleik asit nedeniyle oksidatif stabilitesi ile de

ön plana çıkmaktadır. Bunun yanında yapısında bulunan fenolik bileşenler de oksidatif stabiliteye katkı sağlamaktadır.

Riviera zeytinyağı, Türk Gıda Kodeksi Zeytinyağı ve Pirina Yağı Tebliği'ne göre "Rafine zeytinyağı ile doğrudan tüketime uygun natürel zeytinyağları karışımından oluşan ve serbest yağ asitliği oleik asit cinsinden her 100 gramda 1,0 gramdan fazla olmayan yağdır." (TGK, 2017).

Türk Gıda Kodeksi Zeytinyağı ve Pirina Yağı Tebliği'ne göre riviera zeytinyağına ait yağ asidi bileşimi Çizelge 2.2'de verildiği gibidir.

**Çizelge 2.2.** Riviera zeytinyağına ait yağ asidi bileşimi (TGK, 2017).

Yağ Asidi	Miktar (%)
C14:0	≤ 0,03
C16:0	7,5-20
C16:1	0,3-3,5
C17:0	≤ 0,4
C17:1	≤ 0,6
C18:0	0,5-5,0
C18:1	55,0-83,0
C18:2	2,5-21,0
C18:3	≤ 1,0
C20:0	≤ 0,6
C20:1	≤ 0,5
C22:0	≤ 0,2
C24:0	≤ 0,2

Ayrıca Türk Gıda Kodeksi Zeytinyağı ve Pirina Yağı Tebliği'ne göre riviera zeytinyağının peroksit değeri  $\leq 15$  meq aktif  $O_2$ /kg yağ olmalı, ultraviyole ışığında özgül soğurma E (270 nm) değeri ise  $\leq 1,15$  olmalıdır. Ayrıca riviera zeytinyağının toplam sterol miktarının  $\geq 1000$  mg/kg, mumsu madde miktarının (C40+C42+C44+C46) ise  $\leq 350$  mg/kg olması gerekmektedir (TGK, 2017).

Zeytinyağının stabilitesi çeşit, lokasyon, hasat, işleme ve depolama gibi faktörlere bağlı olarak değişiklik göstermekte ve özellikle gıda işleme prosesleri sırasında stabilitede düşüşler meydana gelebilmektedir. Bu nedenle zeytinyağının oksidatif stabilitesinin artırılması amacıyla yapısına farklı doğal ve yapay antioksidanlar ilave edilmektedir. Günümüzde, bilinçlenen tüketicilerin doğal ürünlere karşı artan eğilimi nedeniyle yapılan araştırmalarda doğal katkı maddelerinin kullanımı ön plana çıkmaya başlamıştır. Konuya ilişkin Taoudiat vd.



(2018) tarafından yapılan çalışmada Chemlali naturel sızma zeytinyağının oksidatif stabilitesinin artırılması amacıyla *Laurus nobilis* L. uçucu yağının etkinliği test edilmiş ve 25°C’de 90 gün depolama işlemi süresince uçucu yağ ilavesi ile birlikte koyu renkli ambalaj materyali kullanımının yağın antioksidan aktivitesini kontrole kıyasla daha yüksek düzeyde koruduğu bildirilmiştir. Tomaino vd. (2005) tarafından yapılan çalışmada zeytinyağına farklı uçucu yağlar ilave edilmiş ve stabilizeye etkileri incelenmiştir. Uçucu yağ ilavesinden sonra örnekler 180°C’de 10 dakika süreyle ısıtılmışlardır. Çalışmada uçucu yağların antioksidan olarak etkinliklerinin karanfil>taze kekik>tarçın>reyhan>dağ kekiği>hint cevizi şeklinde olduğu belirtilmiştir. Kırılan vd. (2021) tarafından yapılan çalışmada ise nane (*Micromeria fruticosa*), dağ kekiği (*Origanum onites*), taze kekik (*Thymus vulgaris*) ve defne (*Laurus nobilis*) uçucu yağları naturel sızma zeytinyağına %0,05 düzeyinde ilave edilerek örnekler 60°C’de 45 gün süreyle ışık altında depolanmışlardır. Bu sayede uçucu yağ ilavesinin hem termal oksidasyon hem de fotooksidasyon sırasında uçucu bileşen profili üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışmada uçucu yağlardan zeytinyağına transfer olan karakteristik uçucu bileşenlerin, antioksidan özellikleri nedeniyle işlem süresince oksidasyona karşı stabil kaldığı belirtilmiştir. Keramat vd. (2016), hızlandırılmış depolama işlemi sırasında zeytinyağına *Bunium persicum* ve *Rosmarinus officinalis* uçucu yağlarının ilavesinin etkilerini incelemişler ve zeytinyağının oksidatif stabilitesini olumlu yönde etkilediklerini bildirmişlerdir. Ayrıca farklı doğal ve sentetik antioksidanların sitrik asit ile kombine şekilde kullanımının antioksidan aktiviteyi artırdığını rapor etmişlerdir. Arcoleo vd. (2009) tarafından yapılan çalışmada ise zeytinyağına limon uçucu yağı ilavesi ile oksidatif stabilitenin güçlendirildiği belirtilmiş, ayrıca geliştirilen zeytinyağının duyuusal özellikleri nedeniyle markette yer alan yağlara alternatif bir ürün olabileceği bildirilmiştir. Chang vd. (2016) ise *Foeniculum vulgare* uçucu yağını zeytinyağına eklemişler ve *Foeniculum vulgare* ilavesinin bütillenmiş hidroksianisole (BHA) kıyasla daha yüksek antioksidan etki gösterdiğini rapor etmişlerdir.

## 3. MATERYAL VE YÖNTEM

### 3.1. Materyal

Çalışmada kullanılan ayçiçek ve riviera zeytinyağları yerel marketlerden; defne ve karabaş otu uçucu yağları ise, Aydın ilinde faaliyet gösteren Doğal Destek Ürünleri Araştırma San. ve Tic. A.Ş. firmasından temin edilmiştir. Uçucu yağlar süperkritik karbondioksit ekstraksiyonu tekniği ile elde edilmiştir.

Analizler sırasında kullanılan standart ve çözenlerden izooktan, dietil eter, etil alkol, hidroklorik asit, metanol, sodyum hidroksit, metil oranj ve 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) Sigma-Aldrich (St-Louis, ABD) firmasından temin edilmiştir. Asetik asit, *n*-hekzan, kloroform, potasyum iyodür, nişasta, sodyum tiyosülfat, potasyum hidroksit, etil asetat ve fenolftalein ise Merck (Darmstadt, Almanya) firmasından satın alınmıştır. Çalışmada kullanılan tüm kimyasallar analitik saflıktadır.

### 3.2. Yöntem

#### 3.2.1. Uçucu Yağların Riviera Zeytinyağı ile Ayçiçek Yağına İlavesi

Karabaş otu ve defne uçucu yağları riviera zeytinyağına ve ayçiçek yağına 500 ppm ve 1000 ppm olacak şekilde ilave edilmiştir. Uçucu yağ içermeyen örnek ile karşılaştırma yapılmıştır.

#### 3.2.2. Schaal Fırın Testi

Uçucu yağ ilave edilen ayçiçek ve riviera zeytinyağı örnekleri 60°C'de depolanmıştır. Ayçiçek yağı 12 gün, riviera zeytinyağı ise 20 gün süresince depolanmıştır. Depolama süresince ayçiçek yağı örneklerinde her gün, riviera zeytinyağı örneklerinde ise iki günde bir peroksit,  $K_{232}$  ve  $K_{270}$  değerleri belirlenmiştir. Bunun yanında ayçiçek ve riviera zeytinyağı örnekleri dört günde bir serbest yağ asitliği, yağ asidi bileşimi ve fotometrik renk indeksleri yönünden analiz edilmiştir.

### 3.2.3. Analiz Yöntemleri

#### 3.2.3.1. Serbest Yağ Asitliği

Yağ örneklerinin serbest yağ asidi miktarı % oleik asit cinsinden AOCS resmi metodu Ca 5a-40'a (AOCS, 2003) göre belirlenmiştir. Buna göre 3 g yağ örneği erlenmayer içerisine tartılmış ve üzerine 30 ml dietil eter:etil alkol (1:1) karışımı ilave edilerek örneğin çözülmesi sağlanmıştır. Ardından birkaç damla fenolftalein ilave edilerek 0.1 N sodyum hidroksit çözeltisi ile titrasyon yapılmıştır. Örneğin serbest yağ asidi miktarı aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır:

$$\text{Serbest Yağ Asitliği (\% oleik asit)} = \frac{\text{Harcanan NaOH miktarı} \times \text{NaOH için ayarlı normalite} \times 28,2}{\text{Örnek miktarı (g)}}$$

#### 3.2.3.2. Peroksit Değeri

Yağ örneklerinin peroksit değeri AOCS Cd 8-53 (AOCS, 2003) resmi metoduna göre belirlenmiştir. Bu analiz için 1 gram yağ örneği erlenmayer içerisine tartılmıştır. Üzerine 25 ml asetik asit:kloroform (3:2) karışımı ilave edilerek yağ çözülmüştür. Ardından 0,5 ml potasyum iyodür ilave edilerek örnek karıştırılmış ve bir dakika boyunca karanlıkta bekletilmiştir. Bir dakikanın sonunda 30 ml saf su ile reaksiyon durdurularak üzerine 2 ml nişasta (%1) çözeltisi eklenmiş ve oluşan lacivert renk kaybolana kadar 0,01 N sodyum tiyosülfat çözeltisi ile titrasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Örneğin peroksit değeri aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır:

$$\text{Peroksit değeri (miliekivalent O}_2\text{/kg yağ)} = \frac{S \times N \times 1000}{m}$$

S: Harcanan sodyum tiyosülfat miktarı (ml)

N: Sodyum tiyosülfat için ayarlı normalite

m: Tartılan örnek miktarı (g)

### 3.2.3.3. Ultraviyole Işığında Özgül Soğurma ( $K_{232}$ ve $K_{270}$ ) Değerleri

Örneklerin  $K_{232}$  ve  $K_{270}$  değerleri AOCS Ch 5-91 (AOCS, 2003) resmi metoduna göre belirlenmiştir. Yağ örnekleri 25 ml'lik balon joje içerisine tartılmış ve *n*-hekzan ile çözülmüştür. Çözeltinin absorbansı spektrofotometre (UV-1800-240V, Shimadzu, Japonya) kullanılarak 232 ve 270 nm'de ölçülmüştür. Ultraviyole ışığında özgül soğurma değerleri aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır:

$$K_{\lambda} = \frac{A_{\lambda}}{c \times l}$$

$K_{\lambda}$ :  $\lambda$  dalga boyundaki spesifik soğurma

$A_{\lambda}$  :  $\lambda$  dalga boyunda ölçülen absorbans

*c*: Çözelti konsantrasyonu (g/100 ml)

*l* : ışığın küvette izlediği yol (cm)

### 3.2.3.4. Fotometrik Renk İndeksi

Yağ örneklerinin renk indeksi AOCS Cc 13c-50 (AOCS, 2003) resmi metodu kullanılarak belirlenmiştir. Yağ örneklerinin absorbansı spektrofotometre (UV-1800-240V, Shimadzu, Japonya) ile 460, 550, 620 ve 670 nm'de referansa karşı ölçülmüştür. Fotometrik renk indeksi aşağıda belirtilen formüle göre hesaplanmıştır:

$$\text{Fotometrik renk indeksi} = 1,29 * (\text{Abs } 460) + 69,7 * (\text{Abs } 550) + 41,2 * (\text{Abs } 620) - 56,4 * (\text{Abs } 670)$$

### 3.2.3.5. Yağ Asidi Bileşiminin Belirlenmesi

Yağ asidi metil esterleri IUPAC (IUPAC, 1987) resmi metoduna göre hazırlanmıştır. İlk olarak 0,4 g yağ örneği erlenmayer içerisine tartılmış ve üzerine 4 ml izooktan ilave edilmiştir. Ardından üzerine 0,2 ml metanollü potasyum hidroksit (2 N) çözeltisi eklenmiş ve örnek 30 saniye süreyle çalkalandıktan sonra 6 dakika karanlıkta bekletilmiştir. Süre sonunda karanlıktan alınan örnek üzerine sırasıyla 0,45 ml hidroklorik asit ve 1-2 damla metil oranj

eklenerek 15 dakika eğik pozisyonda olacak şekilde bekletilmiştir. Erlenmayer içerisinde oluşan iki ayrı fazdan üstteki alınarak vialerle aktarılmış ve gaz kromatografisi cihazında (GC 2010, Shimadzu, Kyoto, Japonya) analizi gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar yağ asitlerinin tüm yağ asitleri içerisinde yüzde bileşimi olarak ifade edilmiştir.

Gaz kromatografisi cihazının çalışma koşulları aşağıdaki gibidir:

Dedektör: Alev iyonlaştırmalı dedektör (FID)

Kolon: DB-23 silika kapiler kolon (60 m, 0,25 mm iç çap ve 0,25 µm film kalınlığı, J&W Scientific, ABD)

Taşıyıcı Gaz: Azot

Split oranı: 80:1

Dedektör sıcaklığı: 240°C

Enjeksiyon bloğu sıcaklığı: 230° C

Kolon sıcaklığı: 190°C

Enjeksiyon hacmi: 1 µl

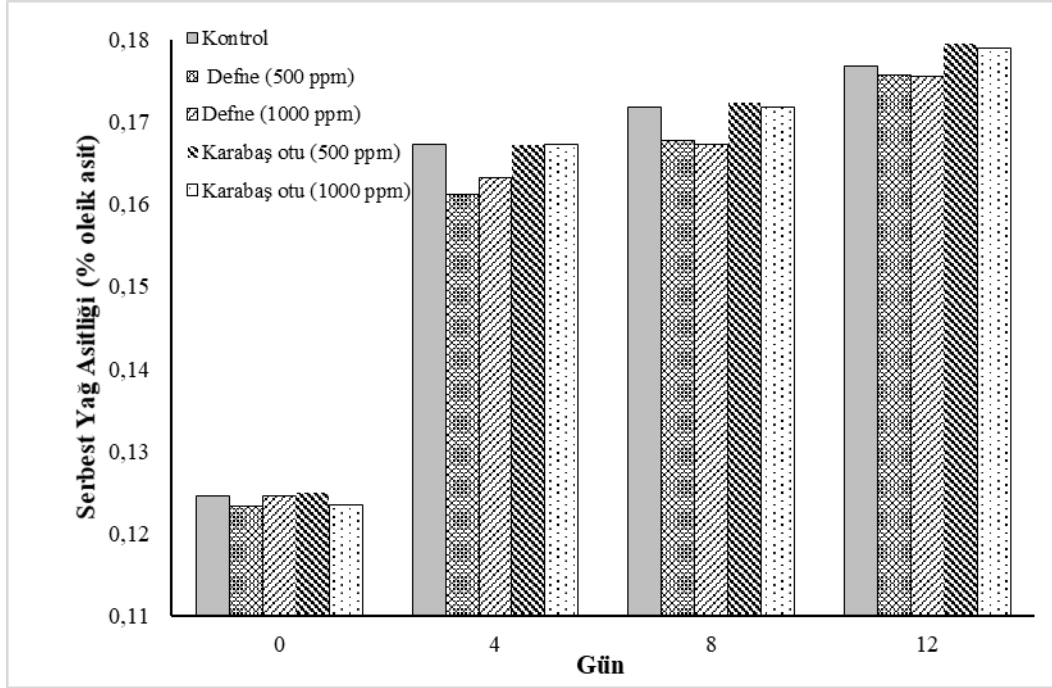
#### **3.2.4. İstatistiki Değerlendirme**

Çalışma sonunda elde edilen veriler SPSS 15.0 paket programı kullanılarak istatistiki olarak değerlendirilmiştir. Varyans analizi tekniği (ANOVA) kullanılarak grup ortalamaları arasındaki fark belirlenmiştir. Farklılığın önem derecesi ise Duncan çoklu karşılaştırma testi ile tespit edilmiştir.

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1. Serbest Yağ Asitliğine İlişkin Bulgular

Trigliseritlerde meydana gelen hidroliz kaynaklı bozulmanın bir göstergesi olan serbest yağ asidi miktarının ayçiçek yağı örneklerinin 60°C’de 12 gün süreyle depolanması işlemi süresince % oleik asit miktarı cinsinden değişimi Şekil 4.1’de verildiği gibidir. Isıtma işlemi başlangıcında kontrol örneğinde %0,12 olarak tespit edilen serbest asitlik miktarı depolama süresince kademeli olarak artış göstermiş ve 12. günün sonunda %0,18 değerine ulaşmıştır.

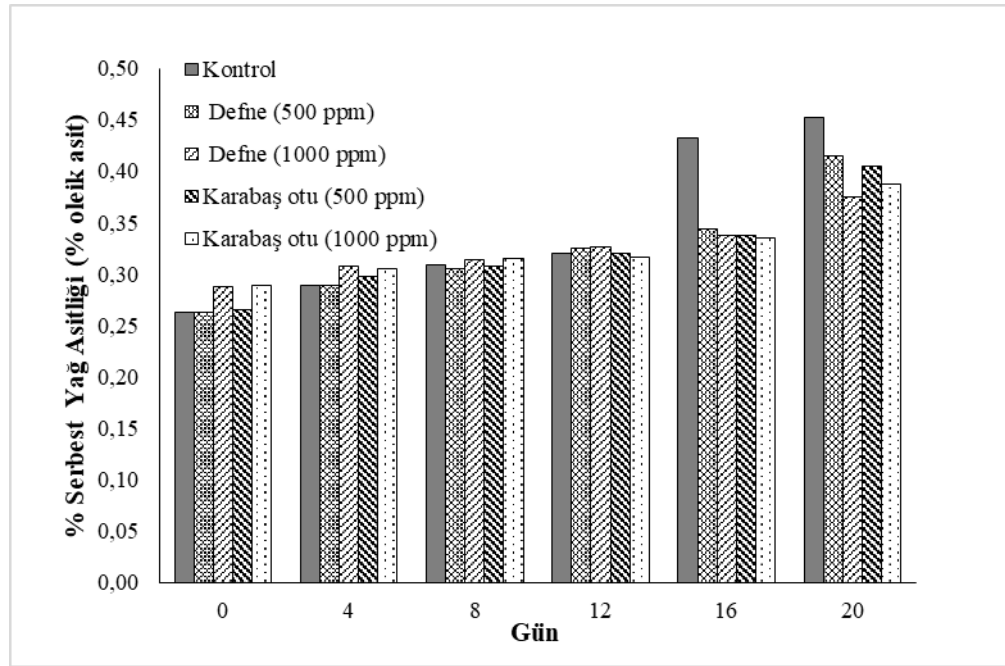


Şekil 4.1. Depolama süresince ayçiçek yağlarının serbest yağ asidi içeriklerinde meydana gelen değişim.

Benzer şekilde Tan vd. (2017) tarafından yapılan çalışmada 60°C’de depolama işlemi süresince palm yağının serbest asitlik miktarının artış eğiliminde olduğu bildirilmiştir. Serbest asitlik miktarındaki artışın yüksek sıcaklık etkisinde yağın yapısının bozulması ve degradasyonundan kaynaklandığı düşünülmektedir (Choe ve Min, 2007). Ayçiçek yağı örneklerine farklı oranlarda defne ve karabaş otu yağı ilavesi yapıldıktan sonra ısıtılan yağ

örneklerinin de serbest yağ asidi miktarı işlem süresince önemli miktarda artmıştır. Ancak 500 ppm ve 1000 ppm düzeylerinde defne uçucu yağı ilavesi yapılan örneklerin serbest yağ asidi miktarlarının depolama işlemi boyunca kontrole ve karabaş otu uçucu yağı ilaveli örneklere göre daha düşük olduğu görülmüştür. Hem defne hem karabaş otu uçucu yağı ilavesi yapılan örneklerde konsantrasyonun 500 ppm'den 1000 ppm'e çıkarılması serbest yağ asidi miktarında istatistiki olarak önemli bir farklılığa neden olmamıştır. Guo vd. (2016) tarafından yapılan çalışmada palm yağına antioksidan biberiye ekstraktı ilavesi hızlandırılmış depolama testi süresince benzer şekilde serbest asitlik artışını sınırlanmış ve yağın stabilitesinin artırılması amacıyla doğal bir gıda katkı maddesi olarak biberiye ekstraktının kullanılabilceği bildirilmiştir.

Riviera zeytinyağı örneklerinin 60°C'de 20 gün süreyle depolama işlemi boyunca serbest asitlik miktarında meydana gelen değişiklikler Şekil 4.2'de verildiği gibidir.



Şekil 4.2. Depolama süresince riviera zeytinyağlarının serbest yağ asidi içeriklerinde meydana gelen değişim.

Kontrol grubuna ait riviera zeytinyağı örneklerinin başlangıçta serbest yağ asidi miktarı %0,26 iken, depolama işlemi süresince serbest asitlik miktarı hafif bir artış göstermiş ve işlem sonunda %0,45 düzeyine ulaşmıştır. Defne ve karabaş otu ilavesinin özellikle 16. ve 20 günün sonunda analiz edilen örneklerde serbest asitlik artışını sınırladığı görülmüş ve bu

örneklerin serbest yağ asidi miktarları kontrole göre istatistiki olarak önemli düzeyde daha az bulunmuştur. 20 gün süren depolama işlemi sonunda en düşük serbest yağ asidi miktarı 1000 ppm düzeyinde defne içeren örneklerde tespit edilmiştir. Benzer şekilde Iqbal ve Bhanger (2007) tarafından yapılan çalışmada ayçiçek yağına sarımsak ekstraktı ilavesi, hızlandırılmış depolama işlemi süresince serbest asitlik artışını sınırlanmış ve sarımsak ekstraktı içeren örneklerin serbest asitlik miktarı kontrole göre önemli ölçüde düşük bulunmuştur.

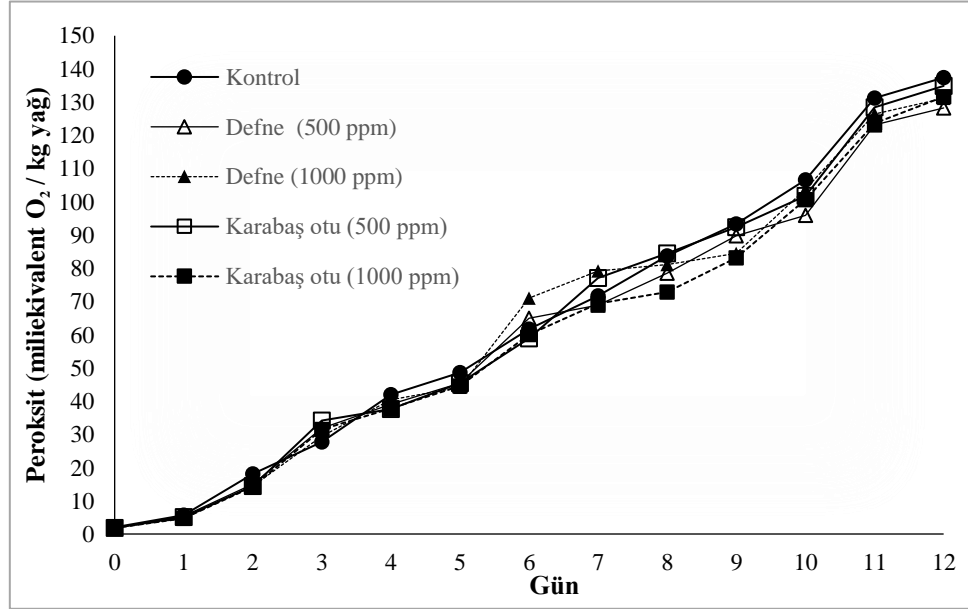
#### 4.2. Peroksit Değerine İlişkin Bulgular

Peroksit sayısı, yağlarda bulunan aktif oksijen miktarının bir ölçüsü olup, bir kg yağda bulunan peroksit oksijenin miliekivalent gram/kilogram olarak miktarıdır. Peroksit sayısı, oksidasyonu teşvik eden parametreler olan oksijen, ışık ve sıcaklık gibi faktörlerden etkilenmektedir. Ayçiçek yağı örneklerinin 60°C'de 12 gün süreyle depolanması işlemi süresince yağların miliekivalent O<sub>2</sub>/kg yağ cinsinden peroksit değerlerinde meydana gelen değişimler Şekil 4.3'te gösterildiği gibidir. Örneklerin peroksit değeri hem kontrol grubunda hem de defne ve karabaş otu uçucu yağı ilave edilmiş örneklerde depolama işlemi süresince kademeli bir artış göstermiştir.

İşlem başlangıcında kontrol örneklerinde 2,01 miliekivalent O<sub>2</sub>/kg yağ olan peroksit değeri 12 günlük depolama işleminin sonunda kontrol grubunda 137,33 olarak bulunmuş, bu değer 500 ppm defne uçucu yağı içeren örneklerde 128,23; 1000 ppm defne uçucu yağı içeren örneklerde 131,14; 500 ppm karabaş otu uçucu yağı içeren örneklerde 134,82 ve 1000 ppm karabaş otu uçucu yağı içeren örneklerde 131,61 miliekivalent O<sub>2</sub>/kg yağ olarak tespit edilmiştir. Uçucu yağ ilavesi ile birlikte kontrol grubuna göre peroksit sayısında meydana gelen artışın baskılanabildiği, defne uçucu yağının ise karabaş otu uçucu yağına göre peroksit sayısındaki artışı daha yüksek oranda engelleyebildiği saptanmıştır. Mezza vd. (2018) yaptıkları çalışmada moleküler distilasyon yöntemiyle elde edilen biberiye uçucu yağının ayçiçek yağının depolanması sırasında peroksit sayısındaki artışı baskıladığını bildirmişlerdir. Hashemi vd. (2011) *Zataria multiflora* Boiss uçucu yağının ayçiçek yağının depolanması sırasında peroksit oluşumunu azalttığını tespit etmişlerdir. Ancak *Zataria multiflora* Boiss uçucu yağının oksidatif stabilite üzerine etkinliğinin sentetik antioksidanlar olan bütillenmiş hidroksianisol (BHA) ve bütillenmiş hidroksitoluenden (BHT) düşük olduğunu rapor etmişlerdir. Keramat vd. (2017) tarafından yapılan çalışmada ise *Coriandrum sativum* L.

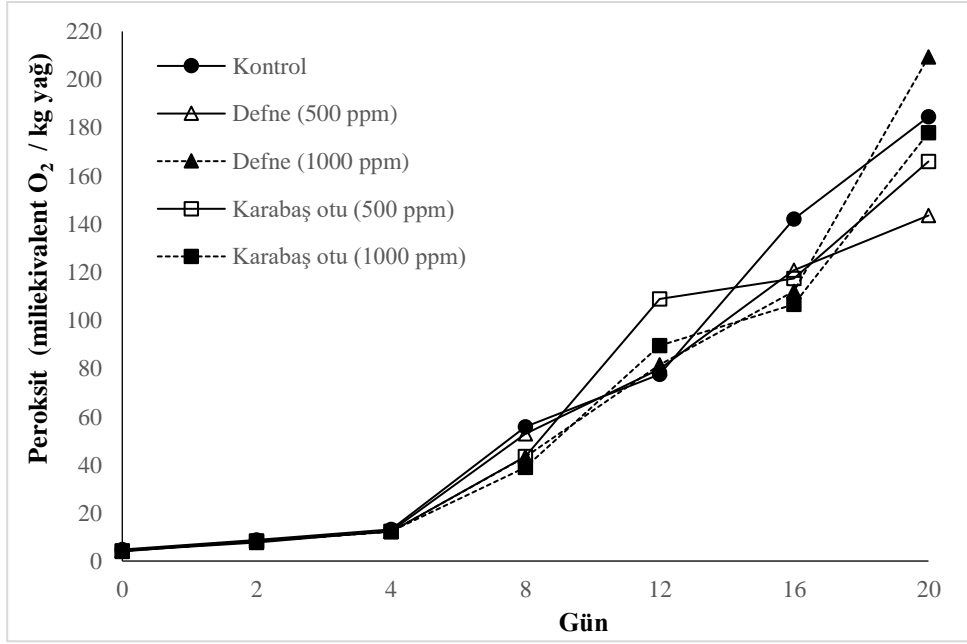


uçucu yağının ayçiçek yağının depolanması sırasında sentetik bir antioksidan olan tersiyer bütildihidrokinon (TBHQ) yerine kullanılabileceği belirtilmiştir.



Şekil 4.3. Depolama süresince ayçiçek yağlarının peroksit değerlerinde meydana gelen değişim.

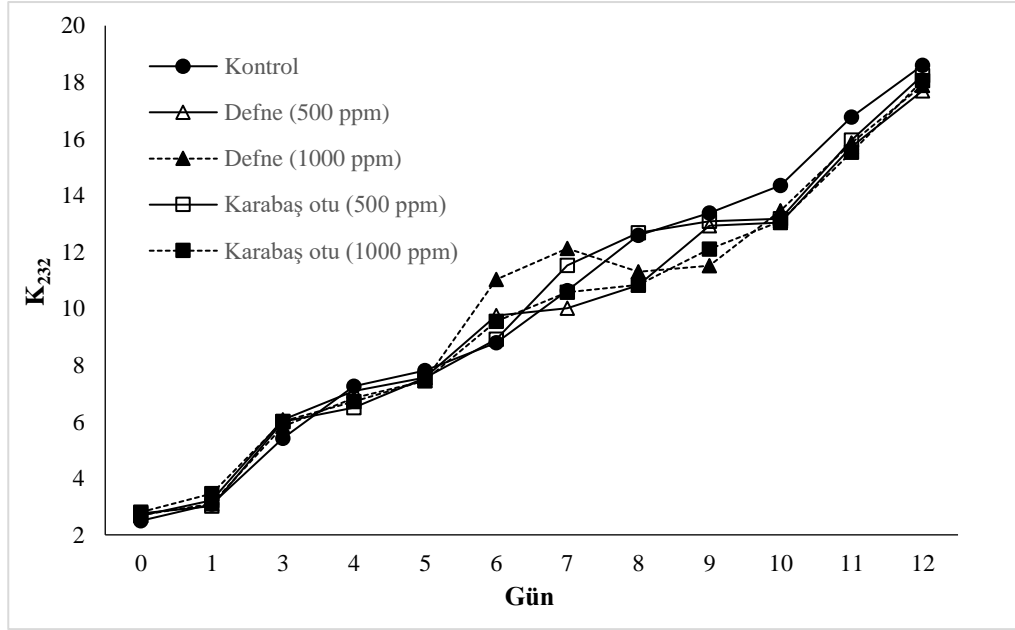
Riviera zeytinyağı örneklerinin 60°C'de 20 gün süreyle depolama işlemi boyunca peroksit değerinde meydana gelen değişiklikler Şekil 4.4'te verildiği gibidir. İşlem başlangıcında kontrol örneklerinde 4,71 millekivalent O<sub>2</sub>/kg yağ olarak tespit edilen peroksit değeri 20. günün sonunda aynı örnekler için 184,53 millekivalent O<sub>2</sub>/kg yağ değerine ulaşmıştır. Örneklere defne ve karabaş otu ilavesinin peroksit sayısındaki artışı baskılama eğiliminde olduğu görülmüş özellikle 500 ppm düzeyinde uçucu yağ ilavesinin peroksit sayısını engelleyebildiği tespit edilmiştir. Depolama işlemi sonunda 500 ppm defne uçucu yağı ilave edilmiş örneklerin peroksit değeri 143,52 millekivalent O<sub>2</sub>/kg yağ, 500 ppm karabaş otu uçucu yağı ilave edilmiş örneklerin peroksit değeri ise 165,97 millekivalent O<sub>2</sub>/kg yağ olarak tespit edilmiştir. Benzer şekilde, Keramat vd. (2016) yaptıkları araştırmada zeytinyağına *B. Persicum* ve *R. Officinalis* uçucu yağları ilave etmişler ve uçucu yağ ilavesinin zeytinyağının oksidasyonunu geciktirdiğini rapor etmişlerdir. Arcoleo vd. (2009) tarafından yapılan çalışmada ise limon uçucu yağı ilavesinin 10 ay süren depolama işlemi süresince zeytinyağının oksidatif stabilitesini önemli ölçüde güçlendirdiği rapor edilmiştir.



Şekil 4.4. Depolama süresince riviera zeytinyağlarının peroksit değerlerinde meydana gelen değişim.

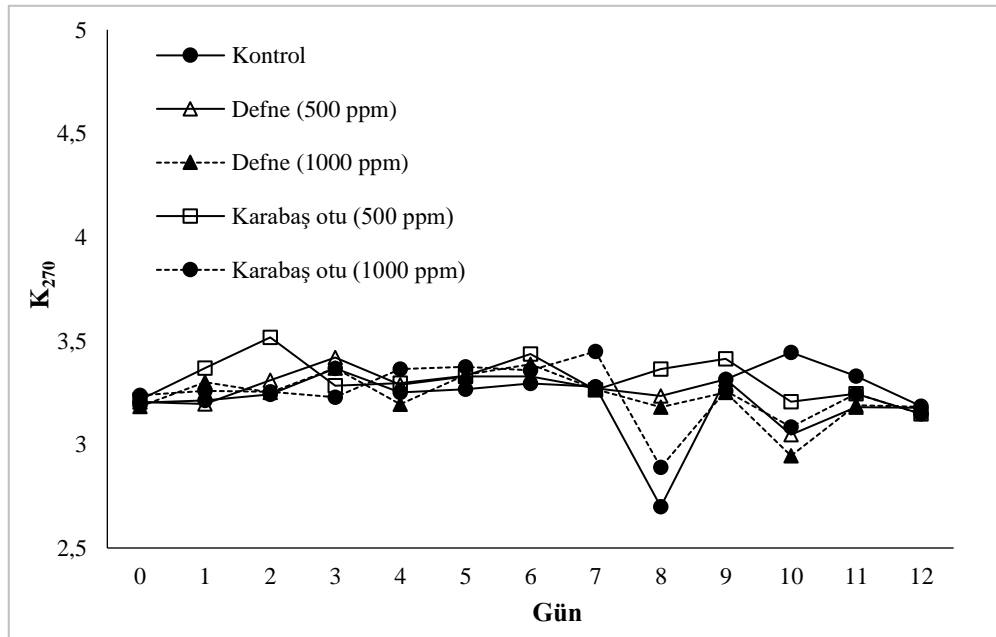
#### 4.3. Ultraviyole Işığında Özgül Soğurma Değerlerine İlişkin Bulgular

Ultraviyole ışığında özgül soğurma değerleri ( $K_{232}$  ve  $K_{270}$ ) yağların oksidatif stabilitelerine ilişkin bir gösterge olup, yağın oksidasyon düzeyi arttıkça bu parametrelerde de artış gözlenmesi beklenmektedir. Ayçiçek yağı örneklerinin  $60^{\circ}\text{C}$ 'de 12 gün süreyle depolanması işlemi süresince  $K_{232}$  değerlerinde meydana gelen değişimler Şekil 4.5'te gösterildiği gibidir. Depolama işlemi süresince tüm ayçiçek yağı örneklerinde oksidatif stabilitenin azalması ile ilişkili olarak  $K_{232}$  değerinde belirgin bir artış meydana gelmiştir. Kontrol örneklerinde işlem başlangıcında tespit edilen  $K_{232}$  değeri 2,50 iken, 12 günlük depolama periyodu sonunda 18,61 değerine ulaşmıştır. Örneklere işlem öncesinde defne veya karabaş otu uçucu yağı ilavesi  $K_{232}$  değerindeki artışı belirli bir seviyeye kadar engellemiş ve uçucu yağ takviyesi yapılmış örneklerin tümünün  $K_{232}$  değeri depolama işlemi sonunda kontrole göre daha düşük bulunmuştur. Ayrıca defne uçucu yağı ilavesi, test edilen tüm konsantrasyonlarda  $K_{232}$  değerindeki artışı karabaş otu uçucu yağına göre daha yüksek oranda engellemiştir.



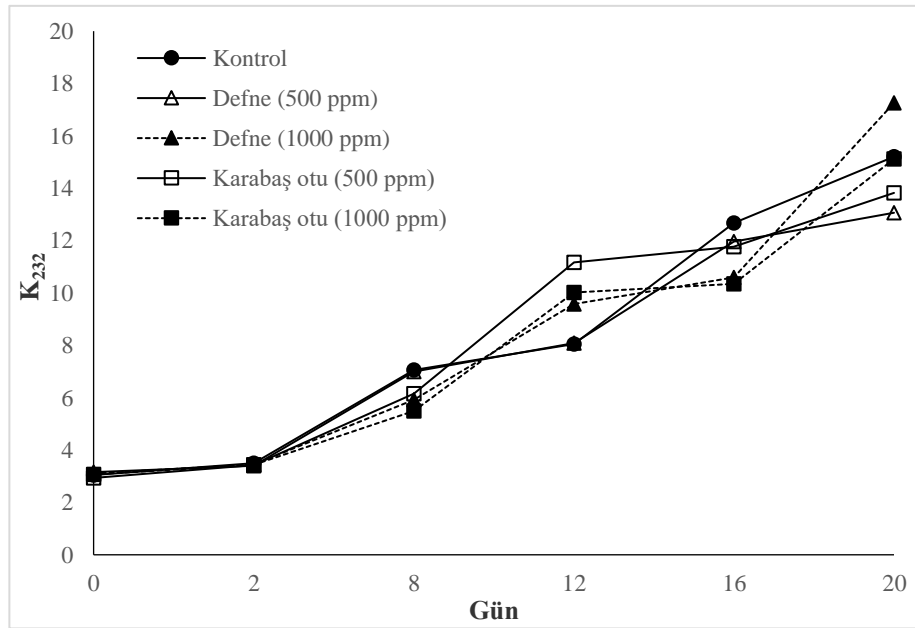
Şekil 4.5. Depolama süresince ayçiçek yağlarının  $K_{232}$  değerlerinde meydana gelen değişim.

Ayçiçek yağı örneklerinin  $K_{270}$  değerleri (Şekil 4.6)'da gösterilmiştir. Depolama işlemi sonunda uçucu yağ takviyesi yapılan tüm örneklerin  $K_{270}$  değerleri kontrole göre daha düşük bulunmuştur. Wang vd. (2018) tarafından yapılan çalışmada ayçiçek yağına *Coriandrum sativum* L. uçucu yağı ilavesinin  $K_{232}$  ve  $K_{270}$  değerlerindeki artışı baskıladığı, bu durumun ise konjuge dien ve trienlerin oluşumunun inhibe edilmesinden kaynaklandığı belirtilmiştir.



Şekil 4.6. Depolama süresince ayçiçek yağlarının  $K_{270}$  değerlerinde meydana gelen değişim.

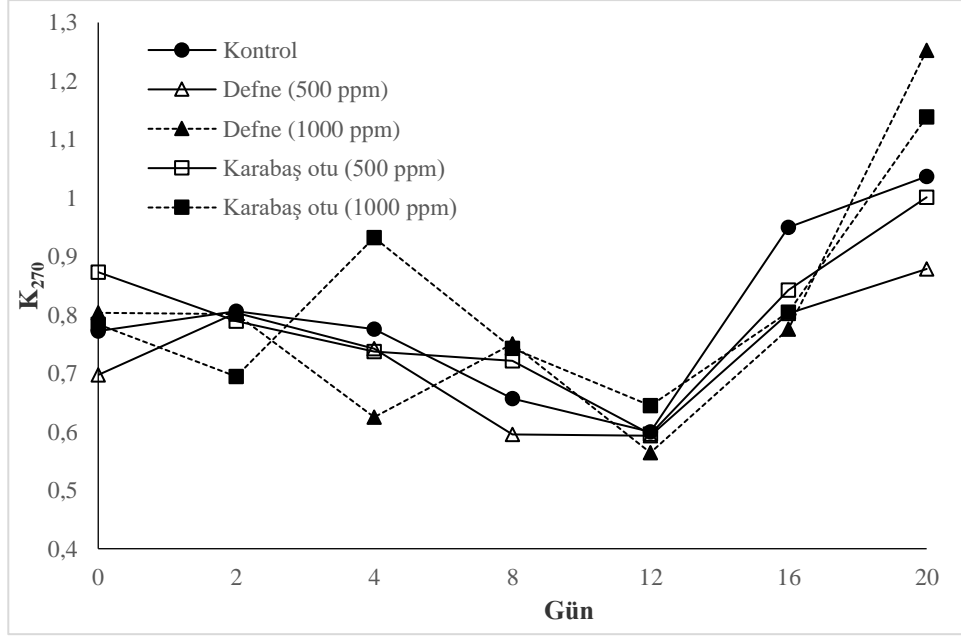
Riviera zeytinyağı örneklerinin 60°C’de 20 gün süreyle depolama işlemi boyunca  $K_{232}$  değerlerinde meydana gelen değişiklikler Şekil 4.7’de verildiği gibidir. Riviera zeytinyağlarının  $K_{232}$  değerleri, ayçiçek yağına benzer şekilde depolama işlemi süresince kademeli olarak artış göstermiş ve başlangıçta kontrol örneklerinde 3,05 olarak tespit edilen değer, depolama işlemi sonunda 15,20 olarak kaydedilmiştir. Uçucu yağ ilavesi yapılan örneklerde ilave edilen miktarın  $K_{232}$  değeri üzerinde etkili olduğu görülmüş ve 500 ppm düzeyinde defne ve karabaş otu uçucu yağı ilave edilen örneklerin  $K_{232}$  değeri kontrole göre daha düşük bulunmuştur.



Şekil 4.7. Depolama süresince riviera zeytinyağlarının  $K_{232}$  değerlerinde meydana gelen değişim.

Riviera zeytinyağı örneklerinin  $K_{270}$  değerleri (Şekil 4.8) de oksidatif stabilitedeki düşüşe paralel olarak artış eğilimi göstermiş ve depolama işlemi sonunda kontrol örneklerinde 1,04 olarak bulunmuş, 500 ppm düzeyinde defne ve karabaş otu uçucu yağı ilave edilen örneklerde ise sırasıyla 0,88 ve 1,00 olarak tespit edilmiştir. Örneklerin  $K_{270}$  değerleri, 1000 ppm düzeyinde defne uçucu yağı ilave edilmiş örnekler hariç, TGK Zeytinyağı ve Pirina Yağı Tebliği’ne göre riviera zeytinyağının ultraviyole ışığında özgül soğurma E (270 nm) değerini ( $\leq 1,15$ ) aşmamıştır. Taoudiat vd. (2018) yaptıkları çalışmada zeytinyağına *Laurus nobilis* L. uçucu yağı ilavesinin  $K_{232}$  değerini önemli ölçüde etkilemediğini ancak  $K_{270}$  değerindeki artışı

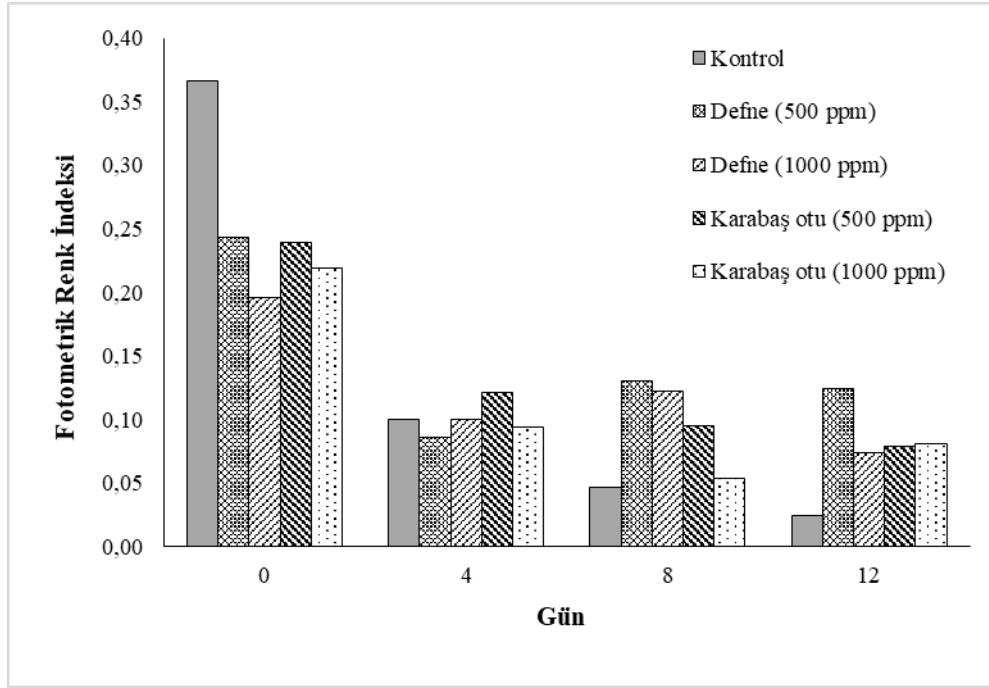
baskıladığını bildirmişlerdir. Keramat vd. (2016) ise zeytinyağına *Bunium persicum* ve *Rosmarinus officinalis* uçucu yağlarını ilave etmişler ve uçucu yağ takviyesinin konjuge oksidasyon ürünlerinin oluşumunu baskıladığını rapor etmişlerdir.



Şekil 4.8. Depolama süresince riviera zeytinyağlarının K<sub>270</sub> değerlerinde meydana gelen değişim.

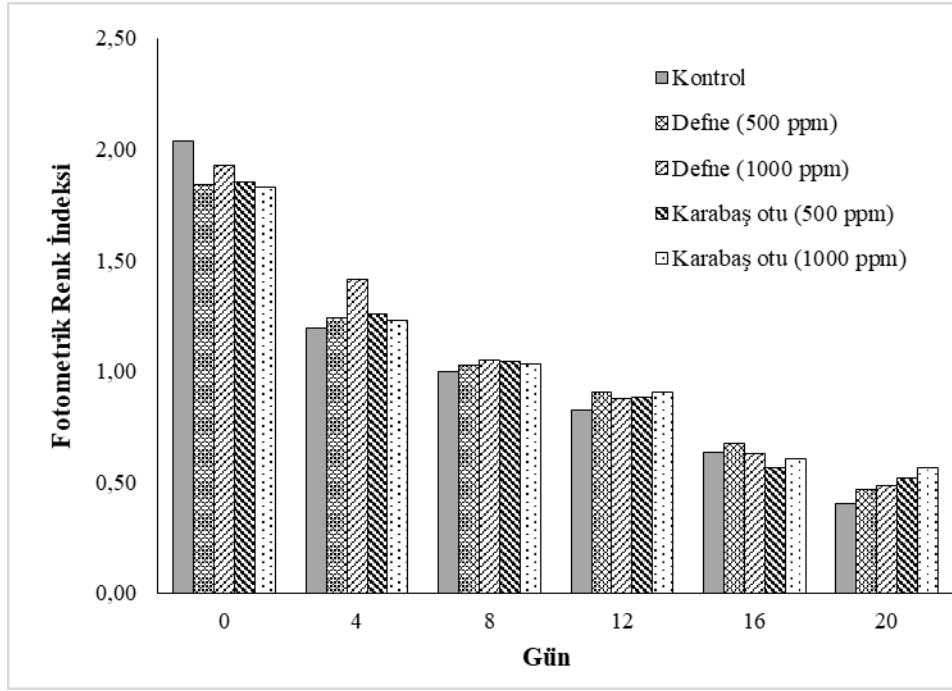
#### 4.4. Fotometrik Renk İndeksine İlişkin Bulgular

Fotometrik renk indeksi yağın yapısında fizikokimyasal ve biyokimyasal değişimlerin meydana geldiğini ve kalitede düşüş olduğunu gösteren bir parametredir (Sandulachi, 2014). Ayçiçek yağı örneklerinin 60°C’de 12 gün süreyle depolanması işlemi süresince fotometrik renk indeksinde meydana gelen değişimler Şekil 4.9’da verildiği gibidir. Fotometrik renk indeksi kontrol örneklerinde 0,37 iken, 12 günlük depolama işlemi sonunda azalarak 0,02 değerine ulaşmıştır. Benzer şekilde defne ve karabaş otu uçucu yağları ile takviye edilen örneklerin de fotometrik renk indeksi değerleri depolama işlemi süresince azalmıştır.



**Şekil 4.9.** Depolama süresince ayçiçek yağlarının fotometrik renk indekslerinde meydana gelen değişim.

Riviera zeytinyağı örneklerinin 60°C’de 20 gün süreyle depolanması işlemi süresince fotometrik renk indeksinde meydana gelen değişimler Şekil 4.10’da verildiği gibidir. Kontrol örneklerinde 2,04 olarak tespit edilen fotometrik renk indeksi, depolama süresince kademeli bir azalma göstermiş ve depolama periyodu sonunda 0,40 olarak kaydedilmiştir. Defne ve karabaş otu uçucu yağlarının ilave edildiği örneklerin ise fotometrik renk indeksi 8. ve 12. günlerde kontrole göre daha yüksek bulunmuştur. Alencar vd. (2010) tarafından yapılan çalışmada depolama işlemi sırasında soya yağının fotometrik renk indeksinde artış olduğu belirtilmiştir. Paul ve Mittal (1996) tarafından yapılan çalışmada ise yağın termal degradasyonuna neden olan bir işlem olan kızartma işlemi sırasında süre artışıyla birlikte fotometrik renk indeksinde artış meydana geldiği belirtilmiş; Baixauli vd. (2002) tarafından yapılan çalışmada ayçiçek yağında 20. kızartmaya kadar fotometrik renk indeksinde önemli bir değişim meydana gelmediği, ancak 20. kızartmadan sonra ise lineer bir artış olduğu rapor edilmiştir. Aynı çalışmada 40. kızartma sonunda fotometrik renk indeksi 15 düzeyine yaklaşmıştır.



**Şekil 4.10.** Depolama süresince riviera zeytinyağlarının fotometrik renk indekslerinde meydana gelen değişim.

#### 4.5. Yağ Asidi Bileşimine İlişkin Bulgular

Uçucu yağ ilavesi gerçekleştirilmiş ayçiçek yağı örneklerinin 60°C’de 12 gün süreyle depolanması işlemi süresince yağ asidi bileşiminde meydana gelen değişim Çizelge 4.1’de verildiği gibidir. Ayçiçek yağının temel yağ asidi linoleik asit olup, henüz depolanmamış kontrol örneğinde %62,19 değerini alırken, farklı miktarlarda uçucu yağ ilavesi yapılmış örneklerde %61,99-62,65 arasında değişen değerler almıştır. En düşük değer 500 ppm defne uçucu yağı ilaveli örneklerde 8. günün sonunda bulgulanmıştır. En yüksek değer ise 1000 ppm karabaş otu uçucu yağı ilavesi yapılan örneklerde yine 8. günün sonunda saptanmıştır. 1000 ppm karabaş otu ilavesi yapılmış örnekler hariç diğer tüm örneklerde depolama süresi istatistiki olarak anlamlı bir değişime neden olmamıştır.

Ayçiçek yağının ikinci baskın yağ asidi oleik asit olarak belirlenmiştir. Oleik asit oranı depolanmamış kontrol örneğinde %28,90 değerini alırken, farklı sürelerde depolanmış ve farklı miktarlarda uçucu yağ ilavesi yapılmış örneklerde %27,46-28,94 arasında değişiklik göstermiştir. En düşük değer 1000 ppm karabaş otu yağı ilavesi yapılan ayçiçek yağı örneklerinde 8 günün sonunda bulgulanmıştır. En yüksek değer ise 500 ppm karabaş otu yağı ilavesi yapılan örneklerde 0. günde tespit edilmiştir. Kontrol grubu ve 500 ppm karabaş otu

ilave edilmiş örneklerde depolama süresindeki artış ile birlikte istatistiki olarak önemli düzeyde azalma görülmüştür. 4 ve 8 gün depolanan örneklerde defne yağı düzeyi istatistiki olarak anlamlı bir değişime neden olmazken, 12 gün depolanan örneklerde defne yağı düzeyindeki artış oleik asit düzeyinin de yükselmesine neden olmuştur. Wang vd. (2018) tarafından yapılan çalışmada, ayçiçek yağına kişniş uçucu yağı ilave edilmiş ve 24 günlük hızlandırılmış depolama sırasında oksidatif stabilitedeki değişim değerlendirilmiştir. 1200 ppm kişniş yağı ilave edilen örneklerde depolamanın 8. ve 16. günlerinde oleik asit ve linoleik asit düzeyinde oluşan düşüşün belirgin bir şekilde sınırlandırılabilirdiği saptanmıştır. Ayrıca, 100 ve 200 ppm kişniş yağı ilavesi de oleik ve linoleik asit düzeyinin azalmasını sınırlamıştır.

Ayçiçek yağının üçüncü baskın yağ asidi palmitik asittir. Palmitik asit oranı henüz depolanmamış kontrol örneğinde %5,29 değerini alırken, farklı sürelerde depolanmış ve farklı miktarlarda uçucu yağ ilavesi yapılmış örneklerde %4,93-5,32 arasında değişiklik göstermiştir. En düşük değer 1000 ppm karabaş otu yağı ilavesi yapılan ayçiçek yağı örneklerinde 12 günün sonunda bulgulanmıştır. En yüksek değer ise 1000 ppm defne yağı ilavesi yapılan örneklerde 0. günde tespit edilmiştir. İlave edilen karabaş otu yağları miktarındaki değişim örneklerin palmitik asit düzeyinde anlamlı bir değişime neden olmamıştır. 1000 ppm defne yağı ilave edilmiş örneklerde depolama süresi ile birlikte anlamlı düzeyde azalma gözlenirken, 500 ppm karabaş otu yağı ilave edilen örneklerde depolama süresi istatistiki olarak anlamlı bir değişime neden olmamıştır. Wang vd. (2019) tarafından yapılan çalışmada, nar kabuklarından elde edilen uçucu yağ aromalı ayçiçek yağı üretiminde kullanılmıştır. Elde edilen bu yağın 65°C'de 30 gün süreyle hızlandırılmış depolanması sırasında, 800 ppm uçucu yağ ilavesi yağ asidi bileşiminde oluşabilecek değişimlere engel olmuştur.

Ayçiçek yağının ikinci önemli doymuş yağ asidi ise stearik asit olarak tespit edilmiştir. Depolanmamış kontrol örneğinde stearik asit düzeyi %2,67 değerini alırken, farklı sürelerde depolanmış ve farklı miktarlarda uçucu yağ ilavesi yapılmış örneklerde %2,32-2,72 arasında değişen değerler almıştır. En düşük değer 1000 ppm karabaş otu yağı ilavesi yapılan ayçiçek yağı örneklerinde 12. günün sonunda bulgulanmıştır. En yüksek değer ise 1000 ppm defne yağı ilavesi yapılan örneklerde 0.günde saptanmıştır. 1000 ppm defne yağı ve karabaş otu yağı ilave edilmiş örneklerde depolama süresindeki artış ile beraber anlamlı düzeyde azalma gözlenmiştir.



Ayrıca ayçiçek yağında palmitoleik, heptadekanoik, heptadesenoik ve linolenik asitler tespit edilmiştir. Palmitoleik asit düzeyi %0,29-0,54; heptadekanoik asit düzeyi %0,01-0,03; heptadesenoik asit düzeyi %0,01-0,02 ve linolenik asit düzeyi ise %0,60-2,06 aralığında değişim göstermiştir.

**Çizelge 4.1.** Depolama süresince ayçiçek yağlarının yağ asidi bileşimleri (%).

	Gün	C16:0	C16:1	C17:0	C17:1	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3
Kontrol	0	5,29 <sup>B,c</sup> ±0,04	0,29 <sup>A,a</sup> ±0,06	0,01 <sup>A,a</sup> ±0,00	0,01 <sup>A,c</sup> ±0,00	2,67 <sup>AB,b</sup> ±0,02	28,90 <sup>B,b</sup> ±0,14	62,19 <sup>A,a</sup> ±0,14	0,63 <sup>A,a</sup> ±0,14
	4	5,11 <sup>A,ab</sup> ±0,03	0,42 <sup>A,b</sup> ±0,06	0,01 <sup>A,a</sup> ±0,00	0,01 <sup>A,ab</sup> ±0,00	2,61 <sup>A,b</sup> ±0,05	28,72 <sup>A,b</sup> ±0,13	62,13 <sup>A,a</sup> ±0,15	1,00 <sup>A,b</sup> ±0,14
	8	5,22 <sup>A,bc</sup> ±0,20	0,38 <sup>A,ab</sup> ±0,10	0,01 <sup>A,a</sup> ±0,00	0,01 <sup>A,bc</sup> ±0,00	2,65 <sup>A,b</sup> ±0,16	28,66 <sup>B,b</sup> ±0,36	62,07 <sup>A,a</sup> ±0,29	0,99 <sup>A,b</sup> ±0,33
	12	5,01 <sup>A,a</sup> ±0,04	0,48 <sup>A,b</sup> ±0,01	0,01 <sup>A,a</sup> ±0,00	0,01 <sup>A,a</sup> ±0,00	2,39 <sup>A,a</sup> ±0,04	27,96 <sup>AB,a</sup> ±0,18	62,29 <sup>A,a</sup> ±0,20	1,84 <sup>AB,c</sup> ±0,12
Defne (500 ppm)	0	5,14 <sup>A,b</sup> ±0,09	0,42 <sup>B,a</sup> ±0,03	0,02 <sup>AB,a</sup> ±0,00	0,01 <sup>A,ab</sup> ±0,00	2,58 <sup>A,b</sup> ±0,10	28,55 <sup>A,b</sup> ±0,15	62,29 <sup>A,a</sup> ±0,28	0,99 <sup>B,a</sup> ±0,06
	4	5,15 <sup>A,b</sup> ±0,14	0,38 <sup>A,a</sup> ±0,08	0,02 <sup>A,a</sup> ±0,00	0,01 <sup>A,b</sup> ±0,00	2,65 <sup>A,b</sup> ±0,10	28,54 <sup>A,b</sup> ±0,27	62,18 <sup>A,a</sup> ±0,10	1,07 <sup>A,a</sup> ±0,36
	8	5,17 <sup>A,b</sup> ±0,13	0,44 <sup>AB,a</sup> ±0,07	0,02 <sup>A,a</sup> ±0,00	0,01 <sup>A,b</sup> ±0,00	2,63 <sup>A,b</sup> ±0,12	28,57 <sup>B,b</sup> ±0,39	61,99 <sup>A,a</sup> ±0,36	1,17 <sup>A,a</sup> ±0,20
	12	4,94 <sup>A,a</sup> ±0,07	0,49 <sup>A,a</sup> ±0,12	0,01 <sup>A,a</sup> ±0,00	0,01 <sup>AB,a</sup> ±0,00	2,34 <sup>A,a</sup> ±0,02	28,08 <sup>AB,a</sup> ±0,15	62,17 <sup>A,a</sup> ±0,14	1,95 <sup>AB,b</sup> ±0,14
Defne (1000 ppm)	0	5,32 <sup>B,b</sup> ±0,06	0,29 <sup>A,a</sup> ±0,04	0,03 <sup>C,b</sup> ±0,00	0,02 <sup>A,a</sup> ±0,01	2,72 <sup>B,c</sup> ±0,04	28,81 <sup>AB,b</sup> ±0,25	62,04 <sup>A,a</sup> ±0,18	0,78 <sup>AB,a</sup> ±0,23
	4	5,08 <sup>A,a</sup> ±0,05	0,41 <sup>A,ab</sup> ±0,06	0,02 <sup>A,a</sup> ±0,00	0,01 <sup>A,a</sup> ±0,00	2,58 <sup>A,b</sup> ±0,06	28,44 <sup>A,ab</sup> ±0,10	62,28 <sup>A,a</sup> ±0,09	1,18 <sup>A,b</sup> ±0,14
	8	5,07 <sup>A,a</sup> ±0,14	0,44 <sup>AB,b</sup> ±0,11	0,02 <sup>A,a</sup> ±0,00	0,01 <sup>A,a</sup> ±0,00	2,53 <sup>A,b</sup> ±0,09	28,54 <sup>B,b</sup> ±0,28	62,22 <sup>AB,a</sup> ±0,17	1,17 <sup>A,b</sup> ±0,26
	12	4,99 <sup>A,a</sup> ±0,11	0,46 <sup>A,b</sup> ±0,09	0,01 <sup>A,a</sup> ±0,00	0,01 <sup>AB,a</sup> ±0,00	2,40 <sup>A,a</sup> ±0,09	28,14 <sup>B,a</sup> ±0,26	62,31 <sup>A,a</sup> ±0,22	1,67 <sup>A,c</sup> ±0,21
Karabaş otu (500 ppm)	0	5,28 <sup>B,a</sup> ±0,02	0,33 <sup>A,a</sup> ±0,02	0,02 <sup>B,a</sup> ±0,00	0,01 <sup>A,a</sup> ±0,00	2,62 <sup>AB,ab</sup> ±0,06	28,94 <sup>B,c</sup> ±0,22	62,19 <sup>A,a</sup> ±0,07	0,60 <sup>A,a</sup> ±0,18
	4	5,21 <sup>A,a</sup> ±0,36	0,36 <sup>A,a</sup> ±0,16	0,02 <sup>A,a</sup> ±0,01	0,01 <sup>A,a</sup> ±0,00	2,69 <sup>A,b</sup> ±0,28	28,65 <sup>A,bc</sup> ±0,40	62,17 <sup>A,a</sup> ±0,43	0,88 <sup>A,ab</sup> ±0,46
	8	5,10 <sup>A,a</sup> ±0,14	0,46 <sup>AB,a</sup> ±0,05	0,02 <sup>A,a</sup> ±0,00	0,01 <sup>A,a</sup> ±0,00	2,55 <sup>A,ab</sup> ±0,13	28,28 <sup>B,ab</sup> ±0,42	62,29 <sup>AB,a</sup> ±0,36	1,29 <sup>A,b</sup> ±0,29
	12	5,01 <sup>A,a</sup> ±0,09	0,48 <sup>A,a</sup> ±0,11	0,01 <sup>A,a</sup> ±0,00	0,01 <sup>B,a</sup> ±0,00	2,41 <sup>A,a</sup> ±0,09	27,88 <sup>AB,a</sup> ±0,34	62,38 <sup>A,a</sup> ±0,22	1,81 <sup>AB,c</sup> ±0,31
Karabaş otu (1000 ppm)	0	5,27 <sup>B,c</sup> ±0,08	0,32 <sup>A,a</sup> ±0,05	0,02 <sup>BC,b</sup> ±0,00	0,01 <sup>A,a</sup> ±0,00	2,69 <sup>B,c</sup> ±0,06	28,87 <sup>B,c</sup> ±0,08	62,07 <sup>A,a</sup> ±0,10	0,75 <sup>AB,a</sup> ±0,16
	4	5,09 <sup>A,b</sup> ±0,03	0,49 <sup>A,b</sup> ±0,02	0,02 <sup>A,a</sup> ±0,00	0,01 <sup>A,a</sup> ±0,00	2,60 <sup>A,bc</sup> ±0,03	28,41 <sup>A,b</sup> ±0,13	62,12 <sup>A,a</sup> ±0,13	1,27 <sup>A,b</sup> ±0,06
	8	5,12 <sup>A,b</sup> ±0,13	0,52 <sup>B,b</sup> ±0,07	0,02 <sup>A,a</sup> ±0,00	0,01 <sup>A,a</sup> ±0,01	2,51 <sup>A,b</sup> ±0,14	27,46 <sup>A,a</sup> ±0,44	62,65 <sup>B,b</sup> ±0,33	1,71 <sup>B,c</sup> ±0,19
	12	4,93 <sup>A,a</sup> ±0,03	0,54 <sup>A,b</sup> ±0,02	0,01 <sup>A,a</sup> ±0,00	0,01 <sup>AB,a</sup> ±0,00	2,32 <sup>A,a</sup> ±0,02	27,73 <sup>A,a</sup> ±0,24	62,40 <sup>A,ab</sup> ±0,27	2,06 <sup>B,d</sup> ±0,08

Aynı sütundaki büyük harfler (A-C) uçucu yağ uygulamaları, küçük harfler (a-d) ise depolama süresi arasındaki farkın istatistikî olarak önemli olduğunu ifade etmektedir ( $p<0,05$ ).

Uçucu yağ ilavesi gerçekleştirilmiş riviera zeytinyağı örneklerinin 60°C'de 20 gün süreyle depolanması işlemi süresince yağ asidi bileşiminde meydana gelen değişim Çizelge 4.2'de verildiği gibidir. Riviera zeytinyağının temel yağ asidi oleik asit olup, depolanmamış kontrol örneğinde %67,31 değerini alırken, farklı sürelerde depolanmış ve farklı miktarlarda uçucu yağ ilavesi yapılmış örneklerde %67,31-69,99 arasında değişen değerler almıştır. En düşük değer kontrol grubunda henüz depolanmamış örnekte bulgulanmıştır. En yüksek değer ise yine kontrol grubunda 20. gün sonunda saptanmıştır. 1000 ppm karabaş otu ilavesi yapılmış örneklerde depolama süresi ile birlikte oleik asit düzeyinde anlamlı bir değişim gözlenmemiştir. Defne yağı ilavesi yapılmış riviera zeytinyağı örneklerinde yağ miktarındaki artış ile beraber 4. günün sonunda istatistiki olarak anlamlı bir değişim gözlenmezken, 12. günün sonunda istatistiki olarak önemli düzeyde artış, 16. ve 20. günlerin sonunda ise önemli düzeyde bir azalma saptanmıştır. Karabaş otu yağı ilaveli örneklerde ise yağ miktarındaki değişim 4 ve 16 gün depolanan örneklerin oleik asit miktarında anlamlı bir fark yaratmamıştır. Yalnızca henüz depolanmamış örneklerde ilave uçucu yağ miktarındaki artış, oleik asit düzeyinin istatistiki olarak önemli derecede artmasına neden olmuştur.

Riviera zeytinyağının ikinci baskın yağ asidi linoleik asit olarak belirlenmiştir. Linoleik asit düzeyi henüz depolanmamış ve uçucu yağ ilavesi yapılmamış örnekte %16,16 değerini alırken, farklı sürelerde depolanmış ve farklı miktarlarda uçucu yağ ilavesi yapılmış örneklerde %13,09-16,16 arasında değişiklik göstermiştir. En düşük ve en yüksek linoleik asit düzeyleri ile kontrol grubunda karşılaşılmıştır. En düşük değer 20 gün depolama sonucunda, en yüksek değer ise henüz depolanmamış örnekte saptanmıştır. Defne yağı ilaveli örneklerde uçucu yağ miktarındaki değişim 0., 4. ve 12. günler sonunda linoleik asit miktarında istatistiki olarak anlamlı bir fark yaratmazken, 16 ve 20. günler sonunda anlamlı derecede artışa neden olmuştur.

Riviera zeytinyağının üçüncü baskın yağ asidi palmitik asittir. Palmitik asit düzeyi henüz depolanmamış ve uçucu yağ ilavesi yapılmamış örnekte %11,63 değerini alırken, farklı sürelerde depolanmış ve farklı miktarlarda uçucu yağ ilavesi yapılmış örneklerde %11,43-12,53 arasında değişiklik göstermiştir. En düşük değer 1000 ppm karabaş otu yağı ilavesi yapılan riviera zeytinyağı örneklerinde henüz depolama işlemi gerçekleştirilmeden tespit edilmiştir. En yüksek değer ise kontrol grubu örneklerde 20. gün sonunda bulgulanmıştır. 500 ppm karabaş otu yağı ilaveli riviera zeytinyağı örneklerinde depolama süresi ile palmitik asit düzeyinde anlamlı bir değişiklik gözlenmemiştir. Farklı oranlarda defne yağı ilave edilmiş ve

20 gün depolanmış örnekler hariç diğer tüm örneklerde uçucu yağ düzeyinin istatistiki olarak anlamlı bir farklılığa neden olmadığı da belirlenmiştir.

Ayrıca riviera zeytinyağında palmitoleik, heptadekanoik, heptadesenoik, stearik ve linolenik asitlerin de varlığı tespit edilmiştir. Palmitoleik ve stearik asit düzeyleri birbirine oldukça yakındır. Palmitoleik asit %1,65-%1,95 aralığında değişim gösterirken, stearik asit düzeyi %1,67-%1,96 aralığında tespit edilmiştir. Heptadekanoik, heptadesenoik ve linolenik asitlerin düzeyleri ise sırasıyla %0,03-0,06; %0,06-0,09 ve %0,64-1,24 aralıklarında değişim sergilemiştir. Arcoleo vd. (2009) tarafından yapılan çalışmada, sızma zeytinyağının raf ömrünü ve duysal profilini korumak adına soğuk sıkım limon uçucu yağı kullanılmıştır. %0,4-0,8 aralığında ilave edilen limon yağının etkileri 10 ay boyunca gözlenmiştir. Limon yağı ilaveli zeytinyağlarının oksidatif stabilitelerinin daha yüksek olduğu bulgulanmıştır. Limon yağı ilavesi yağ asidi bileşiminde anlamlı bir farklılık ortaya koymamıştır.

**Çizelge 4.2.** Depolama süresince riviera zeytinyağlarının yağ asidi bileşimleri (%).

	Gün	C16:0	C16:1	C17:0	C17:1	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3
Kontrol	0	11,63 <sup>A,a</sup> ±0,15	1,95 <sup>B,b</sup> ±0,04	0,04 <sup>A,bc</sup> ±0,00	0,07 <sup>A,ab</sup> ±0,01	1,78 <sup>A,ab</sup> ±0,02	67,31 <sup>A,a</sup> ±0,67	16,16 <sup>A,d</sup> ±0,53	1,07 <sup>A,b</sup> ±0,27
	4	11,76 <sup>A,a</sup> ±0,32	1,68 <sup>A,a</sup> ±0,04	0,04 <sup>A,ab</sup> ±0,00	0,08 <sup>A,b</sup> ±0,01	1,83 <sup>A,b</sup> ±0,04	69,04 <sup>A,b</sup> ±0,30	14,67 <sup>A,bc</sup> ±0,16	0,89 <sup>A,b</sup> ±0,07
	8	11,83 <sup>A,a</sup> ±0,47	1,70 <sup>A,a</sup> ±0,10	0,04 <sup>B,c</sup> ±0,00	0,08 <sup>A,ab</sup> ±0,01	1,83 <sup>C,b</sup> ±0,05	69,37 <sup>C,bc</sup> ±0,68	14,28 <sup>A,b</sup> ±0,58	0,87 <sup>A,b</sup> ±0,08
	12	11,79 <sup>A,a</sup> ±0,20	1,90 <sup>A,b</sup> ±0,10	0,03 <sup>A,ab</sup> ±0,01	0,06 <sup>A,ab</sup> ±0,01	1,71 <sup>A,a</sup> ±0,06	67,91 <sup>A,a</sup> ±0,50	15,55 <sup>A,cd</sup> ±0,61	1,05 <sup>A,b</sup> ±0,05
	16	12,08 <sup>A,ab</sup> ±0,39	1,86 <sup>A,b</sup> ±0,06	0,03 <sup>A,ab</sup> ±0,00	0,07 <sup>A,ab</sup> ±0,01	1,74 <sup>A,a</sup> ±0,05	68,93 <sup>B,b</sup> ±0,54	14,33 <sup>AB,b</sup> ±0,81	0,96 <sup>AB,b</sup> ±0,10
	20	12,53 <sup>B,b</sup> ±0,24	1,66 <sup>A,a</sup> ±0,10	0,04 <sup>A,bc</sup> ±0,01	0,08 <sup>A,b</sup> ±0,01	1,96 <sup>B,c</sup> ±0,09	69,99 <sup>B,c</sup> ±0,58	13,09 <sup>A,a</sup> ±0,78	0,64 <sup>A,a</sup> ±0,02
Defne (500 ppm)	0	11,70 <sup>A,ab</sup> ±0,13	1,89 <sup>AB,b</sup> ±0,08	0,04 <sup>A,ab</sup> ±0,00	0,07 <sup>A,abc</sup> ±0,00	1,78 <sup>A,a</sup> ±0,03	67,67 <sup>AB,a</sup> ±0,35	15,85 <sup>A,c</sup> ±0,43	1,00 <sup>A,b</sup> ±0,03
	4	11,50 <sup>A,a</sup> ±0,58	1,68 <sup>A,a</sup> ±0,11	0,04 <sup>A,b</sup> ±0,00	0,09 <sup>A,c</sup> ±0,01	1,77 <sup>A,a</sup> ±0,05	68,95 <sup>A,b</sup> ±0,84	15,07 <sup>A,bc</sup> ±0,56	0,90 <sup>A,ab</sup> ±0,07
	8	11,76 <sup>A,ab</sup> ±0,08	1,90 <sup>C,b</sup> ±0,05	0,04 <sup>A,ab</sup> ±0,00	0,08 <sup>A,bcd</sup> ±0,02	1,72 <sup>AB,a</sup> ±0,03	67,91 <sup>AB,a</sup> ±0,52	15,56 <sup>BC,c</sup> ±0,49	1,02 <sup>BC,b</sup> ±0,05
	12	11,76 <sup>A,ab</sup> ±0,07	1,90 <sup>A,b</sup> ±0,05	0,03 <sup>A,ab</sup> ±0,00	0,07 <sup>A,ab</sup> ±0,01	1,71 <sup>A,a</sup> ±0,03	68,30 <sup>AB,ab</sup> ±0,45	15,20 <sup>AB,c</sup> ±0,044	1,04 <sup>A,b</sup> ±0,07
	16	12,03 <sup>A,b</sup> ±0,09	1,95 <sup>B,b</sup> ±0,03	0,03 <sup>A,ab</sup> ±0,00	0,06 <sup>A,ab</sup> ±0,00	1,72 <sup>A,a</sup> ±0,02	68,90 <sup>B,b</sup> ±0,16	14,40 <sup>AB,b</sup> ±0,22	0,71 <sup>A,b</sup> ±0,42
	20	12,51 <sup>B,c</sup> ±0,35	1,65 <sup>A,a</sup> ±0,12	0,06 <sup>B,c</sup> ±0,01	0,09 <sup>B,d</sup> ±0,01	1,94 <sup>B,b</sup> ±0,10	69,82 <sup>B,c</sup> ±0,57	13,21 <sup>A,a</sup> ±0,87	0,72 <sup>B,a</sup> ±0,04
Defne (1000 ppm)	0	11,66 <sup>A,a</sup> ±0,32	1,86 <sup>AB,b</sup> ±0,12	0,04 <sup>A,abc</sup> ±0,01	0,07 <sup>A,a</sup> ±0,01	1,77 <sup>A,abc</sup> ±0,09	67,47 <sup>AB,a</sup> ±0,91	15,93 <sup>A,c</sup> ±0,98	1,20 <sup>A,c</sup> ±0,029
	4	12,10 <sup>A,b</sup> ±0,32	1,71 <sup>A,a</sup> ±0,05	0,04 <sup>A,bc</sup> ±0,01	0,08 <sup>A,a</sup> ±0,01	1,82 <sup>A,bc</sup> ±0,06	68,86 <sup>A,bc</sup> ±0,33	14,53 <sup>A,ab</sup> ±0,31	0,86 <sup>A,ab</sup> ±0,03
	8	11,90 <sup>A,ab</sup> ±0,18	1,81 <sup>BC,ab</sup> ±0,07	0,04 <sup>A,abc</sup> ±0,01	0,07 <sup>A,a</sup> ±0,02	1,73 <sup>B,ab</sup> ±0,03	67,96 <sup>AB,ab</sup> ±0,42	15,47 <sup>BC,bc</sup> ±0,52	1,03 <sup>BC,bc</sup> ±0,05
	12	11,96 <sup>A,ab</sup> ±0,27	1,86 <sup>A,b</sup> ±0,12	0,03 <sup>A,ab</sup> ±0,00	0,07 <sup>A,a</sup> ±0,01	1,71 <sup>A,a</sup> ±0,07	68,56 <sup>AB,bc</sup> ±0,78	14,85 <sup>A,b</sup> ±0,89	0,96 <sup>A,bc</sup> ±0,11
	16	11,91 <sup>A,ab</sup> ±0,07	1,94 <sup>B,b</sup> ±0,01	0,03 <sup>A,a</sup> ±0,00	0,07 <sup>A,a</sup> ±0,01	1,77 <sup>AB,abc</sup> ±0,01	68,07 <sup>A,ab</sup> ±0,20	15,04 <sup>B,bc</sup> ±0,20	1,17 <sup>B,c</sup> ±0,17
	20	12,19 <sup>A,b</sup> ±0,17	1,93 <sup>B,b</sup> ±0,09	0,04 <sup>A,c</sup> ±0,00	0,08 <sup>A,a</sup> ±0,00	1,86 <sup>AB,c</sup> ±0,05	69,38 <sup>AB,c</sup> ±0,40	13,81 <sup>AB,a</sup> ±0,48	0,71 <sup>B,a</sup> ±0,06
Karabaş otu (500 ppm)	0	11,61 <sup>A,a</sup> ±0,11	1,83 <sup>AB,b</sup> ±0,03	0,03 <sup>A,ab</sup> ±0,00	0,06 <sup>A,a</sup> ±0,00	1,78 <sup>A,b</sup> ±0,04	67,42 <sup>AB,a</sup> ±0,49	16,03 <sup>A,c</sup> ±0,40	1,24 <sup>A,c</sup> ±0,25
	4	11,94 <sup>A,a</sup> ±0,83	1,68 <sup>A,a</sup> ±0,15	0,04 <sup>A,c</sup> ±0,01	0,08 <sup>A,bc</sup> ±0,01	1,82 <sup>A,b</sup> ±0,08	68,99 <sup>A,b</sup> ±0,50	14,57 <sup>A,ab</sup> ±0,81	0,88 <sup>A,ab</sup> ±0,08
	8	11,66 <sup>A,a</sup> ±0,10	1,88 <sup>BC,b</sup> ±0,05	0,04 <sup>A,abc</sup> ±0,00	0,08 <sup>A,b</sup> ±0,00	1,68 <sup>A,a</sup> ±0,04	67,61 <sup>A,a</sup> ±0,27	15,97 <sup>C,c</sup> ±0,22	1,09 <sup>C,bc</sup> ±0,08
	12	11,62 <sup>A,a</sup> ±0,40	1,89 <sup>A,b</sup> ±0,02	0,03 <sup>A,a</sup> ±0,00	0,06 <sup>A,a</sup> ±0,01	1,69 <sup>A,a</sup> ±0,03	68,82 <sup>B,b</sup> ±0,39	14,86 <sup>A,b</sup> ±0,33	1,03 <sup>A,abc</sup> ±0,05
	16	12,19 <sup>A,a</sup> ±0,33	1,86 <sup>A,b</sup> ±0,05	0,04 <sup>A,abc</sup> ±0,00	0,08 <sup>B,bc</sup> ±0,00	1,82 <sup>B,b</sup> ±0,07	69,10 <sup>B,b</sup> ±0,52	13,99 <sup>A,a</sup> ±0,68	0,92 <sup>AB,ab</sup> ±0,34
	20	12,07 <sup>A,a</sup> ±0,03	1,81 <sup>B,b</sup> ±0,04	0,04 <sup>A,bc</sup> ±0,01	0,09 <sup>AB,c</sup> ±0,00	1,82 <sup>A,b</sup> ±0,02	69,03 <sup>A,b</sup> ±0,12	14,40 <sup>B,ab</sup> ±0,17	0,75 <sup>B,a</sup> ±0,04
Karabaş otu (1000 ppm)	0	11,43 <sup>A,a</sup> ±0,59	1,78 <sup>A,abc</sup> ±0,08	0,03 <sup>A,ab</sup> ±0,01	0,07 <sup>A,ab</sup> ±0,01	1,77 <sup>A,bc</sup> ±0,06	68,37 <sup>B,a</sup> ±0,48	15,57 <sup>A,b</sup> ±0,86	0,80 <sup>A,a</sup> ±0,49
	4	12,03 <sup>A,b</sup> ±0,21	1,74 <sup>A,a</sup> ±0,15	0,04 <sup>A,b</sup> ±0,01	0,08 <sup>A,c</sup> ±0,01	1,80 <sup>A,c</sup> ±0,06	68,62 <sup>A,a</sup> ±0,99	14,79 <sup>A,ab</sup> ±0,98	0,89 <sup>A,a</sup> ±0,09
	8	11,93 <sup>A,b</sup> ±0,11	1,78 <sup>AB,ab</sup> ±0,04	0,03 <sup>A,ab</sup> ±0,00	0,08 <sup>A,bc</sup> ±0,01	1,73 <sup>B,ab</sup> ±0,01	68,57 <sup>B,a</sup> ±0,29	14,99 <sup>B,ab</sup> ±0,38	0,90 <sup>AB,ab</sup> ±0,14
	12	11,88 <sup>A,b</sup> ±0,10	1,87 <sup>A,bc</sup> ±0,02	0,03 <sup>A,ab</sup> ±0,00	0,07 <sup>A,ab</sup> ±0,00	1,67 <sup>A,a</sup> ±0,01	68,62 <sup>AB,a</sup> ±0,10	14,82 <sup>A,ab</sup> ±0,13	1,05 <sup>A,a</sup> ±0,01
	16	12,14 <sup>A,b</sup> ±0,19	1,90 <sup>AB,c</sup> ±0,02	0,03 <sup>A,ab</sup> ±0,01	0,07 <sup>A,a</sup> ±0,00	1,77 <sup>AB,bc</sup> ±0,04	68,92 <sup>B,a</sup> ±0,19	14,26 <sup>AB,a</sup> ±0,38	0,91 <sup>AB,ab</sup> ±0,07
	20	12,12 <sup>A,b</sup> ±0,10	1,87 <sup>B,bc</sup> ±0,06	0,04 <sup>A,b</sup> ±0,00	0,08 <sup>A,abc</sup> ±0,00	1,83 <sup>A,c</sup> ±0,02	69,06 <sup>A,a</sup> ±0,21	14,25 <sup>B,a</sup> ±0,24	0,75 <sup>B,a</sup> ±0,01

Aynı sütundaki büyük harfler (A-C) uçucu yağ uygulamaları, küçük harfler (a-d) ise depolama süresi arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olduğunu ifade etmektedir ( $p<0,05$ )

## 5. SONUÇ

Tez çalışması kapsamında ayçiçek ve riviera zeytinyağına farklı oranlarda defne ve karabaş otu uçucu yağı ilave edilerek oksidatif stabilitenin güçlendirilmesi amaçlanmıştır. Çalışma sonuçları ayçiçek ve riviera zeytinyağlarına 60°C'de 12 ve 20 gün süreyle uygulanan depolama işlemleri süresince uçucu yağ ilavesinin serbest yağ asidi miktarındaki artışı baskılayabildiğini göstermiştir. Benzer bir durum peroksit değeri için gözlenmiş ve uçucu yağ ilavesi ile birlikte peroksit sayısındaki artış da engellenebilmiştir. Uçucu yağların etkinlikleri karşılaştırıldığında defne uçucu yağı ilavesinin karabaş otu uçucu yağına göre peroksit sayısındaki artışı daha yüksek oranda engelleyebildiği belirlenmiştir. Depolama işlemi süresince oksidatif stabilitedeki azalma ile birlikte konjuge oksidasyon ürünlerinin oluşumuna paralel olarak örneklerin K<sub>232</sub> miktarı önemli ölçüde artmıştır. Ayçiçek yağının temel yağ asitleri sırasıyla linoleik oleik ve palmitik asitler olarak belirlenmiştir ve depolama süresinin uzaması kontrol grubu ayçiçek yağlarının oleik asit düzeyinin istatistiki olarak önemli derecede azalmasına sebep olmuştur. Ayrıca ayçiçek yağı örneklerinde depolama süresi ile birlikte linoleik asit düzeyinde anlamlı değişim sadece 1000 ppm karabaş otu yağı ilavesi durumunda gözlenmiştir. İlave edilen karabaş otu miktarı örneklerin palmitik asit düzeyinde anlamlı bir değişime neden olmamıştır. Riviera zeytinyağının temel yağ asitleri ise sırasıyla oleik, linoleik ve palmitik asit olup riviera zeytinyağında ilave uçucu yağ miktarındaki artış, yalnızca henüz depolanmamış örneklerde oleik asit düzeyinin istatistiki olarak önemli derecede artmasına neden olmuştur. Defne ve karabaş otu uçucu yağlarının ilavesi riviera zeytinyağının yağ asidi bileşiminde istikrarlı bir değişime yol açmamıştır.

## KAYNAKLAR

- AOCS. 2003. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society, Champaign, IL
- Aladedunye, F. A. (2014). Natural antioxidants as stabilizers of frying oils. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 116(6), doi: 10.1002/ejlt.201300267
- Alencar, E. R. D., Faroni, L. R., Peternelli, L. A., da Silva, M. T., & Costa, A. R. (2010). Influence of soybean storage conditions on crude oil quality. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 14(3), 303-308. doi: 10.1590/S1415-43662010000300010
- Ali, R. F. M. (2010). Improvement the stability of fried sunflower oil by using different levels of pomposia (*Syzygium cumini*). *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*, 9 (2), 396-403.
- Angioni, A., Barra, A., Coroneo, V., Dessi, S., & Cabras, P. (2006). Chemical composition, seasonal variability, and antifungal activity of *Lavandula stoechas* L. ssp. *stoechas* essential oils from stem/leaves and flowers. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(12), 4364-4370. doi: 10.1021/jf0603329
- Anjum, F. M., Nadeem, M., Khan, M. I., & Hussain, S. (2012). Nutritional and therapeutic potential of sunflower seeds: a review. *British Food Journal*, 114(4), 544-552. doi: 10.1108/00070701211219559
- Arcoleo, G., Indovina, M. C., Varvara, G., Lanza, C., & Mazzaglia, A. (2009). Improving olive oil shelf life with lemon essential oil. *Chem Eng Trans*, 17, 849-854.
- Arora D. (2015). Biological activities of essential oils. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 3(1), 16-18.
- Ayral, N. M. (1997). *Lavandula stoechas* bitkisinin uçucu yağının ve uçucu olmayan organik bileşenlerinin incelenmesi ve biyolojik aktivitelerinin belirlenmesi (Doctoral dissertation, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, s: 176).
- Aziz, Z. A., Ahmad, A., Setapar, S. H. M., Karakucuk, A., Azim, M. M., Lokhat, D., ... & Ashraf, G. M. (2018). Essential oils: extraction techniques, pharmaceutical and

- therapeutic potential-a review. *Current Drug Metabolism*, 19(13), 1100-1110. doi: 10.2174/1389200219666180723144850
- Baytop, A. (1996). *Farmasötik botanik ders kitabı*. İstanbul Üniversitesi.
- Baytop, T. (1999). *Türkiye'de bitkiler ile tedavi: geçmişte ve bugün*. Nobel Tıp Kitabevleri.
- Baixauli, R., Salvador, A., Fiszman, S. M., & Calvo, C. (2002). Effect of oil degradation during frying on the color of fried, battered squid rings. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 79(11), 1127-1131. doi: 10.1007/s11746-002-0615-2
- Bousta, D. ve Farah, A. (2020). A Phytopharmacological review of a Mediterranean plant: *Lavandula stoechas* L. *Clinical Phytoscience*, 6(1), 9. doi: 10.1186/s40816-019-0142-y
- Bouyahya, A., Et-Touys, A., Abrini, J., Talbaoui, A., Fellah, H., Bakri, Y., & Dakka, N. (2017). *Lavandula stoechas* essential oil from Morocco as novel source of antileishmanial, antibacterial and antioxidant activities. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 12, 179-184. doi: 10.1016/j.bcab.2017.10.003
- Carrasco, A., Ortiz-Ruiz, V., Martinez-Gutierrez, R., Tomas, V., & Tudela, J. (2015). *Lavandula stoechas* essential oil from Spain: Aromatic profile determined by gas chromatography–mass spectrometry, antioxidant and lipoxygenase inhibitory bioactivities. *Industrial Crops and Products*, 73, 16-27. doi: 10.1016/j.indcrop.2015.03.088
- Carvalho Jr, R. N., Moura, L. S., Rosa, P. T., & Meireles, M. A. A. (2005). Supercritical fluid extraction from rosemary (*Rosmarinus officinalis*): Kinetic data, extract's global yield, composition, and antioxidant activity. *The Journal of Supercritical Fluids*, 35(3), 197-204.
- Chahal, K. K., Bansal, R., & Kaur, R. (2016). Chemistry and insecticidal potential of bay leaf essential oil against stored grain pest of wheat. *Journal of Applied and Natural Science*, 8(4), 2049-2054. doi: 10.31018/jans.v8i4.1085
- Chahal, K. K., Kaur, M., Bhardwaj, U., Singla, N., Kaur, A., Kaur, M., ... & Kaur, A. (2017). A review on chemistry and biological activities of *Laurus nobilis* L. essential oil. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 6(4), 1153-1161.
- Chang, S., Abbaspour, H., Nafchi, A. M., Heydari, A., & Mohammadhosseini, M. (2016). Iranian *Foeniculum vulgare* essential oil and alcoholic extracts: Chemical



- composition, antimicrobial, antioxidant and application in olive oil preservation. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 19(8), 1920-1931. doi: 10.1080/0972060X.2016.1238324
- Choe, E. ve Min, D. B. (2007). Chemistry of deep-fat frying oils. *Journal of Food Science*, 72(5), R77-R86. doi: 10.1111/j.1750-3841.2007.00352.x
- Chouhan, S., Sharma, K., Guleria, S. (2017). Antimicrobial activity of some essential oils-present status and future perspectives. *Medicines*, 4(3), 58. doi: 10.3390/medicines4030058
- Codex Alimentarius. (1999). Standard for Named Vegetable Oils Codex- Stan 210- 1999.
- Çalık, G. (2017) *Farklı Depolama Koşullarında Soğuk Pres Yağların Oksidatif Stabilitelerinin Değerlendirilmesi* Yüksek Lisans Tezi, Abant İzzet Baysal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bolu.
- Çoban, Ö. E., & Patır, B. (2010). Antioksidan etkili bazı bitki ve baharatların gıdalarda kullanımı. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 5(2), 7-19.
- Demir, V., Gunhan, T., Yagcioglu, A. K., & Degirmencioglu, A. (2004). Mathematical modelling and the determination of some quality parameters of air-dried bay leaves. *Biosystems Engineering*, 88(3), 325-335. doi: 10.1016/j.biosystemseng.2004.04.005
- Dıraman, H., Saygı, H., & Hışıl, Y. (2009). İzmir ilinde iki hasat yılı süresince üretilmiş naturel zeytinyağlarının yağ asitleri bileşenleri. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 4, 1-8.
- Dob, T., Dahmane, D., Agli, M., Chelghoum, C. (2006). Essential oil composition of *Lavandula stoechas* from Algeria. *Pharmaceutical Biology*, 44(1), 60-64. doi: 10.1080/13880200500496421
- Dobravalskytė, D., Venskutonis, P. R., & Talou, T. (2012). Antioxidant properties and essential oil composition of *Calamintha grandiflora* L. *Food Chemistry*, 135(3), 1539-1546. doi: 10.1016/j.foodchem.2012.05.094
- El, S. N., Karagozlu, N., Karakaya, S., & Sahin, S. (2014). Antioxidant and antimicrobial activities of essential oils extracted from *Laurus nobilis* L. leaves by using solvent-free microwave and hydrodistillation. *Food and Nutrition Sciences*, 5(2). doi: 10.4236/fns.2014.52013
- Frankel, E. N. (2007). *Antioxidants in food and biology*. Dundee: The Oily Press LTD.

- Frankel, E. N. (2014). *Lipid oxidation* (2<sup>nd</sup> ed.). Elsevier.
- Giray, E. S., Kırıcı, S., Kaya, D. A., Türk, M., Sönmez, Ö., Inan, M. (2008). Comparing the effect of sub-critical water extraction with conventional extraction methods on the chemical composition of *Lavandula stoechas*. *Talanta*, 74(4), 930-935. doi: 10.1016/j.talanta.2007.07.040
- Goto, M., Otlés, S., Askin, R. (2005). Karabaş otu'nun süperkritik ekstrasyonu *Lavandula stoechas* spp. *Akademik Gıda*, 3(1), 26-30.
- Gotor, A. A., & Rhazi, L. (2016). Effects of refining process on sunflower oil minor components: a review. *OCL*, 23(2), D207. doi: 10.1051/ocl/2016007
- Gören, A. C., Topçu, G., Bilsel, G., Bilsel, M., Aydoğmuş, Z., Pezzuto, J. M. (2002). The chemical constituents and biological activity of essential oil of *Lavandula stoechas* ssp. *stoechas*. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 57(9-10), 797-800. doi: 10.1515/znc-2002-9-1007
- Guo, Q., Gao, S., Sun, Y., Gao, Y., Wang, X., & Zhang, Z. (2016). Antioxidant efficacy of rosemary ethanol extract in palm oil during frying and accelerated storage. *Industrial Crops and Products*, 94, 82-88. doi: 10.1016/j.indcrop.2016.08.032
- Hashemi, M. B., Niakousari, M., Saharkhiz, M. J., & Eskandari, M. H. (2011). Influence of *Zataria multiflora* Boiss. essential oil on oxidative stability of sunflower oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 113(12), 1520-1526. doi: 10.1002/ejlt.201000415
- Hassiotis, C. N. (2010). Chemical compounds and essential oil release through decomposition process from *Lavandula stoechas* in Mediterranean region. *Biochemical Systematics and Ecology*, 38(4), 493-501. doi: 10.1016/j.bse.2010.05.002
- Iqbal, S., & Bhanger, M. I. (2007). Stabilization of sunflower oil by garlic extract during accelerated storage. *Food Chemistry*, 100(1), 246-254. doi: 10.1016/j.foodchem.2005.09.049
- IUPAC. (1987). International Union of Pure and Applied Chemistry. Standard Methods for Analysis of Oils, Fats and Derivates, 7th Edn, IUPAC Method 2.301, Blackwell Scientific Publications, Palo Alto, California., USA.
- Kayahan, M. (2017). Lipitler. İlbilge Saldamlı (Ed.) (6. Baskı), *Gıda Kimyası*. Ankara: Hacettepe Üniversitesi Yayınları.
- Keramat, M., Golmakani, M. T., Aminlari, M., & Shekarforoush, S. S. (2016). Comparative effect of *Bunium persicum* and *Rosmarinus officinalis* essential oils and their synergy

- with citric acid on the oxidation of virgin olive oil. *International Journal of Food Properties*, 19(12), 2666-2681. doi: 10.1080/10942912.2015.1126722
- Keramat, M., Golmakani, M. T., Aminlari, M., & Shekarforoush, S. (2017). Oxidative stability of virgin olive oil supplemented with *Zataria multiflora* Boiss. and *Rosmarinus officinalis* L. essential oils during accelerated storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(3), e12951. Doi: 10.1111/jfpp.12951
- Kilic, A., Hafizoglu, H., Kollmannsberger, H., & Nitz, S. (2004). Volatile constituents and key odorants in leaves, buds, flowers, and fruits of *Laurus nobilis* L. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(6), 1601-1606. doi: 10.1021/jf0306237
- Kırmızıbekmez, H., Demirci, B., Yeşilada, E., Başer, K. H. C., Demirci, F. (2009). Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oils of *Lavandula stoechas* L. ssp. *stoechas* growing wild in Turkey. *Natural Product Communications*, 4(7), 1934578X0900400727. doi: 10.1177/1934578X0900400727
- Kiralan, S. S., Karagoz, S. G., Ozkan, G., Kiralan, M., & Ketenoglu, O. (2021). Changes in Volatile Compounds of Virgin Olive Oil Flavored with Essential Oils During Thermal and Photo-Oxidation. *Food Analytical Methods*, 14(5), 883-896. doi: 10.1007/s12161-020-01926-w
- Kolsarıcı, Ö., Kaya, M.D., Göksoy, A.T., Arıoğlu, H., Kulan, E.G., Day, S. (2015). Yağlı tohum üretiminde yeni arayışlar. Türkiye Ziraat Mühendisliği VIII Teknik Kongresi.
- Lercker, G., & Rodriguez-Estrada, M. T. (2002). Cholesterol oxidation mechanisms. *Cholesterol and phytosterol oxidation products: Analysis, Occurrence, and Biological Effects*, 1-25.
- Lutterodt, H., Slavin, M., Whent, M., Turner, E., Yu, L. L. (2011). Fatty acid composition, oxidative stability, antioxidant and antiproliferative properties of selected cold-pressed grape seed oils and flours. *Food Chemistry*, 128(2), 391-399. doi: 10.1016/j.foodchem.2011.03.040
- Marmesat, S., Morales, A., Velasco, J., Dobarganes, M. C. (2010). Action and fate of natural and synthetic antioxidants during frying. *Grasas y Aceites*, 61(4), 333-340. doi: 10.3989/gya.021910
- Maszewska, M., Florowska, A., Dłużewska, E., Wroniak, M., Marciniak-Lukasiak, K., Żbikowska, A. (2018). Oxidative stability of selected edible oils. *Molecules*, 23(7), 1746. doi: 10.3390/molecules23071746

- Mechergui, K., Coelho, J. A., Serra, M. C., Lamine, S. B., Boukhchina, S., & Khouja, M. L. (2010). Essential oils of *Origanum vulgare* L. subsp. *glandulosum* (Desf.) Ietswaart from Tunisia: chemical composition and antioxidant activity. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *90*(10), 1745-1749.
- Mezza, G. N., Borgarello, A. V., Grosso, N. R., Fernandez, H., Pramparo, M. C., & Gayol, M. F. (2018). Antioxidant activity of rosemary essential oil fractions obtained by molecular distillation and their effect on oxidative stability of sunflower oil. *Food Chemistry*, *242*, 9-15. doi: 10.1016/j.foodchem.2017.09.042
- Moghtader, M., & Farahm, A. (2013). Evaluation of the antibacterial effects of essential oil from the leaves of *Laurus nobilis* L. in Kerman Province. *Journal of Microbiology and Antimicrobials*, *5*(2), 13-17. doi: 10.5897/JMA2012.0233
- Moradi, N., Rahimi, M., Moeini, A., & Parsamoghadam, M. A. (2018). Impact of ultrasound on oil yield and content of functional food ingredients at the oil extraction from sunflower. *Separation Science and Technology*, *53*(2), 261-276. doi: 10.1080/01496395.2017.1384016
- Nazzaro, F., Fratianni, F., De Martino, L., Coppola, R., De Feo, V. (2013). Effect of essential oils on pathogenic bacteria. *Pharmaceuticals*, *6*(12), 1451-1474. doi: 10.3390/ph6121451
- Öztürk, B., Konyalıoğlu, S., Kantarcı, G., Çetinkol, D. (2005). İzmir yöresindeki yabani *Lavandula stoechas* L. subsp. *stoechas* taksonundan elde edilen uçucu yağın bileşimi, antibakteriyel, antifungal ve antioksidan kapasitesi. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, *15*(1), 61-72.
- Paul, S., & Mittal, G. S. (1996). Dynamics of fat/oil degradation during frying based on optical properties. *Journal of Food Engineering*, *30*(3-4), 389-403. doi: 10.1016/S0260-8774(96)00020-9
- Ramos, C., Teixeira, B., Batista, I., Matos, O., Serrano, C., Neng, N. R., ... & Marques, A. (2012). Antioxidant and antibacterial activity of essential oil and extracts of bay laurel *Laurus nobilis* Linnaeus (Lauraceae) from Portugal. *Natural Product Research*, *26*(6), 518-529. doi: 10.1080/14786419.2010.531478
- Redondo-Cuevas, L., Castellano, G., Torrens, F., Raikos, V. (2018). Revealing the relationship between vegetable oil composition and oxidative stability: A multifactorial approach. *Journal of Food Composition and Analysis*, *66*, 221-229. doi: 10.1016/j.jfca.2017.12.027

- Reyes-Jurado, F., Franco-Vega, A., Ramírez-Corona, N., Palou, E., López-Malo, A. (2015). Essential oils: antimicrobial activities, extraction methods, and their modeling. *Food Engineering Reviews*, 7(3), 275-297. doi: 10.1007/s12393-014-9099-2
- Richter, J. ve Schellenberg, I. (2007). Comparison of different extraction methods for the determination of essential oils and related compounds from aromatic plants and optimization of solid-phase microextraction/gas chromatography. *Analytical and bioanalytical chemistry*, 387(6), 2207-2217. doi: 10.1007/s00216-006-1045-6
- Rios, J. L. (2016). Essential oils: What they are and how the terms are used and defined. In *Essential oils in Food Preservation, Flavor and Safety* (pp. 3-10). Academic Press.
- Sadeghi, E., Karami, F., & Etminan, A. (2017). The effect of *Ferulago angulata* (Schlecht) Boiss essential oil on stabilization of sunflower oil during accelerated storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(1), e12745. doi: 10.1111/jfpp.12745
- Said, C. M., & Hussein, K. (2014). Determination of the chemical and genetic differences of *Laurus* collected from three different geographic and climatic areas in Lebanon. *European Scientific Journal*, 2, 412-419.
- Salas, J. J., Willams, M., Harwood, J. L., & Sánchez, J. (1999). Lipoxygenase activity in olive (*Olea europaea*) fruit. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 76(10), 1163-1168.
- Sandulachi, E., & Tatarov, P. (2014). Photometric color index of walnut oil.
- Sayyari, Z., & Farahmandfar, R. (2017). Stabilization of sunflower oil with pussy willow (*Salix aegyptiaca*) extract and essential oil. *Food Science & Nutrition*, 5(2), 266-272. doi: 10.1002/fsn3.389
- Shahidi, F. (2000). Antioxidants in food and food antioxidants. *Food/nahrung*, 44(3), 158-163.
- Shahidi, F. ve Zhong, Y. (2010). Lipid oxidation and improving the oxidative stability. *Chemical society reviews*, 39(11), 4067-4079. doi: 10.1039/B922183M
- Szterk, A., Roszko, M., Sosińska, E., Derewiaka, D., Lewicki, P. P. (2010). Chemical composition and oxidative stability of selected plant oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 87(6), 637-645. doi: 10.1007/s11746-009-1539-4
- Tan, C. H., Ariffin, A. A., Ghazali, H. M., Tan, C. P., Kuntom, A., & Choo, A. C. Y. (2017). Changes in oxidation indices and minor components of low free fatty acid and freshly extracted crude palm oils under two different storage conditions. *Journal of Food Science and Technology*, 54(7), 1757-1764. doi: 10.1007/s13197-017-2569-9

- Taoudiat, A., Djenane, D., Ferhat, Z., & Spigno, G. (2018). The effect of *Laurus nobilis* L. essential oil and different packaging systems on the photo-oxidative stability of Chemlal extra-virgin olive oil. *Journal of Food Science and Technology*, 55(10), 4212-4222. doi: 10.1007/s13197-018-3357-x
- TGK. (2017). Türk Gıda Kodeksi Zeytinyağı ve Pirina Yağı Tebliği. TEBLİĞ NO: 2017/26
- Tomaino, A., Cimino, F., Zimbalatti, V., Venuti, V., Sulfaro, V., De Pasquale, A., & Saija, A. (2005). Influence of heating on antioxidant activity and the chemical composition of some spice essential oils. *Food chemistry*, 89(4), 549-554.
- Tongnuanchan, P., & Benjakul, S. (2014). Essential oils: extraction, bioactivities, and their uses for food preservation. *Journal of food science*, 79(7), R1231-R1249. doi: 10.1111/1750-3841.12492
- Turhan, S., & Tural, S. (2017). Kekik (*Thymus Vulgaris* L.), Biberiye (*Rosmarinus Officinalis* L.) Ve Defne (*Lauris Nobilis* L.) Uçucu Yağlarının ve Karışımlarının Antimikrobiyal ve Antioksidan Özellikleri. *Gıda*, 42(5), 588-596.
- Ulaş, M. (2015) *Ayçiçek Yağının Oksidatif Stabilitesi Üzerine Çörekotu (*Nigella Sativa*) Yağının Etkileri* Yüksek Lisans Tezi, Abant İzzet Baysal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bolu.
- Vardapetyan, H., Tiratsuyan, S., Hovhannisyan, A., Rukhkyan, M., & Hovhannisyan, D. (2013). Phytochemical composition and biological activity of *Laurus nobilis* L. leaves collected from two regions of south Caucasus. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*, 1(2), 45-51.
- Wang, D., Fan, W., Guan, Y., Huang, H., Yi, T., & Ji, J. (2018). Oxidative stability of sunflower oil flavored by essential oil from *Coriandrum sativum* L. during accelerated storage. *LWT*, 98, 268-275. doi: 10.1016/j.lwt.2018.08.055
- Wang, D., Meng, Y., Zhao, X., Fan, W., Yi, T., & Wang, X. (2019). Sunflower oil flavored by essential oil from *Punica granatum* cv. Heyinshiliu peels improved its oxidative stability and sensory properties. *LWT*, 111, 55-61. doi: 10.1016/j.lwt.2019.05.005
- Woolf A. (1999). Essential oil poisoning. *Journal of Toxicology: Clinical Toxicology*. 37, 721-727.
- Yang, Y., Song, X., Sui, X., Qi, B., Wang, Z., Li, Y., & Jiang, L. (2016). Rosemary extract can be used as a synthetic antioxidant to improve vegetable oil oxidative

stability. *Industrial Crops and Products*, 80, 141-147. doi:  
10.1016/j.indcrop.2015.11.044

Yıldırım, R., & Tunalıoğlu, R. (2016). Aydın'da Karasu Sorunu ve Zeytinyağı İşletmelerinin Çözüme Yönelik Tercihlerinin İncelenmesi. Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 13(2), 39-48. doi: 10.25308/aduziraat.293422

**T.C.**  
**AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BİLİMSEL ETİK BEYANI**

“DEFNE (*Laurus nobilis* L.) VE KARABAŞ OTU (*Lavandula stoechas* L.) UÇUCU YAĞLARININ RAFİNE AYÇİÇEK VE RİVİERA ZEYTİNYAĞLARININ OKSİDATİF STABİLİTELERİNE ETKİLERİ” başlıklı Yüksek Lisans tezindeki bütün bilgileri etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada, bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yaptığımı bildiririm. İfade ettiklerimin aksi ortaya çıktığında ise her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Özge YÜZEREROĞLU

... / ... / ...