

**T.C.**  
**BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**ZEYTİN YAPRAĞI İLAVE EDİLEREK ÜRETİLEN AYVALIK  
ZEYTİNYAĞLARININ FARKLI DEPOLAMA KOŞULLARINDA BAZI KALİTE  
PARAMETRELERİNİN VE OKSİDATİF STABİLİTELERİNİN ARAŞTIRILMASI**

**HALİL ÇENGEL**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Mustafa KIRALAN (Tez Danışmanı)**  
**Prof. Dr. Sibel YAĞCI**  
**Prof. Dr. Aslı YORULMAZ**

**BALIKESİR, HAZİRAN - 2024**

## ETİK BEYAN

Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak tarafımda hazırlanan “**Zeytin Yaprağı İlave Edilerek Üretilen Ayvalık Zeytinyağlarının Farklı Depolama Koşullarında Bazı Kalite Parametrelerinin ve Oksidatif Stabilitelerinin Araştırılması**” başlıklı tezde;

- Tüm bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Kullanılan veriler ve sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Tüm bilgi ve sonuçları bilimsel araştırma ve etik ilkelere uygun şekilde sunduğumu,
- Yararlandığım eserlere atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,

beyan eder, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ederim.

**Halil ÇENGEL**

## ÖZET

### ZEYTİN YAPRAĞI İLAVE EDİLEREK ÜRETİLEN AYVALIK ZEYTİNYAĞLARININ FARKLI DEPOLAMA KOŞULLARINDA BAZI KALİTE PARAMETRELERİNİN VE OKSİDATİF STABİLİTELERİNİN ARAŞTIRILMASI

#### YÜKSEK LİSANS TEZİ

#### HALİL ÇENGEL

#### BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

#### (TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. MUSTAFA KIRALAN)

#### BALIKESİR, HAZİRAN - 2024

Bu çalışmada, erken ve olgun hasat dönemlerinde toplanan zeytin meyvelerine ağırlıkça % 2, % 4 ve % 6 yaprak ilavesi yapılarak iki fazlı endüstriyel sistem ile yağ üretimi yapılmıştır. Üretilen yağlar, karanlık ortamda oda sıcaklığı ve 12 °C'da 12 ay süresince depolanmıştır. Yağ üretiminin başlangıcında serbest yağ asitliği, peroksit değeri, özgül soğurma değerleri (K<sub>232</sub> ve K<sub>270</sub>) ve yağ asitleri bileşimi incelenmiştir. Serbest yağ asidi, peroksit değeri ve özgül soğurma değerleri ve yağ asitleri bileşimi kısmi değişiklikler gösterse de tüm yağ örnekleri Türk Gıda Kodeksi Zeytinyağı ve Pirina Yağı Tebliğinde (Tebliğ No:2017/26) Natürel Sızma Zeytinyağı kategorisi için belirtilen yasal limitlerin üzerine çıkmamıştır. Oksidatif stabilite (indüksiyon periyotları), yaprak ilavesi ile artış sergilemiştir. Erken hasat kontrol örneğinde indüksiyon periyodu 4,05, olgun hasat yağ örneğinde ise 4,32 saat olarak belirlenirken, yaprak ilave uygulanan örneklerde erken hasat yağlarda 4,73-4,90 saat, olgun hasat yağlarda ise 5,18-6,99 saat aralığında değişim göstermiştir. Depolama süresince yağların oksidatif stabilitelerindeki değişimi araştırmak için peroksit değeri, özgül soğurma değerleri (K<sub>232</sub> ve K<sub>270</sub>), renk (toplam klorofil ve toplam karotenoit), duyusal özellikler ve fenolik bileşim incelenmiştir. Peroksit ve özgül soğurma değerleri depolama süresince yaprak ilavesi uygulamalı yağlarda dalgalı bir eğilim sergilemiştir. Depolama öncesi yaprak ilavesi yapılan örneklerde renk (toplam klorofil ve toplam karotenoit), duyusal özellikler ve fenolik bileşim açısından kontrol örneğine göre daha zengin bulunmuştur. Depolama sürecinde gerek erken hasat gerekse de olgun hasat yağlarda yaprak ilavesi uygulaması kontrol örneğine kıyasla renk, duyusal özellikler ve fenolik maddeler açısından daha zengin bulunmuştur. 12 °C'da depolanan yağlar, oda sıcaklığında depolanan yağlara kıyasla renk, duyusal ve fenolik maddeler açısından daha az kayıp sergilemiştir.

**ANAHTAR KELİMELELER:** Zeytin yaprağı, zeytinyağı, oksidatif stabilite, fenolik bileşenler

## **ABSTRACT**

### **INVESTIGATION OF SOME QUALITY PARAMETERS AND OXIDATIVE STABILITIES OF AYVALIK OLIVE OILS PRODUCED BY ADDING OLIVE LEAVES UNDER DIFFERENT STORAGE CONDITIONS**

**HALIL ÇENGEL**

**BALIKESİR UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE  
FOOD ENGINEERING**

**(SUPERVISOR: PROF. DR. MUSTAFA KIRALAN )**

**BALIKESİR, JUNE - 2024**

In this study, oil was produced with a two-phase industrial system by adding 2%, 4% and 6% leaves by weight to olive fruits collected in the early and mature harvest periods. The produced oils were stored in a dark environment at room temperature and 12 °C for 12 months. At the beginning of oil production, free fatty acidity, peroxide value, specific absorbance values ( $K_{232}$  and  $K_{270}$ ) and fatty acid composition were examined. Although free fatty acid, peroxide value, specific absorbance values and fatty acid composition showed partial changes, all oil samples did not exceed the legal limits specified for the Extra Virgin Olive Oil category in the Turkish Food Codex Communiqué on Olive Oil and Pomace Oil (Communiqué No: 2017/26). Oxidative stability (induction periods) increased with leaf addition. While the induction period was determined as 4.05 hours in the early harvest control sample and 4.32 hours in the mature harvest oil sample, it varied between 4.73-4.90 hours in the early harvest oils and 5.18-6.99 hours in the mature harvest oil samples in the leaf supplemented samples. To examine the change in the oxidative stability of oils during storage, peroxide value, specific absorbance values ( $K_{232}$  and  $K_{270}$ ) were used, and especially the quality parameters of the oil, color (total chlorophyll and total carotenoids), sensory properties and phenolic composition were examined. Peroxide and specific absorbance values showed a fluctuating trend in oils with foliar addition during storage. The samples to which leaves were added before storage were found to be richer than the control sample in terms of color (total chlorophyll and total carotenoids), sensory properties and phenolic composition. During the storage process, leaf addition application in both early harvest and mature harvest oils was found to be richer in terms of color, sensory properties and phenolic substances compared to the control sample. Oils stored at 12 °C showed less decrease in color, sensory and phenolic substances compared to oils stored at room temperature.

**KEYWORDS:** Olive leaf, olive oil, oxidative stability, phenolic components

Science Code / Codes : 90814

Page Number : 98

# İÇİNDEKİLER

## Sayfa

<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>iii</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	<b>iv</b>
<b>TABLO LİSTESİ</b> .....	<b>v</b>
<b>KISALTMALAR DİZİNİ</b> .....	<b>vi</b>
<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>vii</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. KURAMSAL TEMELLER</b> .....	<b>4</b>
2.1 Zeytin yaprağında biyoaktif maddeler ve sağlık üzerine etkileri.....	4
2.2 Zeytin yaprağının kullanım alanları.....	8
2.3 Bitkisel yağların oksidasyonunda zeytin yapraklarının kullanımı.....	12
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM</b> .....	<b>21</b>
3.1 Materyal.....	21
3.2 Zeytinyağı üretimi ve zeytinyağlarının depolanması.....	21
3.3 Metot.....	24
3.3.1 Serbest yağ asitliği, peroksit değeri, özgül soğurma değerleri analizleri.....	24
3.3.2 Yağ asidi bileşimi analizi.....	25
3.3.3 İndüksiyon periyodu analizi.....	25
3.3.4 Renk pigmentlerinin spektrofotometrede analizi.....	26
3.3.5 LC-MS/MS ile fenolik bileşim analizi.....	26
3.3.6 Duyusal değerlendirme.....	27
3.3.7 İstatistiksel analiz.....	27
<b>4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA</b> .....	<b>28</b>
4.1 Depolama öncesi yağların bazı kalite parametreleri.....	28
4.1.1 Serbest Yağ Asitliği.....	29
4.1.2 Peroksit Değeri.....	32
4.1.3 Konjuge dien (K <sub>232</sub> ) değeri.....	35
4.1.4 Konjuge trien (K <sub>270</sub> ) değeri.....	38
4.1.5 Yağ asitleri bileşimi.....	40
4.1.6 Oksidatif Stabilitate (İndüksiyon periyotları).....	41
4.2 Yağ numunelerinin depolama sırasında temel kalite parametrelerindeki değişim....	43
4.2.1 Serbest yağ asitliğindeki değişim.....	43
4.2.2 Peroksit değerindeki değişim.....	46
4.2.3 Konjuge dien (K <sub>232</sub> ) ve trien (K <sub>270</sub> ) değerlerindeki değişim.....	49
4.3 Yağ numunelerinin depolama sırasında renk parametrelerinde (toplam klorofil ve toplam karotenoit miktarında) meydana gelen değişiklikler.....	56
4.4 Yağ numunelerinin depolama sırasında bazı fenolik bileşimlerinde meydana gelen değişiklikler.....	67
4.5 Yağ numunelerinin depolama sırasında duyusal parametrelerinde meydana gelen değişiklikler.....	80
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER</b> .....	<b>87</b>
<b>6. KAYNAKLAR</b> .....	<b>90</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ</b> .....	<b>98</b>

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 2.1:	Oleuropein ve oleuropein aglikonun kimyasal şekli.....	6
Şekil 2.2:	Hidroksitirozolün kimyasal yapısı.....	7
Şekil 3.1:	Zeytinyağı üretim akış şeması.....	22
Şekil 3.2:	Numune kodlama metodu.....	23
Şekil 4.1:	Erken hasat zeytinyağlarının oda koşulları ve 12°C’de depolanması süresince serbest yağ asitliği değişimi.....	45
Şekil 4.2:	Olgun hasat zeytinyağlarının oda koşulları ve 12°C’de depolanması süresince serbest yağ asitliği değişimi.....	46
Şekil 4.3:	Erken hasat zeytinyağlarının oda koşulları ve 12°C’de depolanması süresince peroksit değerindeki değişimi.....	48
Şekil 4.4:	Erken hasat zeytinyağlarının oda koşulları ve 12°C’de depolanması süresince peroksit değerindeki değişimi.....	49
Şekil 4.5:	Erken hasat zeytinyağlarının oda koşulları ve 12°C’de depolanması süresince K <sub>232</sub> değerindeki değişim.....	51
Şekil 4.6:	Olgun hasat zeytinyağlarının oda koşulları ve 12°C’de depolanması süresince K <sub>232</sub> değerindeki değişim.....	52
Şekil 4.7:	Erken hasat zeytinyağlarının oda koşulları ve 12°C’de depolanması süresince K <sub>270</sub> değerindeki değişim.....	54
Şekil 4.8:	Olgun hasat zeytinyağlarının oda koşulları ve 12°C’de depolanması süresince K <sub>270</sub> değerindeki değişim.....	55
Şekil 4.9:	Erken hasat zeytinyağlarının oda koşulları ve 12°C’de depolanması süresince toplam klorofil miktarındaki değişim.....	60
Şekil 4.10:	Erken hasat zeytinyağlarının oda koşulları ve 12°C’de depolanması süresince toplam klorofil miktarındaki değişim.....	61
Şekil 4.11:	Erken hasat zeytinyağlarının oda koşulları ve 12°C’de depolanması süresince toplam karotenoid miktarındaki değişim.....	65
Şekil 4.12:	Olgun hasat zeytinyağlarının oda koşulları ve 12°C’de depolanması süresince toplam karotenoid miktarındaki değişim.....	66
Şekil 4.13:	Erken hasat zeytinyağlarının oda koşulları ve 12°C’de depolanması süresince hidroksitirozol miktarındaki değişim.....	70
Şekil 4.14:	Olgun hasat zeytinyağlarının oda koşulları ve 12°C’de depolanması süresince hidroksitirozol miktarındaki değişim.....	71
Şekil 4.15:	Erken hasat zeytinyağlarının oda koşulları ve 12°C’de depolanması süresince tirozol miktarındaki değişim.....	72
Şekil 4.16:	Olgun hasat zeytinyağlarının oda koşulları ve 12°C’de depolanması süresince tirozol miktarındaki değişim.....	73
Şekil 4.17:	Erken hasat zeytinyağlarının oda koşulları ve 12°C’de depolanması süresince oleuropein miktarındaki değişim.....	75
Şekil 4.18:	Olgun hasat zeytinyağlarının oda koşulları ve 12°C’de depolanması süresince oleuropein miktarındaki değişim.....	76
Şekil 4.19:	Erken hasat zeytinyağlarının oda koşulları ve 12°C’de depolanması süresince pozitif duyusal özelliklerdeki değişimi.....	82
Şekil 4.20:	Olgun hasat zeytinyağlarının oda koşulları ve 12°C’de depolanması süresince pozitif duyusal özelliklerdeki değişimi.....	84

## TABLO LİSTESİ

### Sayfa

<b>Tablo 4.1:</b> Depolama öncesi yağların bazı kalite parametreleri.....	28
<b>Tablo 4.2:</b> Serbest yağ asitliğine ilişkin literatür bilgileri.....	30
<b>Tablo 4.3:</b> Peroksit değerine ilişkin literatür bilgileri .....	33
<b>Tablo 4.4:</b> Konjuge dien değerine (K <sub>232</sub> ) ilişkin literatür bilgileri .....	36
<b>Tablo 4.5:</b> Konjuge trien değerine (K <sub>270</sub> ) ilişkin literatür bilgileri .....	39
<b>Tablo 4.6:</b> Yaprak uygulaması yapılan ve yapılmayan zeytinyağlarının hasat dönemine göre indüksiyon periyotları.....	41
<b>Tablo 4.7:</b> İndüksiyon periyodu değerine ilişkin literatür bilgileri.....	42
<b>Tablo 4.8:</b> Toplam klorofil miktarına ilişkin literatür bilgileri.....	57
<b>Tablo 4.9:</b> Toplam karotenoid miktarına ilişkin literatür bilgileri.....	63
<b>Tablo 4.10:</b> Yağ numunelerinin depolama sırasında bazı fenolik bileşenlerinde meydana gelen değişiklikler.....	78

## KISALTMALAR DİZİNİ

<b>ABTS</b>	: 2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolin-6-sülfonik asit)
<b>AOCS</b>	: Amerikan Yağ Kimyagerleri Derneği
<b>BHA</b>	: Bütillenmiş hidroksianizol
<b>BHT</b>	: Bütillenmiş hidroksitoluen
<b>DPPH</b>	: 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil
<b>GC</b>	: Gaz kromatografisi
<b>HPLC</b>	: Yüksek performanslı sıvı kromatografisi
<b>IOC</b>	: Uluslararası Zeytin Konseyi
<b>kg</b>	: Kilogram
<b>khz</b>	: Kilohertz
<b>LC-MS/MS</b>	: Sıvı kromatografi - kütle spektrometresi / kütle spektrometresi
<b>MDA</b>	: Malondialdehit
<b>meq</b>	: Miliekivalan
<b>mg</b>	: Miligram
<b>ppm</b>	: Milyonda bir
<b>SD</b>	: Standart sapma
<b>TBARS</b>	: Tiyobarbitürik asit reaktif maddeleri
<b>TBHQ</b>	: Tersiyer bütül hidrokinon
<b>W</b>	: Watt



## ÖNSÖZ

Tez çalışmamın her aşamasında bana destek olup bilgi ve deneyimleriyle yol gösteren, sabır ve anlayışını bir an olsun esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Mustafa KIRALAN başta olmak üzere, rahat çalışma ortamı sağlayıp motive eden hocam Doç. Dr. Sündüz Sezer KIRALAN'a, jüri hocalarım Prof. Dr. Sibel YAĞCI ve Prof. Dr. Aslı YORULMAZ'a, laboratuvar çalışmaları konusunda vermiş olduğu desteklerden dolayı Sayın Doç. Dr. İsmail TOPTANCI'ya, çalışmanın gerçekleşmesi için hammadde ve malzeme tedariklerinden üretime, depolamadan lojistiğe kadar tüm imkanları seferber eden Güven Asa Gıda Sanayi ve Ticaret A.Ş. yönetim kurulu başkanı Sayın Hasan İSTİKBAL'e ve en başından beri bana inanan, manevi destekleriyle yalnız bırakmayan aileme teşekkür ederim.

Balıkesir, 2024

Halil ÇENGEL

## 1. GİRİŞ

Zeytinyağı, zeytin ağacından mekanik veya fiziksel yöntemler kullanılarak herhangi bir çözücü kullanılmadan üretilen bitkisel bir yağdır. Türk Gıda Kodeksi Zeytinyağı ve Pirina Yağı Tebliği'ne (2017) göre zeytinyağı farklı kategorilere göre sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflardan hem sağlık açısından hem de tüketici tercihleri dikkate alındığında en önemli olan ikisi Natürel Sızma ve Natürel Birinci Zeytinyağıdır. Bu sınıflarda yer alan zeytinyağları, herhangi bir rafinasyon işlemine tabi tutulmaması nedeni ile rafine bitkisel yağlardan ayrılır. Rafinasyon işlemi ile birçok biyoaktif bileşende kayıp gerçekleşmektedir. Kaybolan bu biyoaktif maddeler sağlık üzerine birçok olumlu etkisi olan ve zeytinyağının raf ömrünü de arttıran bileşenlerdir. Rafinasyon işlemi ile sadece biyoaktif bileşenler kaybolmamakta yağın duyuşal özelliklerini oluşturan tat ve koku maddeleri de ayrılmaktadır. Natürel sızma ve natürel birinci zeytinyağının rafine edilmemesinin ve bu yağların duyuşal özelliklerinin korunmasının yanında biyoaktif bileşenlerin de ayrıca korunmasını sağladığından tüketicinin albenisini cezbeden bir bitkisel yağ kaynağı olarak yer almaktadır (Boskou vd., 2006; Gunstone 2011).

Zeytinyağının kalitesi birçok faktöre bağılı olarak değışmektedir. Zeytin çeşidi, zeytinlerin yetiştiiği iklim koşulları, lokasyon, zeytinlerin hasat dönemi, zeytinlerin taşınması, zeytinlerin yağı işlenmesi ve depolama gibi birçok faktör yağ kalitesini etkilemektedir (Kiritsakis vd., 1998; Di Giovacchino vd., 2002; Tsimidou, 2006; Issaoui vd., 2009).

Zeytin yaprakları da zeytinyağı kalitesini etkileyen faktörlerden biri olarak değılendirilmektedir. Modern üretim yapan fabrikalarda zeytinlerin yaprakları safsızlık olarak değılendirilmesinden dolayı ayrılmaktadır. Geçmiş yıllarda bu ayrılan yapraklar sadece hayvan yemi olarak değılendirilmekteydi. Zeytin yapraklarının içermiş olduğı fenolik maddeler ve renk maddeleri gibi birçok fonksiyonel bileşen zeytin yapraklarına antioksidan, antimikrobiyal, antikarsinojenik ve antiviral gibi birçok sağlık açısından önemli özellikler kazandırmaktadır. Bu özelliklerinden dolayı halk hekimliğinde de zeytin yaprakları kullanılmaktadır. Zeytinyağı üretiminde yan ürün olarak çıkan zeytin yaprakları genellikle gıda ve kozmetik sanayinde kullanılmaktadır. Zeytin yapraklarından çay üretimi de oldukça yaygındır (Erbay ve Icier, 2010; Souilem vd., 2017; Selim vd., 2022).

Zeytin yaprakları fenolik maddeler, özellikle oleuropein ve hidroksitirozol açısından zengindir. Fenolik madde bileşimi, yaprakların güçlü antioksidan özellikler göstermesinin

önemli nedenlerinden birisidir (Souilem vd., 2017). Fenolik madde içeriğinin zengin olması dolayısı ile oksidatif stabilitesi düşük olan bitkisel yağların stabilitelerinin artırılmasında yaprakların genellikle ekstraktları kullanılmaktadır (Lafka vd., 2013; Şahin vd., 2020). Bunun yanında zeytin yaprakları da doğrudan kullanılabilir. Zeytinyağı üretiminde zeytinlere belli oranlarda yaprak ilave edilerek zeytinyağı yapraktan geçen biyoaktif maddeler açısından zenginleştirilmektedir. Burada özellikle fenolik maddelerin yağa geçmiş olması zeytinyağının beslenme değerini, oksidatif stabilitesini ve duyuşsal özelliklerini geliştirmektedir (Malheiro vd., 2013; Malheiro vd., 2017; Tarchoune vd., 2019).

Zeytin yapraklarının kullanıldığı çalışmalarda geç ve olgun hasat dönemleri tercih edilmiştir. Geç hasat edilen zeytinlerin seçilmesinin nedeni ise kalite olarak olgun ve erken hasat zeytinyağlarına göre kalitelerinin daha düşük olmalarından kaynaklanmaktadır. Hem geç hasat edilen hem de olgun hasat zeytinlere ilave edilen yapraklar yağın duyuşsal kalitesini geliştirmesi yanında oksidatif stabilitesini de ayrıca geliştirmiştir. Bunun yanı sıra beslenme özellikleri de yaprak ilavesi ile üretilen yağlarda artış sergilemiştir (Malheiro vd., 2013; Sonda vd., 2014; Malheiro vd., 2017; Tarchoune vd., 2019). Zeytin yapraklarının ilave edildikten sonra üretimin yapıldığı sistemler genellikle laboratuvar tipi olarak isimlendirilen Abencor sistemidir. Endüstriyel üretim hatlarında yapılan çalışmalar sınırlı sayıdadır. Hırvatistan'da yetiştirilen Leccino çeşidine % 2,5 yaprak ilave edilerek endüstriyel boyutta iki fazlı santrifüj sistem ile yağa işlenmiş, 6 ve 12 ay depolanarak yağ örneklerinin oksidatif stabilite ve duyuşsal özellikleri incelenmiştir (Novoselić vd., 2023).

Türkiye'de yaprak ilaveli zeytinyağı üretimi yapılan çalışmalarda Memecik, Ayvalık ve Patos zeytin çeşitleri kullanılmış ve bu çeşitler Abencor sistemi ile yağa işlenmişlerdir (Sevim vd., 2013; Sarı ve Ekinci, 2017; Gözüpek ve Otağ, 2022). Bu çalışmaların aksine Türkiye'de yaprak ilave edilen zeytinlerin yağa işlenmesinin endüstriyel olarak yapıldığı sadece bir çalışmaya rastlanmıştır. Bu çalışmada, Şanlıurfa'da yetiştirilen geç hasat edilen Ayvalık zeytin çeşidine % 2 ve % 4 oranında yaprak ilave edilerek üç fazlı santrifüj sistem ile işlenmiştir. Bu yağlar, oda sıcaklığında 12 ay süresince depolanmış ve bazı kimyasal özellikleri incelenmiştir (Çelik vd., 2021).

Yapılan bu çalışma ile Balıkesir Körfez bölgesine özgü olan Ayvalık çeşidinde erken ve olgun hasat döneminde toplanan zeytinlere yaprak ilave edilerek (% 2, % 4 ve % 6, a/a) ve endüstriyel çapta zeytinyağı üretimi yapılarak, iki farklı depolama koşulunda üretilen bu

yağların kimyasal ve duysal olarak değişimlerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, Ayvalık çeşidi zeytinler erken ve olgun hasat olmak üzere iki farklı dönemde hasat edilmiştir. Erken hasat edilen zeytinler daha düşük derecede geç hasat edilen zeytinler ise biraz daha yüksek derecede yağa endüstriyel ölçekli 2 fazlı santrifüj sistem ile işlenmiştir. Bu yağlar 12 °C ve oda koşullarında depolanarak serbest yağ asitliği, peroksit değeri, özgül soğurma değeri (K<sub>232</sub> ve K<sub>270</sub>), renk maddeleri (toplam klorofil ve toplam karotenoid miktarı), fenolik madde bileşimi ve duysal değerlendirmeleri yapılmıştır.



## 2. KURAMSAL TEMELLER

### 2.1 Zeytin yaprağında biyoaktif maddeler ve sağlık üzerine etkileri

Tarihsel olarak bakıldığında halk hekimliğinde zeytin yaprağı, ateş ve sıtma gibi diğer hastalıklarla mücadelede ilaç olarak kullanılmıştır. Bunun yanında geleneksel olarak günümüzde aşağıdaki gibi kullanım alanları mevcuttur (Sabry, 2014).

- Zeytin yaprakları ağızdan alındığında mide ve bağırsak hastalıklarında kullanılmaktadır.
- Ağız temizliği için çiğnenerek kullanımı da söz konusudur.
- Kurutulmuş meyve ve yaprakların kaynatılması ile elde edilen çay ishal ve idrar yolu enfeksiyonlarını tedavi etmek için ağızdan alınarak kullanılmaktadır.
- Yüksek tansiyonu (hipertansiyon) tedavi etmek ve idrara çıkmayı (diürez) teşvik etmek için taze yaprakların sıcak su ekstraktı ağızdan alınarak tedavide kullanılabilir.
- Kurutulmuş yaprakların sıcak su ekstraktları astım bronşitin tedavisinde kullanılabilir.

Zeytin yaprakları, zeytin ağaçlarının budanması ve zeytinlerin yağa işlenmesi sırasında fazla miktarda ortaya çıkan yan ürünlerdir. Zeytin ağaçlarının budanması sonucunda ortaya çıkan yapraklar ve dal parçaları genellikle yakılarak bertaraf edilmektedir. Yakma işlemi, zararlı gazların salınımına neden olduğundan çevre kirliliğine yol açmakta ve ayrıca biyoaktif maddeler açısından zengin yaprak kaynaklarının boşa harcanmasına neden olmaktadır (Benavente-Garcia vd., 2000; Talhaoui vd., 2015).

Zeytin yapraklarının biyoaktif maddeler açısından zengin olması bu yaprakların ekstraktları üzerine birçok çalışma yapılmasını sağlamıştır. İçermiş olduğu biyoaktif maddelerden dolayı zeytin yapraklarının ekstraktlarının antikarsinojen, antimikrobiyal, antienflamatuvar, hipoglisemik ve hipokolesterolemik özelliklere sahip olduğu çeşitli derleme çalışmalarında bildirilmektedir (El ve Karakaya, 2009; Sabry, 2014; Žugčić vd., 2019).

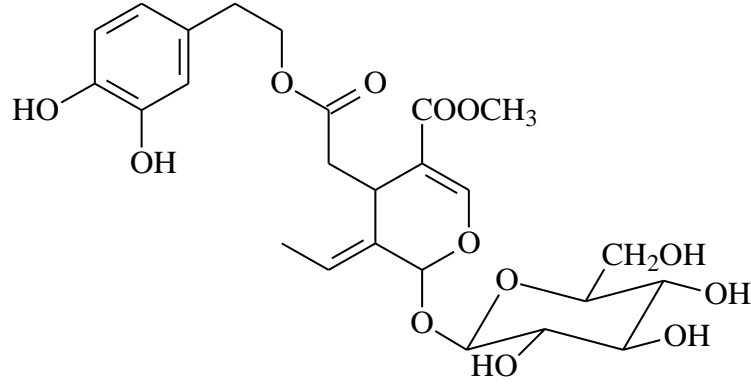
Zeytin yaprağında sağlık açısından önem arz eden biyoaktif bileşikler; fenolik bileşikler, triterpenoitler, tokoferoller ve renk maddeleridir. Zeytin yaprağı fenolik maddeler açısından oldukça zengindir. Fenolik maddeler kendi içerisinde;

- Sekoiridoitler
- Flavonoitler
- Basit fenoller

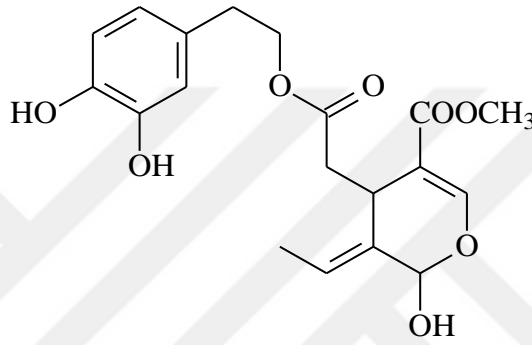
olmak üzere 3 gruba ayrılmaktadır (Markhali vd., 2020).

Zeytin yaprağında sekoiridoitler grubu içerisinde en fazla bulunan bileşen oleuropeindir (Şekil 2.1.). Duyusal olarak çok güçlü bir acılık hissi uyandırmakta olan oleuropein Türkiye'ye özgün zeytin çeşitleri olan Domat, Edremit ve Trilye çeşitlerinin yapraklarında 215,26 - 958,22 mg/g aralığında değişim sergilemiştir (Topuz ve Bayram, 2022).

Oleuropein  $\beta$ -galaktozidaz enzimi ile hidrolizi sonucunda oleuropein aglikon (Şekil 2.1.) oluşmaktadır. Oleuropein aglikon sekoiridoitler grubunda yer almakta olup, Alzheimer hastalığı, meme kanserini önleme, anti-inflamatuvar, anti-hiperglisemik, anti-oksidatif ve lipid düşürücü gibi sağlık üzerine birçok olumlu etkisi mevcuttur (del Mar Delgado-Povedano vd., 2017; Xu vd., 2018).



Oleuropein



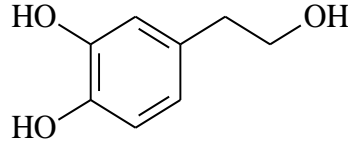
Oleuropein aglikon

Şekil 2.1: Oleuropein ve oleuropein aglikonun kimyasal yapısı (Ribeiro vd. 2023).

İspanyol ve İtalyan zeytin çeşitlerinin yapraklarında luteolin ve onun türevleri (luteolin glikozit ve luteolin-7-O-glikozit) ve bunun yanında apigenin ve türevleri (apigenin-7-O-glikozit ve apigenin-7-O-rutinosit) en fazla miktarda tespit edilen flavanoidlerdendir. İspanyol ve İtalyan çeşitlerinde en fazla belirlenen flavonoid luteolin glikozit olup İspanyol örneklerinde ortalama 4,96 mg/g kuru madde iken İtalyan örneklerinde ise 2,9 mg/g kuru madde olarak belirlenmiştir (Romero-Márquez vd., 2023).

Hidroksitirozol (Şekil 2.2.), zeytin yapraklarında en fazla bulunan basit fenoldür. Hidroksitirozol, oleuropeinin hidrolizi sonucunda ortaya çıkan bir bileşen olup, güçlü antioksidan aktivite sergilemektedir. İspanyol, İtalyan, Yunanistan ve Portekiz zeytin çeşitlerinin yapraklarında hidroksitirozol kuru madde bazında 0,05-0,35 mg/g aralığında ortalama değerler sergilemiştir (Romero-Márquez vd., 2023).

Basit fenollerden yaygın olarak tespit edilen bir diğeri de tirozoldür. Tirozol, zeytin yapraklarında düşük konsantrasyonda yer almakta olup, antioksidan aktivitesi diğeri fenolik maddeler ile kıyaslandığında düşüktür (Markhali vd., 2020). Picual, Verdial, Arbequina ve Frantoio zeytin çeşitlerinin yapraklarında tirozol miktarı kuru madde bazında 90 - 660 mg/g aralığında belirlenmiştir (Ortega-García ve Peragón, 2010).



**Şekil 2.2:** Hidroksitirozolün kimyasal yapısı (Ribeiro et al., 2023).

Triterpenoitler diğeri yaygın ismi ile triterpenler, ikincil metabolit ürünler olup, zeytin yaprağının dış kısmında/mumsu kısmında yer almaktadır. Zeytin yaprakları triterpenoitleri fazla miktarda içermektedir. Üç İspanyol zeytin çeşidi olan Picual, Hojiblanca ve Arbequina çeşitlerinin yapraklarında olenolik asit belirlenirken (%3,0-3,5 kuru maddenin), bunu maslanik asit izlemiştir. Minör miktarda da ursolik asit, eritrodiol ve uvaol tespit edilmiştir (Guinda vd., 2010). Triterpenlerin birçoğunun anti-tümoral aktivite, kardiyoprotektif aktivite, anti-inflamatuvar aktivite ve anti-oksidan koruma gibi birçok biyoaktif özelliğe sahip olduğu bildirilmiştir (Sánchez-Quesada vd., 2013).

Tokoferoller, güçlü antioksidan etki gösterirler ve serbest radikalleri kolaylıkla yakalayarak oksidatif stabiliteyi güçlendirirler. Süperkritik karbondioksit ekstraksiyonu kullanılarak zeytin yapraklarında toplam tokoferol miktarı farklı ekstraksiyon denemelerinde 6,94 ve 10,10 mg/ 100 g yaprak olarak belirlenmiştir (De Lucas vd., 2002). Yapılan bir diğeri çalışmada Tunus'a özgü Neb Jmel ve Oueslati zeytin çeşitlerinin yapraklarında  $\alpha$ -tokoferol miktarı kuru madde bazında sırası ile 82,37  $\mu$ g/g ve 10,12  $\mu$ g/g olarak tespit edilmiştir (Tarchoune vd., 2019).

Klorofil ve karotenoit, zeytin yapraklarında bol miktarda bulunan renk pigmentleridir. Karotenotilerden en fazla yer alanı  $\beta$ -karoten ve luteindir. Lutein, yaşa bağlı olarak meydana gelebilecek körlüğü azaltmada etkilidir (Krinsky vd., 2003). Tunus'a özgü Neb Jmel ve Oueslati zeytin çeşitlerinin yapraklarında toplam karotenoit miktarı kuru madde bazında



sırası ile 26,90 ile 44,33 µg/g olarak belirlenmiştir (Tarchoune vd., 2019). Klorofillerin antioksidan ve antikarsinojen aktiviteleri mevcuttur (Uğuz vd., 2023). Tunus'a özgü Neb Jmel ve Oueslati zeytin çeşitlerinin yapraklarında toplam klorofil miktarı kuru madde bazında sırası ile 506,08 µg/g ve 829,29 µg/g olarak bildirilmiştir (Tarchoune vd., 2019).

## 2.2 Zeytin yaprağının kullanım alanları

Zeytin yapraklarının kullanım alanlarından biri hayvan yemidir. Zeytin yapraklarının bileşimi; nem, saklama koşulları ve orijinine bağlı olarak değişkenlik göstermesine karşın arjinin, lösin ve valin aminoasitleri açısından sığırların diyetlerine katkıda bulunabilirler (Espeso vd., 2021). Ruminant hayvan beslemede kaba yemlerin yeterince Türkiye'de üretilmemesi hayvancılık açısından önemli bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Buna bağlı olarak alternatif yem kaynakları araştırılmaktadır. Zeytin yaprakları, bu bağlamda kaba yemlere alternatif olarak ruminant rasyonlarında kullanılabilir (Kaya ve Kaya, 2023).

Koyun ve keçilerde yapılan çalışmada zeytin yaprağının ad libitum olacak şekilde beslenme yapılması koyun ve keçilerin süt verimi, yağ ve protein içeriği açısından önemli bir farklılık sergilemediği ama yağ asitleri üzerine etki gösterdiği bildirilmiştir. Koyun ve keçilerin süt yağlarında doymamış yağ asitleri miktarında artış gözlenmiştir (Tsiplakou ve Zervas, 2008). Zeytin yapraklarının bileşimi dikkate alındığında gıdalarda katkı maddesi olarak kullanımı söz konusu olmuştur. Yapılan çalışmalarda 3 başlık altında durulmaktadır.

- (a) beslenme profilinin iyileştirilmesi,
- (b) lipit oksidasyonu açısından kimyasal stabilitenin artırılması
- (c) köpük ve emülsiyonların stabilize edilmesi yer almaktadır (Espeso vd., 2021).

Zeytin yapraklarında sadece saf su ve etanol:su (70:30, 30/70, v/v) karışımlarını kullanarak ekstraktlar elde edildikten sonra yüzey aktivitesi, emülsiyon kapasitesi, yağ tutma ve su bağlama gibi teknolojik özellikleri incelenmiştir. Teknolojik özellikler, ekstraksiyon ve pH'ya göre değişim sergilemiştir. Ekstraktlar, konsantrasyona bağlı olarak önemli derecede yüzey aktivitesi göstermişlerdir. Bunun yanında ekstraktlar iyi bir yağ bağlama kapasitesi sergilerken, su tutma kapasiteleri ise sınırlı düzeyde kalmıştır (Flamminii vd., 2019).

Zeytin yaprağının % 80'lik etanol ekstraktı biyofilm üretiminde kullanılmıştır. İnsan sağlığını tehdit eden 3 patojen mikroorganizma (*Listeria monocytogenes*, *Salmonella*

*enteritidis* ve *Escherichia coli* O157:H7) üzerinde yaptıkları çalışmada 62,5 mg/mL konsantrasyonda *L. monocytogenes*'in tamamı inhibe edilirken, *S. enteritidis* ve *E. coli* O157:H7'nin ise sırası ile % 96 ve % 92'lik inhibisyon sağlamıştır. Araştırmacılar, % 6 zeytin yaprağı ekstraktı içeren biyofilmler hazırlamışlar ve *L. innocua* gelişimini tamamen inhibe ettikleri belirlenmiştir. Araştırmacılar, bu biyofilmin gıda sanayinde antimikrobiyal etkisinden dolayı kullanabileceğini belirtmişlerdir (Liu vd., 2018).

Zeytin yapraklarının sulu ekstraktları hamur bileşiminde (yaklaşık 300 mL) kullanılarak ekmek denemeleri yapılmıştır. Ekstrakt ilavesi ile ekmeklerin toplam fenolik madde miktarı artmıştır (88,96 mg/100 mL). Antiradikal testler olan DPPH ve ABTS testlerinde de ekstrakt ilaveli ekmekler güçlü antioksidan etki sergilemiştir. Ekmek analizlerinde ise spesifik hacim, ekstrakt ilavesi ile azalmıştır, bunun yanında ekmeklerin duyuşal özelliklerini modifiye ederek biraz daha acımsı bir lezzet vermiştir (Baiano vd., 2015).

Zeytin ekstraktı saf suda (% 5 v/w) çözülerek ve çiğ kıymaya ilave edilerek modifiye atmosfer ve buzdolabı koşullarında saklanmıştır. Her iki depolama koşulunda TBARS değeri zeytin ekstraktı ilave edilen kıyma örneklerinde kontrol örneğine göre düşük çıkmıştır. Bunun yanında, zeytin ekstraktları kıymaların rengi, oksidatif stabilitesi ve mikrobiyal durumunu geliştirmiştir (Hayes vd., 2010).

Frankfurter tipi sosislere 500 ppm konsantrasyonda zeytin yaprağı ilave edilmiş ve 4 °C 'de 45 gün depolama süresince kimyasal ve mikrobiyolojik değişimler incelenmiştir. Depolamada, TBARS değeri zeytin ekstraktı ilave edilen sosislere 2,01 mg/kg iken, kontrol örneğinde 2,74 mg/kg gibi daha yüksek değere ulaşmıştır. Bunun yanında, zeytin ekstraktlı sosislere toplam mezofilik bakteri, maya ve küf miktarı kontrol örneğine göre daha düşük çıkmıştır (Alirezalu vd., 2018).

Zeytin yaprakları, nitrat ve nitriti azaltma amacıyla katkı maddesi olarak olgunlaştırılmış domuz sosislere 200, 400 ve 800 ppm konsantrasyona kadar kullanılmıştır. Bu çalışmada, nitrat ve nitrit (150 ppm: 75 ppm nitrat ve 75 ppm nitrit) ve zeytin yaprakları kombinasyonu ve sadece zeytin yaprakları kullanılarak sosis üretilmiştir. Olgunlaşmanın sonunda, örneklerin hiçbirinde hijyen limitleri aşılmamıştır. Kontrol örneği (sadece 300 ppm nitrat/nitrit karışımı içeren) ile kıyaslandığında nem, pH ve su aktivitesinde önemli bir farklılık kaydedilmemiştir. Oksidasyon testi sonucunda ise yüksek konsantrasyonda (800

mg/kg ekstrakt ve 150 mg/kg nitrat/nitrit kombinasyonu) zeytin ekstraktı kullanılan örneğin stabilitesinin (73,68 dakika) kontrol örneğine (yaklaşık 65 dakika) kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Difonzo vd., 2022).

Yoğurtlara % 0,1; % 0,2 ve % 0,4 zeytin yaprağı ekstraktı ilave edilerek yapılan depolama çalışmasında zeytin ekstraktının *Streptococcus thermophilus* starter kültür miktarını arttırdığı belirlenmiştir. % 0,4 zeytin ekstraktlı yoğurt örneklerinin depolama sonunda daha güçlü antioksidan aktivite gösterdiği de ayrıca bildirilmiştir (Peker ve Arslan, 2017).

Zeytin ezmesine 0,5 mg/kg ve 1 mg/kg konsantrasyonda zeytin yaprağı ekstraktı ilave edildiği çalışmada, 1 mg/kg konsantrasyonun kontrol grubuna göre mikrobiyal gelişmeyi daha iyi inhibe ettiği, bunun yanında zeytin duyusal hissini zeytin ekstraktı ilave edilen ezmelerde daha fazla hissedildiği tespit edilmiştir. Zeytin ekstraktı ilave edilen örneklerde 3-metil bütanal ve 2-metil bütanal miktarının daha fazla olduğu bu bileşenlerin zeytin ve zeytinyağının uçucu aroma bileşiminde yer aldığı ve bu nedenle zeytin duyusal hissini daha fazla hissedildiği bildirilmiştir (Difonzo vd., 2019).

Zeytin yapraklarının gıda olarak kullanım alanlarından biri de çaydır. Yapılan bir çalışmada, zeytin yapraklarında polifenol miktarının 44-108 mg/kg olduğu ve bunun %88-94'lük kısmını oleuropeinin oluşturduğu bildirilmiştir. Bu çalışmada zeytin yapraklarının sıcak su ile bekletilerek infüzyonları hazırlanmıştır. Zeytin yapraklarının içermiş olduğu biyofenollerin % 12-27'sinin sulu kısma geçtiği belirlenmiştir. Buna karşın zeytin yapraklarındaki başlangıçtaki şekerin % 41-80'lik kısmı sulu faza geçmiştir. Şeker bileşiklerinin suda daha fazla çözünmesi bu fazla oransal geçişi açıklamaktadır. Buna karşın, apolar yapıya sahip triterpenik asitler ise sulu fazda tespit edilememiştir (Medina vd., 2019).

Kombu çayı üzerine yapılan bir çalışmada zeytin yaprakları (% 0-5) ve bal kullanılarak hazırlanan kombu çayı, pancar şekeri ile yapılan kombu çayı ile mukayese edilmiştir. Fermentasyon sırasında fenolik içeriği, yaprak ilaveli kombu çaylarında pancar şekeri ile yapılan çaylara kıyasla oldukça yüksek miktarda tespit edilmiştir. 12. günde en yüksek ekstrakte edilebilir fenol ve hidrolize olabilen fenol miktarı (sırası ile 21,83 mg/100 mg gallik asit eşdeğeri ve 53,81 mg/100 mg gallik asit eşdeğeri) % 5 yaprak ilaveli çaylarda belirlenmiştir (Değirmencioğlu vd., 2020).

Portekiz'e ait 2 zeytin çeşidinin (Negrinha do Freixo ve Cornicabra) yapraklarından % 50 etanol:su karışımı kullanılarak elde edilen ekstraktların antioksidan aktiviteleri araştırılmıştır. 5 mg/mL konsantrasyonda Negrinha do Freixo ve Cornicabra çeşitlerinin yaprak ekstraktları (çeşitler sırası ile dikkate alınarak parantez içerisindeki değerler verilmiştir) elastaz (% 82,5 ve % 87,5), kolegenaz (% 98,7 ve % 50) ve tirozinaz (% 50 ve % 33) enzimlerini inhibe etme kapasitesi sergilemişlerdir. Bu güçlü antioksidan etkilerinden dolayı ekstraktların yaşlanmayı geciktiren bileşen olarak ve kozmetik/gıda sanayinde koruyucu olarak kullanılabileceği bildirilmiştir (Oliveira vd., 2021).

Zeytin ekstraktı dışında toz formundaki yaprakların da gıdalarda kullanım alanı mevcuttur. Pandispanya hamuruna 100 g un için 2,3 ve 4 g zeytin yaprak tozu ilave edilmiştir. Tekstür profil analizine göre yoğunluk, sertlik, kesme kuvveti ve delme kuvveti zeytin yaprak tozu kullanılan keklerde kontrol grubuna kıyasla daha yüksek bulunmasına karşın nem içeriği, yapışkanlık ve yuvarlaklık indeksi ise daha düşük tespit edilmiştir. 3 g zeytin yaprak tozu ilaveli örneğin duyusal olarak daha fazla tercih edildiği bu örneğin % 0,013 oleuropein (3,299 mg oleuropein/25 g kek) içerdiği belirtilmiştir (Ataei ve Hojjatoleslami, 2017).

Surumi örneklerine ağırlıkça % 4'e kadar zeytin yaprak tozu ilave edilerek jel formunda surumi yapılarak mekaniksel özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir. Surumi jelinin kırılma stresi ve kırılma gerilimi zeytin yaprak tozu ilavesi ile artış sergilemiştir. % 0,3 zeytin yaprak tozu ilavesi surumi jelinin kırılma stresini %80 ve kırılma gerilimini ise % 38 artırırken, % 2 toz ilavesi ise kırılma gerilimini % 100 artırmıştır (Arsyad vd., 2019).

Karagöz istavritin kıyma formunda lipit oksidasyonunu önlemek amacı ile zeytin yaprak tozu ağırlıkça % 1,5; % 3,5 ve % 4,5 oranlarında kullanılmıştır. Depolama süresince (4 °C'de 3 gün) zeytin yaprağı tozu ilave edilen örneklerde TBARS değerleri 50 mmol MDA eşdeğeri/kg'ın altında iken kontrol örneğinde ise yaklaşık 250 mmol MDA eşdeğeri/kg'a kadar çıktığı belirlenmiştir. Bunun yanında depolama süresince yapılan antioksidan aktivite düşüşü toz ilave edilenlerde daha az iken kontrol örneklerinde daha fazla olduğu bildirilmiştir. Bunun yanında depolama süresinde  $\alpha$ -tokoferoldeki azalma toz ilave edilenlerde daha düşük iken kontrol örneğinde daha yüksek olarak tespit edilmiştir. Balık etlerinde istenmeyen ransit ve amonyak kokusu toz ilave edilen örneklerde daha düşük olarak belirlenmiştir (Albertos vd., 2018).

### 2.3 Bitkisel yağların oksidasyonunda zeytin yapraklarının kullanımı

Bitkisel yağlarda en önemli bozulma etkeni lipid oksidasyonudur. Lipit oksidasyonunu engellemek için en etkili ve yaygın olarak kullanılan yöntem antioksidan kullanımıdır. Sentetik antioksidanlardan BHA, BHT ve TBHQ bitkisel yağların oksidasyondan korunmasından kullanılan sentetik antioksidanlardır. Son yıllarda yapılan çalışmalar, sentetik antioksidanların sağlık üzerine oluşturduğu kuşkulardan dolayı doğal antioksidan kaynaklarının araştırılmasına yönelmiştir (Augustyniak vd., 2010; Shebis vd., 2013; Atta vd., 2017; Fadda vd., 2022).

Zeytinyağı üretiminde karşımıza çıkan yan ürünlerden biri olan zeytin yaprağı birçok biyoaktif bileşeni özellikle polifenollerini ihtiva etmektedir. Bu fenolik maddelerin antioksidan özellik sergilemesi zeytin yapraklarının doğal bir antioksidan kaynağı olarak değerlendirilmesini teşvik etmektedir. Zeytin yaprakları bitkisel yağlarda ekstrakt, toz ve herhangi bir işleme tabi tutulmadan doğrudan kullanılabilir (Erbay ve Icier, 2010; Espeso vd., 2021).

Ayçiçek, palm ve zeytinyağına toplam fenol içerikleri 120 mg/kg ve 240 mg/kg olan yaprak ekstraktları ilave edilerek tavada patateslerin kızartılması sırasındaki kimyasal değişimleri incelenmiştir. Ayçiçek, zeytinyağı ve palm yağına yaprak ilavesi ile antioksidan kapasitesi bu yağlarda sırası ile 1,5–6,9; 1,1–2,5, ve 1,9–3,8 kat aralığında artış sergilemiştir. Kızartma ile tokoferol miktarı en fazla olan yağların yaprak ekstraktı ilaveli olan yağlar olduğu bildirilmiştir. Yaprak ekstraktı ilaveli yağlarda kızartma öncesi indüksiyon periyotlarında % 15-56 aralığında artış tespit edilirken, kızartma sonrası yağlarda ise bu artış oranının % 13-80 aralığında olduğu tespit edilmiştir (Chiou vd., 2009).

Rafine zeytinyağına 100 ve 200 µg/g konsantrasyonda zeytin yaprağı ekstraktı ilave edilerek fırın testi (Schaal Oven testi) yapılmış, 60 °C'deki oksidasyon değişimleri peroksit değeri ve konjuge dien değeri ile izlenmiştir. 21 gün depolama sonunda kontrol örneği 322,1-373,5 meqO<sub>2</sub>/kg peroksit değerine ulaşırken zeytin ekstraktlarının ilave edildiği yağ örnekleri ise 27,1-102,8 meq/kg aralığındaki peroksit değerlerine ulaşmıştır. Buna karşın BHT ve BHA içeren örneklerin peroksit değerleri ise en fazla 29 meqO<sub>2</sub>/kg değerine erişmiştir. Konjuge dien değerleri kontrol örneğinde % 0.69 iken, yaprak ekstraktlı örneklerde ise % 0,32-1,00 aralığında değişim sergilemiştir. BHT ve BHA içeren örneklerin konjuge dien değerleri ise % 0,47-0,63 aralığında değişmiştir (Keceli ve Harp, 2014).

Zeytinyağı, ayçiçek yağı, palm yağı ve şortening gibi dört farklı yağa 200 mg/kg fenolik madde içerecek şekilde zeytin yaprağı ekstraktı ilave edilmiştir. 110 °C'de yapılan ransimat testinde yukarıda bahsi geçen yağların indüksiyon periyotları sırası ile 9; 1,3; 17,5 ve 4,2 saat iken ekstrakt ilaveli yağlarda ise bu değerler sırası ile 13,5; 2; 21 ve 5 saat gibi yüksek değerlere ulaşmıştır. Bu yağların katkısız formlarının fenolik madde bileşiminde oleuropein belirlenmezken ekstrakt ilave edildiğinde en fazla miktarda oleuropein geçişi olduğu ve oksidasyon stabilitesinin artmasında bu bileşenin etkin rol oynadığı bildirilmiştir (Salta vd., 2007).

Zeytin yapraklarının pres ile sıkılarak elde edilen sulu ekstraktları (400, 800, 1600 ve 2400 ppm polifenol içeren) ayçiçek yağına ilave edilerek 180 °C'de günde 5 saat olacak şekilde ısıtılarak oksidasyonu incelenmiştir. 1600 ve 2400 ppm zeytin yaprak ekstraktı içeren ayçiçek yağlarının peroksit değerinde çok az bir artış gözlemlenirken diğer karışım yağ örneklerinde ve BHT içeren ayçiçek yağında peroksit değeri ciddi artışlar sergilemiştir. Peroksit değerine benzer bir eğilim ikincil oksidasyon ürünlerinin ölçülmesinde kullanılan TBARS değerlerinde de gözlenmiştir (Farag vd., 2007).

Zeytin yapraklarının çözücü (etanol:su), pres ve süperkritik CO<sub>2</sub> ile elde edilen ekstraktları soya yağı, kanola yağı ve yüksek oleik asit içerikli ayçiçek yağına toplam fenolik madde miktarı 250 mg/kg yağ ve 630 mg/kg olacak şekilde ilave edilmiştir. Presle elde edilen yaprak özütü dışında diğer ekstraktlar oldukça güçlü antioksidan aktivite sergilemiştir. Ransimat testinde (110 °C'de) kontrol örneği olan yüksek oleik asit içerikli ayçiçek yağı, kanola yağı ve soya yağında sırası ile indüksiyon periyotları 16,9; 9,5 ve 59 saat olarak belirlenmiştir. Süperkritik CO<sub>2</sub> ile elde edilen ekstraktların indüksiyon periyotları 250 mg/kg fenol içeren ekstrakt ilaveli yukarıda bahsi geçen yağlar için sırası ile 26,3; 12,6 ve 6,9 saat iken 630 mg/kg fenol içeren ekstrakt ilaveli yağlar için 35,1; 13,4 ve 8,4 saat olarak belirlenmiştir. Çözücü ile elde edilen ekstraktın 250 mg/kg fenol içerikli kullanıldığı yukarıda bahsi geçen yağlarda indüksiyon periyotları sırası ile 21,1; 9,5 ve 6,7 saat, 630 mg/kg fenolik madde içerikli kullanıldığı yağlarda ise bu değerler sırası ile 30,7; 11 ve 7,6 saat olarak kaydedilmiştir (Jimenez vd., 2011).

Ayçiçek yağına % 0,1; % 0,25 ve % 0,5 düzeyinde zeytin yaprağı ekstraktı ilave edilerek 70 °C'de bir hafta süre ile ısıtılarak oksidasyon stabilitesindeki değişim

incelenmiştir. % 0,25 ekstrakt ilavesi ayçiçek yağının oksidatif stabilitesini geliştirmiş ve peroksit ve konjuge dien değerlerinde sırası ile % 61,4 ve % 17,4'lük azalma belirlenmiştir (M'Rabet vd., 2023).

Zeytin yaprağının metanol:su ekstraktı ve kendisi 1 mL etanol ile çözülerek istenilen konsantrasyon ayarlaması (400 ppm olacak şekilde) yapılarak rafine zeytinyağı ve pirina yağına ilave edilerek 50 °C'de oksidasyona bırakılmıştır. Depolama sonunda metanol:su ekstraktının ilave edildiği pirina yağında peroksit değeri 328 meqO<sub>2</sub>/kg iken rafine zeytinyağında ise bu değer 331 meq/kg olarak belirlenmiştir. Buna karşın herhangi bir ilave yapılmayan rafine zeytinyağında depolama sonunda peroksit değeri 828 meq/kg ve pirina yağında ise 875 meq/kg olarak belirlenmiştir. Zeytinin etanol ekstraktı da hidrolizat kadar olmasa da kontrol grubuna göre olumlu etki göstermiştir. Konjuge dien ve trien değerleri de kontrol örneğinde depolama süresince ekstrakt ilaveli yağ örneklerine kıyasla daha yüksek değerler göstermiştir. Bunun yanında, Ransimat testi (120 °C'da) sonuçlarına göre rafine zeytinyağı ve pirina yağının indüksiyon periyotları sırası ile 34,4 ve 29,1 saat iken, zeytin ekstraktı ilave edildiğinde bu değerler sırası ile 64,8 ve 59,0 saate, hidrolizat ilave edildiğinde ise sırası ile 89.8 ve 85.0 saate kadar artış göstermiştir (Bouaziz vd., 2008).

Zeytin yaprak ekstraktları 47, 94 ve 141 mg ekstrakt/kg yağ olacak şekilde ve ayrıca yaprakları nanopartikül halinde 150, 300 ve 450 mg nanopartikül/kg yağ şeklinde (sırası ile 47, 94 ve 141 mg ekstrakt/kg yağ içerecek şekilde) palm, palm çekirdeği yağı ve soya yağına ilave edilmiştir. Bunun yanında 300 ppm BHT ilave edilerek ve herhangi bir antioksidan ilavesi yapılmayan örnekler de karşılaştırma amaçlı kullanılmıştır. Ransimat testine göre ekstrakt ve nanopartiküllenmiş ekstraktlar soya yağının oksidatif stabilitesini geliştirmede başarılı olamamışlardır ve örneklerin indüksiyon periyotları yakın değerler göstermiştir. Palm yağında 141 mg ekstrakt/kg yağ içeren ekstrakt en güçlü oksidatif stabiliteyi sergilemiştir (8,51 saat). Bunun yanında 141 mg ekstrakt/kg yağ içeren nanopartiküllenmiş palm yağı ve 94 mg ekstrakt/kg ekstrakt içeren palm yağı da oksidatif stabiliteyi geliştirmiştir. Palm çekirdeği yağında ise en yüksek indüksiyon periyodu 14,28 saat ile 94 mg/kg ekstrakt içeren palm çekirdeği yağında belirlenirken, bunu 141 mg/kg ekstrakt içeren nanopartiküllü palm çekirdek yağı ve 47 mg/kg ekstrakt içeren palm çekirdeği yağı izlemiştir (Malheiro vd., 2013).

Zeytin yaprağı tozu, mL'sine 1 mg olacak şekilde soya yağına ilave edilerek 1000 W güçte 0-15 dakika arası mikrodalga uygulaması yapılmıştır. Toz ilaveli yağların serbest yağ asitliği kontrol örneğine kıyasla daha yüksek bulunurken; peroksit değeri,  $K_{232}$  ve  $K_{270}$  değerleri açısından ise daha düşük ve/veya yakın değerler tespit edilmiştir. Zeytin yaprak tozu ilaveli örneklerde çoklu doymamış yağların parçalanması kontrol örneğine kıyasla daha düşük bulunmuştur. Toz ilavesi soya yağının tokoferol içeriğini artırmakla kalmayıp mikrodalga uygulaması süresince kayıplar daha az oranda gerçekleşmiştir.  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -,  $\delta$ -tokoferol miktarı toz ilaveli örneklerde sırası ile 117,6, 11,2, 734,4 ve 214 mg/kg düzeyinde belirlenirken kontrol örneğinde ise sırası ile 93,0, 7,7, 583,5 ve 197,8 mg/kg olarak belirlenmiştir. 15 dakika mikrodalga uygulamasında antioksidan aktivite kontrol örneğinde % 75,5 iken toz ilaveli yağda ise % 76,3 olarak tespit edilmiştir (de Carvalho vd., 2023).

Zeytinyağına ağırlıkça % 5, %10 ve % 15 yaprak ilave edilerek karıştırılan yağ-yaprak karışımı santrifüj edilerek yağın berrak şekilde yapraklardan ayrılması sağlanmıştır. Örneklerin serbest yağ asitliği, peroksit değeri, konjuge dien ( $K_{232}$ ) ve konjuge trien ( $K_{270}$ ) değerlerinde yaprak ilavesi ile birlikte hafif artış gözlemlenirken, Ransimat ile 120 °C'de yapılan oksidasyon testinde yaprak ilaveli zeytinyağlarının (5,5- 18,2 saat) indüksiyon periyotları kontrol örneğine kıyasla (2,2, 4,2 saat) yüksek bulunmuştur. Toplam fenol ve tokoferol miktarı yaprak ilaveli zeytinyağlarında sırası ile 90-219 mg/kg kafeik asit ve 54,1-141,8 mg/kg aralığında belirlenirken kontrol örneğinde ise sırası ile 42,44 mg/kg kafeik asit ve 41-93,3 mg/kg düzeyinde ve düşük miktarda tespit edilmiştir. Yapılan antioksidan testine göre yaprak ilaveli yağların % 34,8-88,1 aralığında güçlü bir serbest radikal yakalama aktivitesine sahip iken kontrol örneğinde ise daha düşük antioksidan aktivite kaydedilmiştir. Yaprak ilaveli zeytinyağlarında yaprakta yağa geçen başlıca fenolik maddenin oleuropein olduğu ve % 15 yaprak ilaveli yağlarda 161,7 ve 196,4 mg/kg oleuropein içeriği tespit edilmiştir. Toplam klorofil içeriği de yaprak ilavesi artışına paralel olarak yağlarda yüksek değerlere ulaşmıştır (7,1-88,7 mg/kg feofitin a). Duyusal testler, yüksek oranda yaprak ilaveli yağların kabul edilebilirliğinin yüksek olduğunu göstermiştir (Nenadis vd., 2010).

Cobrançosa zeytin çeşidinin yapraklarının ağırlıkça % 1, % 2,5, % 5 ve % 10 oranında geç hasat edilen zeytinlere (olgunlaşma indeksi 6-7, 2009 ve 2010 hasat dönemi) ilave edilerek Abencor sistemi ile zeytinyağına işlenmiştir. Serbest yağ asitliği değeri kontrol örneğine (% 0,31-0,41) kıyasla yaprak ilaveli yağlarda artışlar (% 0,35-0,44) gözlenmiştir. Peroksit,  $K_{232}$  ve  $K_{270}$  değerleri de serbest yağ asitliği gibi yaprak ilavesine bağlı olarak kontrol grubuna



kıyasla kısmi artışlar göstermiştir. Ransimat testi (120 °C) sonuçlarına göre 2009 yılı hasat döneminde yaprak ilave edilen örneklerde indüksiyon periyotları 6,45-7,81 saat) iken kontrol örneğinde ise indüksiyon periyodu 4,48 saat olarak belirlenmiştir. 2010 yılı hasat döneminde de 2009 yılı hasat dönemine benzer şekilde yaprak ilavesi ile birlikte yağların oksidasyon stabilitesinde artış belirlenmiştir. Kontrol örneğinde indüksiyon periyodu 9,47 saat iken yaprak ilaveli örneklerde 10,54-11,49 saat aralığında yüksek indüksiyon periyotları tespit edilmiştir. Zeytinyağı örneklerinde en fazla  $\alpha$ - tokoferol belirlenmiş olup, yaprak ilavesi ile kısmi bir artış belirlenirken,  $\gamma$ - tokoferol miktarı ise yaprak ilavesi ile birlikte ciddi artışlar sergilemiştir. 2009 ve 2010 hasat dönemlerinde kontrol örneklerinin  $\gamma$ - tokoferol miktarı sırası ile 1,5 ve 3,0 mg/kg iken yaprak ilaveli yağlarda ise hasat dönemlerine göre sırası ile 5,4-5,6 mg/kg ve 2,9-5,1 mg/kg aralığında değişim sergilemiştir. Klorofil ve karotenoitler açısından da yaprak ilavesi ile bu bileşenlerin miktarlarında artışlar gözlenmiştir. Luteolin ve feofitin a en fazla miktarda belirlenen bileşenlerdendir. Lutein kontrol örneğinde 6,5 mg/kg iken yaprak ilaveli yağlarda ise 7,3-8,3 mg/kg aralığında belirlenmiştir. Feofitin a miktarı da kontrol örneğinde 5,8 mg/kg iken yaprak ilaveli örneklerde 10,4-15,7 mg/kg aralığında değişim sergilemiştir (Malheiro vd., 2013).

Cobrançosa zeytin çeşidi yaprakları ağırlıkça % 5 ve % 10 olmak üzere meyvelere (olgunlaşma indeksi 3-4) ilave edilerek Abencor sistemi ile farklı yoğurma sürelerinde (20, 30 ve 40 dakika) yağa işlenmiştir. Duyusal analiz sonuçlarına göre yeşil ve meyvemsi duyusal hisler yaprak ilavesi artışına paralel olarak gelişim göstermiştir. Yoğurma süresi artıkça (30 dakikadan fazla olanlarda) keskin ve acı notlarda azalma belirlenmiştir. Uçucu aroma bileşimine bakıldığında yaprak ilave edilen yağ örneklerinde özellikle yeşil duyusal hisleri oluşturan (E)-2-hekzenal, Z-(3)-hekzenal ve (Z)-3-hekzenil asetat bileşenlerinin miktarlarında artış gözlenmiştir (Malheiro vd., 2017).

Neb Jmel ve Oueslati zeytin çeşitlerine ağırlıkça % 3 oranında kendi çeşitlerine ait yapraklar ilave edilerek laboratuvar tipi ekstraksiyon sisteminde yağ üretimi yapılmıştır. Neb Jmel çeşidinde yaprak ilaveli ve kontrol örneklerinin serbest yağ asitliği ve peroksit değerlerinde benzerlik belirlenirken, Oueslati zeytin çeşidinde yaprak ilavesi ile serbest yağ asitliği ve peroksit değerlerinde düşüşler belirlenmiştir. Yağların toplam klorofil ve karotenoid miktarları her iki çeşitte yaprak ilavesi ile birlikte artış sergilemiştir. Neb Jmel ve Oueslati zeytin çeşitlerine yaprak ilavesi ile birlikte yağların toplam fenol miktarı kontrol örneklerine göre sırası ile % 10 ve % 44 düzeyinde artış sergilemiştir. Yağların toplam flavonoid miktarı

da yukarıda bahsi geçen çeşitlerin yağlarında yaprak ilavesi ile % 22 ve % 160 oranında artış göstermiştir. ABTS testi ile yapılan antioksidan aktivitenin değerlendirilmesinde yaprak ilavesi Neb Jmel ve Oueslati zeytin çeşitlerinin yağlarında antioksidan aktiviteyi sırası ile kontrol grubuna kıyasla % 15 ve % 87 oranında arttırdığı bildirilmiştir. Fenolik madde bileşiminde ise en fazla oleuropein türevleri belirlenmiş olup, Neb Jmel ve Oueslati zeytin çeşitlerinin yağlarında sırası ile 194,4 mg/kg ve 126,4 mg/kg olarak belirlenirken yaprak ilavesi ile birlikte yağ örneklerinde sırası ile 211 mg/kg ve 187,6 mg/kg düzeyinde oleuropein belirlenmiştir (Tarchoune vd., 2015).

Arbequina zeytin çeşidi ile Santulhana ve Arbequina zeytin çeşidinin yaprakları ağırlıkça % 1 düzeyinde Abencor ekstraksiyon sistemi ile yağa işlenmiştir. Yaprak ilaveli kontrol grubu ile kıyaslandığında toplam fenolik içeriğinde % 7,3 oranında azalma gerçekleştiğini göstermektedir. Zeytinyağlarının uçucu aroma profilleri de ayrıca belirlenmiş, uçucu bileşenlerin % 78'lik kısmının 6 C'lu alifatik bileşenlerden kaynaklandığı tespit edilmiştir. Yaprak ilavesi ile bu bileşenlerin miktarında % 14-18 arasında azalma gerçekleşmiştir. Yaprak ilavesi yeşil meyvemsi duyusal hissinin artmasına, keskinliğin azalmasına ve acılığa herhangi bir değişikliğe yol açmamıştır (Marx vd., 2022a).

Chemlali zeytin çeşidine yabancı zeytin yaprakları ağırlıkça % 1, % 3, % 5 ve % 10 oranında ilave edilerek Abencor sistemi ile yağa işlenmiştir. Yaprak ilavesi ile yağların serbest yağ asitliği, peroksit değeri ve  $K_{232}$  değerleri kontrol grubuna kıyasla kısmi artışlar sergilerken,  $K_{270}$  değerinde ise herhangi bir değişiklik gözlenmemiştir. Klorofil, karotenoit ve antioksidan aktivitede en fazla artış % 10 yaprak ilaveli örneklerde belirlenmiştir. Zeytinyağında  $\alpha$ - tokoferol en fazla oranda bulunan tokoferol izomeri olup, yaprak ilavesi ile 231,45-250,84 mg/kg aralığında belirlenirken kontrol örneğinde ise 208,36 mg/kg düzeyinde tespit edilmiştir. Toplam fenol içeriği yaprak uygulaması ile üretilen yağlarda yaprak ilavesi ile artış gösterirken 174,02-733,28 mg/kg aralığında değişim sergilemiştir. Kontrol örneğinde toplam fenol içeriği 124,33 mg/kg olarak belirlenmiştir (Baccouri vd., 2022).

Chemlali zeytin çeşidine ağırlıkça % 1-20 arasında yaprak ilave edilerek Abencor sistemi ile yağa işlenmiştir. Yaprak ilavesi ile yağların asitliğinde kontrol grubuna göre artışlar görülürken,  $K_{232}$  ve  $K_{270}$  değerlerinde ise benzerlikler ve düşüşler tespit edilmiştir. % 20 yaprak ilave edilen yağ örneklerinde klorofil ve karotenoit miktarı sırası ile 21,62 mg/kg ve 12,70 mg/kg olarak belirlenirken kontrol örneğinde ise bu değerler sırası ile 4,31 mg/kg ve

2,60 mg/kg düzeyinde belirlenmiştir. İndüksiyon periyodu kontrol örneğinde 7,31 saat iken, % 5 yaprak ilaveli örneklerde 9,70 saate kadar yükselmiş, buna karşın % 10 ve % 20 yaprak ilaveli yağlarda ise sırası ile 5,03 saat ve 4,83 saat olarak tespit edilmiştir. Toplam fenolik madde miktarı da indüksiyon periyotlarına benzer şekilde değişim göstermiş ve % 5 yaprak ilavesine kadar artarken, % 10 ve % 20 yaprak ilaveli olan yağlarda ise düşüş sergilemiştir. Toplam aldehitler ve zeytinyağının pozitif duyuşal özelliklerden sorumlu olan 6 karbonlu bileşikler yaprak ilavesi ile artış sergilerken, % 2 ve % 5 yaprak ilaveli yağlarda yeşil ve meyvemsi duyuşal hislerden sorumlu aldehit bileşikleri % 2 ve % 5 yaprak ilaveli zeytinyağlarında daha fazla miktarda tespit edilmiştir (Mezghani vd., 2023).

Erken hasat edilen (olgunlaşma indeksi 1,72) Buza çeşidinin kullanıldığı çalışmada, meyvelere ağırlıkça % 1, % 2,5 ve % 5 yaprak ilave edilerek 25 °C'de 45 dakika yoğrularak Abnecor sistemi ile yağa işlenmiştir. Yaprak ilavesi ile yağ asitlerinin etil esterlerinde ve vakslarda kısmi artışlar gerçekleşmiştir. Klorofil miktarı kontrol örneğine göre % 1, % 2,5 ve % 5 yaprak ilaveli yağlarda sırası ile % 38, % 375 ve % 1183 oranlarda artış sergilemiştir. Karotenoid miktarı da klorofil miktarı gibi yaprak ilavesi ile artış sergilemiş, miktarı ise kontrol örneğine göre % 1, % 2,5 ve % 5 yaprak ilaveli yağlarda sırası ile % 23, % 168 ve % 485 oranlarda artış göstermiştir. %1 yaprak ilavesi fenolik bileşim ve toplam fenolik madde miktarı üzerine bir etki göstermezken, % 2,5 ve % 5 yaprak ilavesi ise toplam fenolik ve fenolik bileşimde azalmaya neden olmuştur. Duyusal analiz sonuçlarına göre ise yaprak ilavesi zeytinyağında istenilen pozitif duyuşal hisleri özellikle meyvemsi ve yeşil/yaprak duyuşal hislerini artırmıştır (Novoselić vd., 2021).

Türkiye'de yapılan bir çalışmada Memecik zeytin çeşidi 2 hasat döneminde (2008 ve 2009 hasat dönemi) toplanmış, meyvelere ağırlıkça % 1 ve % 3 oranında yaprak ilave edilmiş ve Abnecor sisteminde 30 °C sıcaklıkta 30 dakika yoğrularak yağ elde edilmiştir. Bu yağlar oda koşullarında karanlıkta 18 ay süresince depolanarak kimyasal bileşimindeki değişim incelenmiştir. Klorofil miktarı, kontrol örneğine kıyasla % 1 ve % 3 yaprak ilave edilen yağlarda 2008 hasat döneminde sırası ile % 57 ve % 178, 2009 hasat döneminde ise % 57 ve % 97 oranında artış göstermiştir. Toplam fenol ve tokoferol içeriği de hasat dönemlerinde yaprak uygulaması ile üretilen yağ örneklerinde kontrol örneklerine kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Bunun yanında antioksidan testleri olan DPPH ve ABTS sonuçlarına göre de özellikle % 3 yaprak ilavesi kontrol örneğine kıyasla antioksidan aktiviteyi artırmıştır (Sevim vd., 2013).

Patos çeşidi olarak az bilinen bir zeytin çeşidi ağırlıkça % 5 ve % 10 düzeyinde yaprak ilave edilerek laboratuvar tipi ekstraksiyon ünitesi olan Abencor sistemi ile zeytin yağı üretimi yapılmıştır. Elde edilen yağlar dört farklı koşulda depolanarak kimyasal özelliklerindeki değişimler incelenmiştir (gün ışığı, karanlık, sıcak ortam (42 °C) ve soğuk ortam (4 °C)). 12 haftalık depolama sonunda tüm saklama koşullarında yağların serbest yağ asitliğinde ve peroksit değerlerinde artış belirlenirken, yaprak uygulaması ile üretilen yağlarda bu artış kontrol örneği ile kıyaslandığında düşük bulunmuştur. Buna karşın, K<sub>232</sub> ve K<sub>270</sub> değerlerinde yaprak uygulaması ile üretilen yağlarda kontrol örneğine kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Klorofil içeriği de yaprak ilavesi ile artış sergilemiş, ayrıca depolama denemelerinde klorofil miktarındaki azalma kontrol örneği ile kıyaslandığında daha düşük bulunmuştur. Toplam fenol içeriği kontrol grubunda 811,16 mg kafeik asit/kg iken depolama sonunda bu değer 282,55 mg kafeik asit/kg'a kadar düşüş göstermiş, yaprak uygulaması ile üretilen örneklerde ise en düşük toplam fenol miktarı ise yaklaşık 600 mg kafeik asit/kg'a kadar düşüş sergilemiştir. Bunun yanında DPPH ve ABTS antioksidan testleri yaprak uygulaması ile üretilen yağlarda kontrol grubuna göre daha yüksek antioksidan aktivite olduğunu göstermiştir (Gözüpek ve Otağ, 2022).

Aydın ilinde yetiştirilen Ayvalık zeytin çeşitlerinin yaprakları % 2 ve % 5 oranında meyvelere ilave edilerek, hamur elde edildikten sonra ultrases uygulaması yapılarak (0-40 dakika, 26 kHz ultrasonik frekansta ve 200 W güçte) Abencor sistemi ile yağ elde edilmiştir. % 2 yaprak ilavesi ve yoğurmada 15 dakika ultrases uygulaması en fazla yağ verimi ve en düşük serbest yağ asitliğine sahip yağ elde edilmesini sağlamıştır (Sarı ve Ekinci, 2017).

Laboratuvar tipi ekstraksiyon sistemleri dışında yaprak uygulaması ile üretilen yağların eldesinde endüstriyel sistemlerin kullanıldığı sınırlı sayıda çalışma vardır. Ağırlıkça % 1 yaprak (Arbequina veya Santulhana çeşitlerinin yaprakları) Arbequina zeytin çeşitlerinde endüstriyel boyutta yağa işlenmiştir. Yoğurma işleminde sıcaklık 22 °C ve süre 45 dakika olarak uygulanmıştır. Bu çalışmada, Arbequina zeytin çeşidinin yaprağının kullanıldığı yağlarda peroksit değeri % 33 ve K<sub>232</sub> değeri ise % 17 oranında azaltırken, oksidatif stabiliteyi ise % 19 düzeyinde artırmıştır. Bunun yanında yaprak ilavesi ile toplam fenol miktarı da 293 mg gallik asit eşdeğeri/kg gibi yüksek değere ulaşırken, sekoiridoit türevleri açısından da (143,7 mg/kg) zenginleşme gözlenmiştir. Her iki yaprak ilavesi de acılık duyusal hissinde artışa, yakıcılık da ise azalmaya neden olmuştur (Marx vd., 2022b).

Bir diğer endüstriyel tip uygulama yapılan örnekte Şanlıurfa ilinde yetiştirilen geç hasat edilen Ayvalık zeytin çeşidinin meyveleri, % 2 ve % 5 oranında yaprak ilave edilerek yağ üretilmiştir. Serbest yağ asitliği, peroksit değer ve  $K_{232}$  değer yaprak uygulaması ile üretilen yağlarda kontrol grubuna göre düşük bulunurken, fenolik madde, antioksidan aktivite ve indüksiyon periyotları ise yüksek bulunmuştur. Oda sıcaklığında depolama yapılan yağlarda serbest yağ asitliği ve peroksit değerindeki artış kontrol örneğinde yaprak uygulaması ile üretilen yağ örneklerine kıyasla daha yüksek bulunurken, fenolik madde, antioksidan aktivite ve indüksiyon periyodundaki düşüşler yaprak uygulaması ile üretilen yağlarda kontrol grubuna göre daha az orandadır. (elik vd., 2021).



### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1 Materyal

Bu çalışmada kullanılan sızma zeytinyağı, Türkiye'nin Ayvalık bölgesinden 2021/2022 hasat sezonunda toplanan Ayvalık zeytin çeşidine aittir. Zeytin hasadı iki hasat döneminde yapılmıştır: Erken hasat tarihi Ekim sonu, olgun hasat tarihi ise Aralık sonu olarak belirlenmiştir. Zeytin meyvelerinin olgunluk düzeyleri, zeytin kabuk ve et renklerinin değerlendirilmesine dayalı olarak IOC yöntemine (Uluslararası Zeytin Konseyi, 2011) göre belirlenmiştir. Erken ve olgun hasat zeytinlerin olgunluk indeksi sırasıyla ortalama 1,25 ve 5,25 olarak belirlenmiştir.

#### 3.2 Zeytinyağı üretimi ve zeytinyağlarının depolanması

Erken hasat numunesi toplam 1970 kg'lık bir parti üzerinde çalışılmıştır. Tartılmadan önce numunenin yaprak ve dalları ayrılmıştır ve geriye sadece zeytin kalmıştır. Numune her biri yaklaşık 500 kg olan 4 eşit parçaya bölünmüştür. Kırıcıdan önce her parça için %0-2-4-6 (w/w) yaprak ilave edilmiştir. Erken hasat edilen zeytinlerde uygulanan yoğurma işlemi, 21-23 °C'de 30 dakika süreyle gerçekleştirilmiştir. Her 500 kg'lık partiden ortalama 60-65 kg olmak üzere toplam 250 kg zeytinyağı elde edilmiştir.

Olgun hasat numunesi toplam 1435 kg'lık parti üzerinde çalışılmıştır. Aynı şekilde numune tartılmadan önce yapraklar ve dallar ayrılmıştır. Numunelerin her biri yaklaşık 360 kg olacak şekilde 4 eşit parçaya bölünmüştür. Her parça için kırıcıdan önce % 0-2-4-6 (w/w) yaprak ilave edilmiştir. Olgun hasat zeytinlerden elde edilen hamur 32-34 °C'de 30 dakika süreyle malaksasyona tabi tutulmuştur. Her 360 kg'lık partiden ortalama 65-70 kg olmak üzere toplam 271 kg zeytinyağı elde edilmiştir.

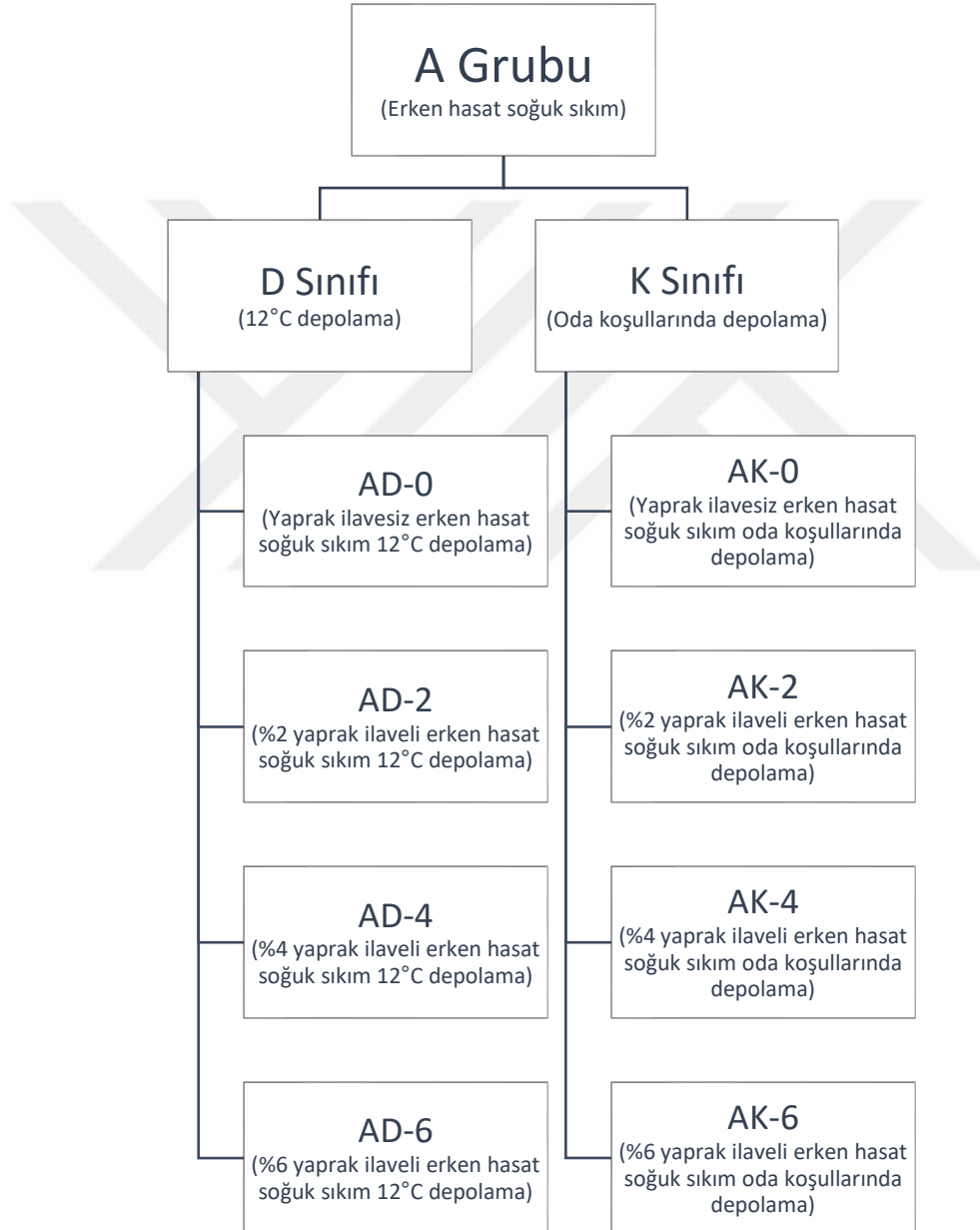
Elde edilen zeytinyağı ince bir pamuk tabakasından süzildükten sonra 200 ml'lik şeffaf cam şişelere yerleştirilmiştir. Şişeler etiketlenmiş ve her örnek için 2'şer adet numune hazırlanmıştır. Şişeler daha sonra hava geçirmez şekilde kapatılmış ve her hasat dönemi için iki partiye bölünmüştür. İlk parti bir karton kutuya yerleştirilmiştir ve oda sıcaklığında karanlık bir odada saklanmıştır. İkinci parti de aynı şekilde karton kutulara konularak 12 °C sıcaklıkta ve özel klimaya sahip karanlık bir odada saklanmıştır (Şekil 3.1). Oda sıcaklığında saklanan örnekler hem kış hem de yaz aylarında ortalama 25 °C sıcaklıkta saklanmıştır.

Örnekler 3'er aylık periyotlar ile alınmış; serbest yağ asitliği, peroksit değeri, özgül soğurma değerleri, fenolik bileşim, oksidatif stabilite ve duyusal analizleri yapılmıştır.



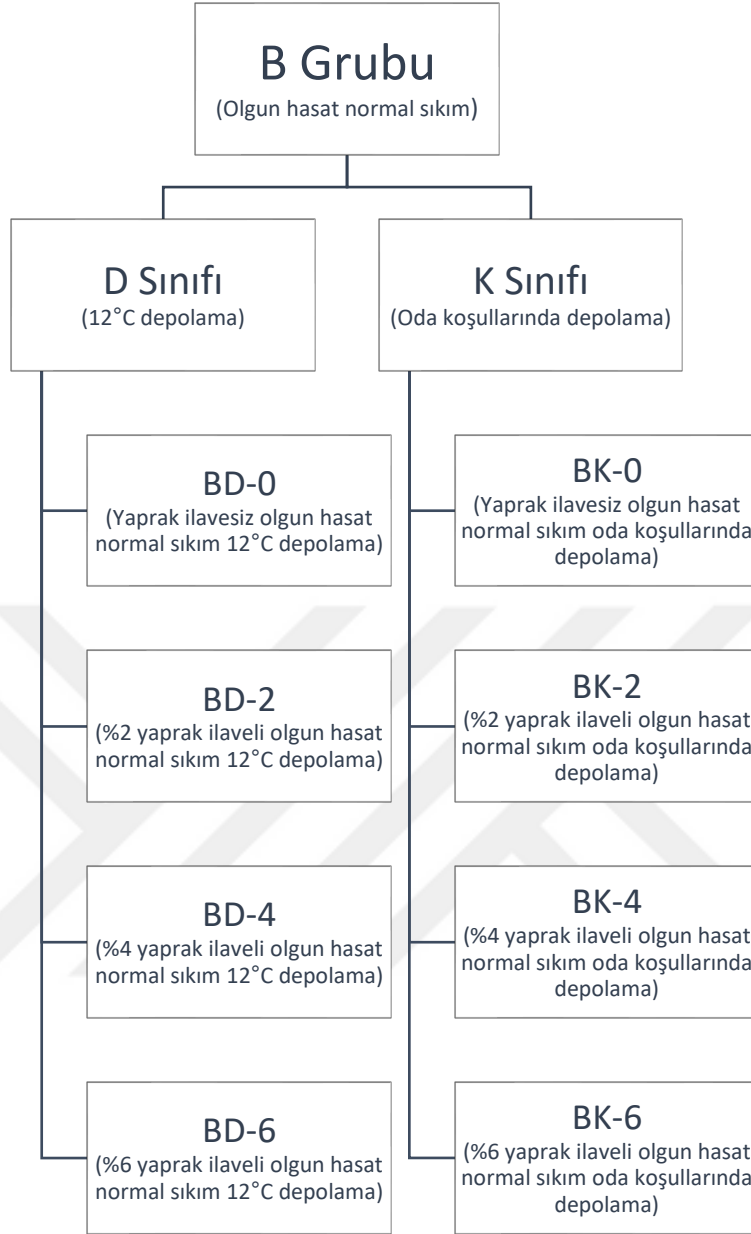
Şekil 3.1: Zeytinyağı üretim akış şeması.

Numunelerin isimlendirilme yöntemi şu şekildedir; Erken hasat, soğuk sıkım zeytinyağları A grubu; olgun hasat standart sıkım B grubu olarak belirlenmiştir. Soğuk ve karanlık odada saklanan yağlar D grubu; oda sıcaklığında ve karanlık odada saklanan yağlar ise K grubu olarak adlandırılmıştır. Son olarak, ilave edilen zeytin yaprağı yüzdesi ile aynı olacak şekilde 0-2-4-6 sayıları kodlanmıştır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2: Numune kodlama metodu.





Şekil 3.2: (devam).

### 3.3 Metot

#### 3.3.1 Serbest yağ asitliği, peroksit değeri, özgül soğurma değerleri analizleri

Zeytinyağı örneklerinde serbest yağ asitliği, peroksit değeri ve özgül soğurma değerleri (K<sub>232</sub> ve K<sub>270</sub>), AOCS (2005)'nin resmi analiz metotlarından sırası ile Ca 5a-40, Cd 8-53 ve Ch 5-91 kodlu olanlar kullanılarak yapılmıştır. Serbest yağ asitliği, % oleik asit cinsinden, peroksit değeri ise meqO<sub>2</sub>/kg yağ olarak verilmiştir. Özgül soğurma değerleri ise birimsiz olarak sunulmuştur.

### 3.3.2 Yağ asidi bileşimi analizi

Zeytinyağı örneklerinin yağ asitleri metil esterleri Anonim (2015)'e göre hazırlanmıştır. Kısaca, 0,1 g yağ 20 mL'lik cam tüplere alınmış ve 10 mL n-hekzan ilave edilerek vorteks (karıştırıcı) kullanılarak çözülmesi sağlanmıştır. Hemen akabinde, 0,5 mL 2 N potasyum hidroksit çözeltisi ilave edilerek 10 saniye vortekste karıştırılmış, daha sonrasında karanlık ortam ve oda koşullarında 2 saat beklenerek fazların ayrılması için beklenmiş ve nihayetinde üst berrak fazdan 2 mL'lik viale aktarım yapılmıştır.

Yağ asidi metil esterleri, gaz kromatografisine enjekte edilerek yağ asitleri bileşimi % oran olarak belirlenmiştir. Kromatogramdaki piklerin tanımlamalarında standart metil esterleri karışımı (Supelco 37 Component FAMEMix, Supelco Co.) kullanılmıştır. Gaz Kromatografisi cihazının donanımsal özellikleri ve çalışma koşulları aşağıda verilmiştir.

#### Cihaza ait donanımsal bilgiler

Gaz kromatografi cihazı : Shimadzu GC-2025

Kolon: Rtx-2330 (60 m uzunluğunda, 0,25-mm iç çap, 0,20 µm film kalınlığı)

Dedektör: Alev İyonizasyon Dedektörü (FID)

Taşıyıcı gaz: Helyum

#### Çalışma koşulları

Kolon sıcaklığı: 190 °C'da sabit sıcaklık (50 dakika analiz süresi)

Enjeksiyon bloğu sıcaklığı:230 °C

Dedektör sıcaklığı: 250 °C

Taşıyıcı gaz akış hızı: 0,67 mL/dakika

Enjeksiyon miktarı : 1 µL

Split oranı: 1:25

### 3.3.3 İndüksiyon periyodu analizi

Depolama öncesi zeytinyağı örneklerinin indüksiyon periyotları, Ransimat 892 cihazı (Metrohm AG, Herisau, İsviçre) kullanılarak yapılmış ve sonuçlar saat olarak verilmiştir. AOCS (2005)'nin resmi analiz metotlarından Cd 12b-92 kodlu analiz metodu kullanılmış ve kısaca 3 g yağ örneği Ransimat cihazının cam tüplerine tartılarak, 120 °C'de 20 L/saat akış hızında yağ örnekleri oksidasyona tabi tutulmuştur.

### 3.3.4 Renk pigmentlerinin spektrofotometrede analizi

Minguez-Mosquera et al. (1991)'un bildirdiği yöntem kullanılarak toplam klorofil ve karotenoit miktarı belirlenmiştir. Kısaca, 7,5 g yağ örneği Falcon tüpüne alınmış ve 25 mL'ye n-hekzan ile tamamlandıktan sonra 15 saniye vortekslenerek çözünmesi sağlanmıştır. Shimadzu model UV-VIS spektrofotometrede karotenoid içeriği (lutein mg/kg olarak) 670 nm'de ve klorofil içeriği (feofitin a mg/kg olarak) 470 nm'de okunmuştur. Klorofil ve karotenoid miktarları aşağıdaki formüller kullanılarak hesaplanmıştır:

$$\text{Klorofil (mg/kg)} = (A_{670} \times 106) / (613 \times 100 \times L)$$

$$\text{Karotenoid (mg/kg)} = (A_{470} \times 106) / (2000 \times 100 \times L)$$

A: absorbans, L: spektrofotometre hücre kalınlığı (1 cm) olarak ifade edilmektedir.

### 3.3.5 LC-MS/MS ile fenolik bileşim analizi

Zeytinyağlarının fenolik madde bileşimi LC-MS/MS ile gerçekleştirilmiştir. Cihaza enjekte edilmeden önce fenolik maddelerin ekstraksiyonu sağlanmıştır. Uluslararası Zeytin Konseyi (IOC) (2009) ve Schneider (2014)'ün kullandıkları ekstraksiyon protokolünde minör değişiklikler yapılarak fenolik maddeler ekstrakte edilmiştir. Kısaca, 2 g zeytinyağı numunesi 15 ml'lik vida kapaklı bir cam test tüpüne tartılmış, üzerine 5 mL metanol/su (80:20, v/v) karışımından ilave edilerek 1 dakika vorteks ile karıştırılmıştır. Akabinde, karışım oda sıcaklığında 15 dakika boyunca ultrasonik su banyosu ile sonikasyona tabi tutulmuş ve sonrasında 5000 rpm hızda 25 dakika santrifüj edilmiştir. Elde edilen ekstraktlar 0.45µm'lik membran filtrelerden geçirilerek LC-MS/MS'e enjekte edilerek fenolik bileşik profilleri belirlenmiştir. Analizler 2 paralelli olarak yapılmıştır. Fenolik madde standartları olarak naringenin, p-kumarik asit, kamferol, genistein, apigenin, oleuropein, hidroksitirozol ve tirozol kullanılmıştır. LC-MS/MS cihazının özellikleri ve çalışma koşulları aşağıda verilmiştir.

#### LC-MS/MS cihazının özellikleri:

Marka ve model: Shimadzu 8050 triple quadropole kütle spektrometresi

Pompa sistemi: LC-40D XS

Otoörnekleyici: model SIL-40C XS

Kolon firmı: CTO-40S

### LC-MS/MS cihazında çalışma koşulları:

Kolon: C18 kolon (Inertsustain Swift C18, 2,1 mm × 100 mm GL Sciences Inc.)

Mobil faz: Çözücü A (Su-% 0,1 formik asit içeren)-Çözücü B (Metanol-% 0,1 formik asit içeren)

Sıcaklık: 40 °C

Akış hızı: 0,4 mL/dakika

Enjeksiyon hacmi: 5 µL

Elüsyon programı aşağıdaki şekildedir.

Süre (dk)	A çözücüsü (ml)	B çözücüsü (ml)
0	80	20
8	50	50
12	5	95
12.10	80	20

### **3.3.6 Duyusal değerlendirme**

Duyusal değerlendirme, Uluslararası Zeytin Konseyi'nin (IOC, 2018) resmi yöntemine göre yerel bir zeytinyağı üreticisinde (Güvenasa, Ayvalık-Türkiye) çalışan duyusal analiz konusunda deneyimli sekiz tadımcı (25-50 yaş arası) tarafından gerçekleştirilmiştir. Numuneler (yaklaşık 15 g), üç haneli sayı ile kodlanan tadımcılara,  $28 \pm 2$  °C'de, saat camı ile kapatılmış mavi cam tadım bardaklarında rastgele olarak, farklı oturumlarda, aynı anda sadece beş numuneyle sunulmuştur. Panel lideri her tadımcı tarafından verilen notları derlemiştir; istatistiksel değerlendirme meyvemsiliğin ve kusurların medyanı ile hesaplanmıştır. 12 aylık depolama sırasında panelistler zeytinyağı örneklerinin pozitif (meyvemsilik, acılık ve yakıcılık) ve negatif özelliklerinin (kızılaşma-posa, küf-toprak, asidik-ekşi, ransid, ıslak odun ve diğer) seviyelerini değerlendirmişlerdir.

### **3.3.7 İstatistiksel analiz**

İstatistiksel analiz SPSS 10 istatistik yazılımı (SPSS Inc., Chicago, ABD) kullanılarak yapılmıştır. Depolama süresince elde edilen veriler tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile analiz edilmiştir. Örnekler arasında herhangi bir istatistiksel fark olup olmadığını belirlemek için Duncan'ın çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır ( $p < 0,05$ ).

## 4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

### 4.1 Depolama öncesi yağların bazı kalite parametreleri

Depolama öncesi üretimi yeni yapılan yağların, hasat dönemi ve yaprak ilavesine bağlı olarak temel bazı kalite parametreleri Tablo 4.1’de gösterilmiştir.

**Tablo 4.1:** Depolama öncesi yağların bazı kalite parametreleri.

Parametreler	Erken Hasat								Yasal Limit
	AD0	AD2	AD4	AD6	AK0	AK2	AK4	AK6	
Serbest yağ asitliği (% oleik asit)	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	≤0,8
Peroksit değeri (meq O <sub>2</sub> /kg)	5,01	4,97	4,75	5,70	5,01	4,97	4,75	5,70	≤20
K <sub>232</sub>	1,21	1,55	1,20	1,23	1,21	1,55	1,20	1,23	≤2,50
K <sub>270</sub>	0,06	0,08	0,07	0,08	0,06	0,08	0,07	0,08	≤0,22
<b>Yağ asidi bileşimi (%)</b>									
Miristik Asit C14:0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	≤0,03
Palmitik Asit C16:0	12,78	12,76	12,75	12,77	12,77	12,75	12,78	12,78	7,5-20,0
Palmitoleik Asit C16:1	0,57	0,61	0,62	0,60	0,61	0,61	0,61	0,61	0,3-3,5
Heptadekanolik Asit C17:0	0,14	0,13	0,14	0,14	0,14	0,14	0,12	0,13	≤0,4
Heptadesenolik Asit C17:1	0,22	0,22	0,21	0,22	0,23	0,22	0,21	0,21	≤0,6
Stearik Asit C18:0	2,34	2,31	2,33	2,33	2,36	2,32	2,31	2,33	0,5-5,0
Oleik Asit C18:1	74,18	74,35	74,20	74,14	74,01	74,24	74,26	74,20	55,0-83,0
Linoleik Asit C18:2	8,92	8,78	8,85	8,90	8,98	8,83	8,81	8,91	2,5-21,0
Linolenik Asit C18:3	0,39	0,41	0,42	0,43	0,42	0,41	0,41	0,41	≤1,0
Araşidik Asit C20:0	0,29	0,28	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,28	≤0,6
Behenik Asit C22:0	0,09	0,10	0,11	0,12	0,12	0,12	0,12	0,08	≤0,3
Lignoserik Asit C24:0	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	≤0,2

**Tablo 4.1:** (devam).

Parametreler	Olgun Hasat								Yasal Limit
	BD0	BD2	BD4	BD6	BK0	BK2	BK4	BK6	
Serbest yağ asitliği (% oleik asit)	0,54	0,54	0,53	0,54	0,54	0,54	0,53	0,54	≤0,8
Peroksit değeri (meq O <sub>2</sub> /kg)	5,32	5,33	5,44	5,22	5,32	5,33	5,44	5,22	≤20
K <sub>232</sub>	1,37	1,38	1,38	1,41	1,37	1,38	1,38	1,41	≤2,50
K <sub>270</sub>	0,06	0,08	0,08	0,09	0,06	0,08	0,08	0,09	≤0,22
<b>Yağ asidi bileşimi (%)</b>									
Miristik Asit C14:0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	≤0,03
Palmitik Asit C16:0	11,77	11,70	11,62	11,65	11,88	11,71	11,67	11,75	7,5-20,0
Palmitoleik Asit C16:1	0,54	0,52	0,50	0,52	0,55	0,51	0,51	0,53	0,3-3,5
Heptadekanoik Asit C17:0	0,12	0,14	0,14	0,15	0,15	0,15	0,14	0,14	≤0,4
Heptadesenoik Asit C17:1	0,19	0,19	0,20	0,21	0,20	0,19	0,20	0,20	≤0,6
Stearik Asit C18:0	3,01	3,00	3,01	3,04	2,99	2,99	3,01	3,02	0,5-5,0
Oleik Asit C18:1	72,56	72,46	72,82	72,82	72,40	72,42	72,83	72,78	55,0-83,0
Linoleik Asit C18:2	10,90	11,05	10,76	10,68	10,90	11,06	10,73	10,65	2,5-21,0
Linolenik Asit C18:3	0,43	0,47	0,47	0,46	0,45	0,46	0,43	0,47	≤1,0
Araşidik Asit C20:0	0,29	0,30	0,30	0,29	0,28	0,30	0,28	0,27	≤0,6
Behenik Asit C22:0	0,13	0,13	0,12	0,12	0,13	0,13	0,13	0,12	≤0,3
Lignoserik Asit C24:0	0,05	0,04	0,05	0,06	0,05	0,06	0,05	0,06	≤0,2

#### 4.1.1 Serbest Yağ Asitliği

Serbest yağ asitliği, erken hasat edilen zeytinyağlarında % 0,28, olgun hasat döneminde ise serbest yağ asitliği % 0,53-0,54 aralığında değişim göstermiştir. Türk Gıda Kodeksi Zeytinyağı ve Pirina Yağı Tebliğinde (Tebliğ No:2017/26) Natürel Sızma Zeytinyağı kategorisi için belirtilen yasal limit % 0.8 olarak bildirilmiştir. Gerek erken hasat edilen zeytinyağları gerekse de olgun hasat edilen zeytinyağlarının serbest yağ asitliği değerleri limit değer olan % 0,8'in altında kalmıştır.

Tablo 4.2'de literatürde yer alan serbest yağ asitliği değerleri derlenmiştir.

**Tablo 4.2:** Serbest yağ asitliğine ilişkin literatür bilgileri.

İşlem koşulları	Yağa işleme metodu	Serbest yağ asitliği (%)			Değişim	Kaynaklar
		Hasat dönemi	Kontrol	Yaprak ilaveli		
İki hasat dönemi (2009 ve 2010) geç hasat zeytinlere (olgunlaşma indeksi 6 veya 7) % 1-10 yaprak ilavesi	Abencor sistemi	Hasat dönemi	Kontrol	Yaprak ilaveli	Yaprak ilavesi ile genel artış gözlenmiş. 2009 yılı hasat döneminde yaprak ilavesi yağların serbest yağ asitliğini daha fazla arttırmıştır. 2010 yılı hasat döneminde ise yaprak ilavesine bağlı olarak serbest yağ asitliğinde artış istatistiki olarak önemli bulunmamıştır.	Malheiro vd. (2013)
		2009	0,31	0,35-0,44		
		2010	0,41	0,41-0,44		
2016/2017 hasat döneminde Neb Jmel ve Oueslati çeşitlerine % 3 yaprak ilavesi	Laboratuvar tipi sistem 25 °C'da 30 dakika yoğurma	Çeşit	Kontrol	Yaprak ilaveli	Neb Jmel çeşidi yağında yaprak ilavesi kısmi artışa neden olurken, Oueslati çeşidi yağında ise düşüşe neden olmuştur	Tarchoune vd. (2019)
		Neb Jmel	0,56	0,57		
		Oueslati	1,00	0,60		
Chemlali, Chétoui, Zalmati ve melez çeşitlere (Zalmati tarafından Chemlali'nin melezlenmesi) (olgunlaşma indeksleri sırası ile 6,07; 6,14; 6,88 ve 6,86) % 3 yaprak ilavesi	Laboratuvar tipi sistem 27 °C'da 30 dakika yoğurma Dekantasyon (3500 rpm'de 3 dakika)	Çeşit	Kontrol	Yaprak ilaveli	Yaprak ilavesi ile kısmi artışlar gözlenmiştir.	Sonda vd. (2013)
		Chemlali	0,20	0,21		
		Chétoui	0,18	0,18		
		Zalmati	0,16	0,20		
		Melez	0,29	0,35		
Leccino çeşidi (olgunlaşma indeksi 3,16-pembe) % 2,5 yaprak ilavesi	Endüstriyel sistem 25 °C'da 30 dakika yoğurma, iki fazlı dekantör	Yaprak ilaveli yağda 4,17celik kontrol örneğinde 4,20			Yaprak ilavesi ile kısmi düşüş gözlenmiştir.	Novoselic vd. (2023)
Geç hasat edilen Ayvalık zeytin çeşidine % 2 ve % 4 yaprak ilavesi	Endüstriyel sistem 30 °C'ın altında 45 dakika yoğurma, iki fazlı dekantör	Kontrol örneğinde % 1,16 ve % 2 yaprak ilaveli yağda % 1,14 ve % 4 yaprak ilaveli yağda % 1,11			Yaprak ilavesi ile kısmi düşüş gözlenmiştir.	Çelik vd. (2021)

**Tablo 4.2:** (devam).

Konservolia çeşidinde genç ve olgun yapraklar % 5, % 10 ve % 15 yaprak ilavesi	Laboratuvar tipi sistem	Yaprak özelliği	Kontrol	Yaprak ilaveli	Yaprak ilavesine bağlı olarak artış belirlenmiştir.	Nedanis vd. (2010)
		Genç	0,21	0,24-0,32		
		Olgun	0,19	0,27-0,34		
Chemlali zeytin çeşidine % 1, % 3, % 5 ve % 10 yaprak ilavesi	Abencor sistemi 25 °C'ın altında 30 dakika yoğurma	Kontrol	0,3	Yaprak ilavesi ile kısmi artış belirlenmiştir.	Baccouri vd. (2022)	
		% 1 yaprak	0,38			
		% 3 yaprak	0,3			
		% 5 yaprak	0,42			
		% 10 yaprak	0,41			
Chemlali zeytin çeşidine (olgunlaşma indeksi 4.46) % 1, % 2, % 5, % 10 ve % 20 yaprak ilavesi	Abencor sistemi 26 °C'ın altında 30 dakika yoğurma	Kontrol	0,26	Yaprak ilavesi ile kısmi artış belirlenmiştir.	Mezghani vd. (2023)	
		% 1 yaprak	0,26			
		% 2 yaprak	0,29			
		% 5 yaprak	0,33			
		% 10 yaprak	0,27			
		% 20 yaprak	0,29			



Erken hasat ve olgun hasat zeytinyağı örneklerinde yaprak ilavesi serbest yağ asitliği üzerine bir etki göstermemiştir. Nedanis vd. (2010), Malheiro vd. (2013), Sonda vd. (2013) yaprak ilavesi uygulaması ile birçok örneklerinde serbest yağ asitliğinin arttığını, bunun yanında Baccouri vd. (2022) % 5 ve % 10 yaprak ilavesinde, Mezghani vd. (2023) % 5 yaprak ilavesinde serbest yağ asitliğinde önemli bir artış belirlemişlerdir. Malheiro vd. (2013), yaprak ilavesinin lipolitik enzim aktivitesini artırdığını bildirmiştir. Serbest yağ asitliği sonuçları yukarıda bahsi geçen kaynaklar ile karşılaştırıldığında benzerlik göstermemektedir. Buna karşın Sonda vd. (2013)'un Chemlali ve Chétoui çeşitlerinin yağları, Tarchoune vd. (2019)'un Neb Jmel çeşidi yağı, Baccouri vd. (2022)'un Chemlali çeşidi yağı, Mezghani vd. (2023)'un Chemlali çeşidi yağı, Novoselic vd. (2023)'un Leccino çeşit yağlarında yaprak ilavesi uygulamasının serbest yağ asitliğini önemli düzeyde etkilemediği belirlenmiş, bu çalışmada serbest yağ asitleri sonuçları yukarıda bahsi geçen literatürler ile benzerlik göstermektedir. Ayvalık çeşidinin kullanıldığı bu çalışmada % 6'ya kadar yaprak ilavesi serbest yağ asitliğinde bir değişikliğe yol açmamasının nedeninin ideal üretim koşulları, yağların antioksidan bileşenlerinin koruyucu etkisi ile lipolitik aktivitenin ciddi artış göstermemesinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

#### **4.1.2 Peroksit Değeri**

Peroksit değeri, erken hasat edilen zeytinyağlarında kontrol örneğinde 5,01 meq O<sub>2</sub>/kg iken, yaprak ilavesi uygulaması yapılan yağlarda ise 4,75-5,70 meq O<sub>2</sub>/kg aralığında değişim göstermiştir. Olgun hasat zeytinyağlarında kontrol grubunda peroksit değeri 5.32 meq O<sub>2</sub>/kg iken yaprak ilavesi uygulaması yapılan örneklerde ise 5,22-5,44 meq O<sub>2</sub>/kg aralığında değişim sergilemiştir (Tablo 4.1).

Türk Gıda Kodeksi Zeytinyağı ve Pirina Yağı Tebliğinde (Tebliğ No:2017/26) Natürel Sızma Zeytinyağı kategorisi için belirtilen yasal limit 20 meq O<sub>2</sub>/kg olarak bildirilmiştir. Gerek erken hasat edilen zeytinyağları gerekse de normal hasat edilen zeytinyağlarının peroksit değerleri limit değer olan 20 meq O<sub>2</sub>/kg'ın altında kalmıştır.

Tablo 4.3'te literatürde yer alan peroksit değerleri derlenmiştir.

**Tablo 4.3:** Peroksit değerine ilişkin literatür bilgileri.

İşlem koşulları	Yağa işleme metodu	Peroksit değeri (meq O <sub>2</sub> /kg)			Değişim	Kaynaklar
		Hasat dönemi	Kontrol	Yaprak ilaveli		
İki hasat dönemi (2009 ve 2010) geç hasat zeytinlere (olgunlaşma indeksi 6 veya 7) % 1-10 yaprak ilavesi	Abencor sistemi	Hasat dönemi	Kontrol	Yaprak ilaveli	Yaprak ilavesi ile hem 2009 hem de 2010 yılı hasat döneminde yaprak ilaveli yağların peroksit değerlerinde artış gözlenmiştir.	Malheiro vd. (2013)
		2009	7	8-12		
		2010	6	6-9		
2016/2017 hasat döneminde Neb Jmel ve Oueslati çeşitlerine % 3 yaprak ilavesi	Laboratuvar tipi sistem 25 °C'da 30 dakika yoğurma	Çeşit	Kontrol	Yaprak ilaveli	Neb Jmel çeşidi yaprak ilaveli yağda değişim gözlenmemiştir. Oueslati çeşidinde ise yaprak ilaveli yağda düşüş olduğu belirtilmiştir.	Tarchoune vd. (2019)
		Neb Jmel	6	6		
		Oueslati	34	15.33		
Chemlali, Chétoui, Zalmati ve melez çeşitlere (Zalmati tarafından Chemlali'nin melezlenmesi) (olgunlaşma indeksleri sırası ile 6.07, 6.14, 6.88 ve 6.86) % 3 yaprak ilavesi	Laboratuvar tipi sistem 27 °C'da 30 dakika yoğurma Dekantasyon (3500 rpm'de 3 dakika)	Çeşit	Kontrol	Yaprak ilaveli	Tüm çeşitlerde yaprak ilaveli yağda artış gözlenmiştir.	Sonda vd. (2013)
		Chemlali	9	11,50		
		Chétoui	12,75	14,45		
		Zalmati	11	13,50		
		Melez	13,15	16,63		
Leccino çeşidi (olgunlaşma indeksi 3.16-pembe) % 2,5 yaprak ilavesi	Endüstriyel sistem 25 °C'da 30 dakika yoğurma, iki fazlı dekantör	Yaprak ilaveli yağda 6,17 kontrol örneğinde 6,20			Yaprak ilavesi ile kısmi düşüş gözlenmiştir.	Novoselic vd. (2023)
Geç hasat edilen Ayvalık zeytin çeşidine % 2 ve % 4 yaprak ilavesi	Endüstriyel sistem 30 °C'ın altında 45 dakika yoğurma, iki fazlı dekantör	Kontrol örneğinde %2,11, % 2 yaprak ilaveli yağda 1,78 ve % 4 yaprak ilaveli yağda 1,69			Yaprak ilavesi ile düşüş gözlenmiştir.	Çelik vd. (2021)
Konservolia çeşidinde genç ve olgun yapraklar % 5, % 10 ve % 15 ilave edilmiştir.	Laboratuvar tipi sistem	Yaprak özelliği	Kontrol	Yaprak ilaveli	Yaprak ilavesine bağlı olarak % 5 ve % 10 yaprak ilave edilen yağda artış gözlenirken; % 15 yaprak ilave edilen yağda kısmi düşüş gözlenmiştir.	Nenadis vd. (2010)
		Genç	16,2	15,4-17,0		
		Olgun	13,8	20,9-24,0		

**Tablo 4.3:** (devam).

Chemlali zeytin çeşidine % 1, % 3, % 5 ve % 10 yaprak ilavesi	Abencor sistemi 25 °C'ın altında 30 dakika yoğurma	Kontrol	3,5	% 3 yaprak ilave edilen yağda % 1 yaprak ilave edilen yağa göre düşüş gözlemlenmiş olup; % 1, % 5 ve % 10 yaprak ilave edilen yağda kısmi artış gözlemlenmiştir.	Baccouri vd. (2022)
		% 1 yaprak	3,95		
		% 3 yaprak	2,91		
		% 5 yaprak	3,97		
		% 10 yaprak	4,8		
Arbequina zeytin çeşidi (% 1 Arbequina yaprağı ve % 1 Santulhana yaprağı)	Endüstriyel üretim	Kontrol	2,48	Yaprak ilavesiyle düşüş görülmüştür.	Marx vd. (2022b)
		Arbequina yaprağı ile	1,65		
		Santulhana yaprağı ile	1,65		

Malheiro vd. (2013) ve Sonda vd. (2013) yaprak uygulaması yapılan yağlarda peroksit değerlerinde artış gözlemlemişlerdir. Tarchoune vd. (2019) iki çeşit zeytin türü içeren çalışmada Neb Jmel türü zeytinde ilave edilen yaprağın peroksit değerini etkilemediğini; Oueslati türü zeytinde ilave edilen yaprağın peroksit değerini düşürdüğünü gözlemlemiştir. Çelik vd. (2021), Marx vd. (2022b) ve Novaselic vd. (2024), yaptıkları çalışmalarda yaprak ilavesinin peroksit değerlerinde düşüşe yol açtığını belirtmişlerdir. Nenadis vd. (2010) ve Baccouri vd. (2022)'un yaptıkları çalışmalarda farklı oranlarda yaprak ilavesi uygulamasının peroksit değerinde dalgalı bir değişim oluşturduğunu bildirmişlerdir. Ayvalık çeşidinde yapılan bu çalışmada yaprak ilavesi uygulamasının yağların peroksit değerinde dalgalanmalar oluşturduğu belirlenmiştir. Peroksit değeri sonuçları, Tablo 4.3'de sunulan literatür çalışmaları ile benzerlik sergilemektedir. Peroksit değerindeki kısmi artışların, yaprağın solunuma devam etmesi sonucunda ortaya çıkardığı oksijen ile ilişkili olabileceği Malheiro vd. (2013) tarafından bildirilmiştir.

#### **4.1.3 Konjuge dien ( $K_{232}$ ) değeri**

$K_{232}$  değeri, erken hasat edilen zeytinyağlarında kontrol örneğinde 1,21 iken, yaprak ilavesi uygulaması yapılan yağlarda ise 1,20-1,55 aralığında değişim göstermiştir. Olgun hasat zeytinyağlarında kontrol grubunda  $K_{232}$  değeri 1,37 iken yaprak ilavesi uygulaması yapılan örneklerde ise 1,38-1,41 aralığında değişim sergilemiştir (Tablo 4.1).

Türk Gıda Kodeksi Zeytinyağı ve Pirina Yağı Tebliğinde (Tebliğ No:2017/26) Natürel Sızma Zeytinyağı kategorisi için belirtilen yasal limit  $\leq 2,50$  olarak belirtilmiştir. Erken hasat ve olgun hasat zeytinyağlarında yasal limitler aşılmamıştır.

Tablo 4.4'de literatürde yer alan  $K_{232}$  değerleri derlenmiştir.

**Tablo 4.4:** Konjuge dien değerine ( $K_{232}$ ) ilişkin literatür bilgileri.

İşlem koşulları	Yağa işleme metodu	K <sub>232</sub> değeri			Değişim	Kaynaklar
		Hasat dönemi	Kontrol	Yaprak ilaveli		
İki hasat dönemi (2009 ve 2010) geç hasat zeytinlere (olgunlaşma indeksi 6 veya 7) % 1-10 yaprak ilavesi	Abencor sistemi	Hasat dönemi	Kontrol	Yaprak ilaveli	Yaprak ilavesi ile genel artış gözlenmiş. 2009 yılı hasat döneminde yaprak ilavesi yağların K <sub>232</sub> değerlerini arttırmıştır. 2010 yılı hasat döneminde ise yaprak ilavesine bağlı olarak K <sub>232</sub> değerleri %1 ve %5,5 yaprak ilave edildiğinde düşüş gösterirken; %5 ve %10 yaprak ilave edildiğinde artış göstermiştir.	Malheiro vd. (2013)
		2009	1,63	1,92-2,07		
		2010	2,52	2,33-2,61		
Leccino çeşidi (olgunlaşma indeksi 3,16-pembe) % 2,5 yaprak ilavesi	Endüstriyel sistem 25 °C'da 30 dakika yoğurma, iki fazlı dekantör	Yaprak ilaveli yağda % 1,86 , kontrol örneğinde % 1,73			Yaprak ilavesi ile artış gözlenmiştir.	Novoselic vd. (2023)
Patos çeşidi zeytin (2009-Trabzon) %5 ve %10 yaprak ilave edilmiştir ve farklı depolama koşullarında 12 hafta gözlemlenmiştir.	Abencor sistemi 30 °C'nin altında 45 dakika yoğurma, iki fazlı dekantör	Depolama Koşulları	Kontrol	Yaprak ilaveli	Yaprak ilavesi K <sub>232</sub> değerini arttırmıştır. Sıcakta depolanan yağlarda daha çok artış olduğu göze çarpmaktadır.	Gözüpek ve Otağ (2022)
		Karanlık	3,21	3,21-3,26		
		Aydınlık	3,21	3,30-3,33		
		Sıcak	3,21	3,32-3,36		
		Soğuk	3,21	3,29-3,33		
Geç hasat edilen Ayvalık zeytin çeşidine % 2 ve % 4 yaprak ilavesi	Endüstriyel sistem 30 °C'm altında 45 dakika yoğurma, iki fazlı dekantör	Kontrol örneğinde % 2,34, % 2 yaprak ilaveli yağda % 2,25 ve % 4 yaprak ilaveli yağda % 2,21			Yaprak ilavesi ile düşüş gözlenmiştir.	Çelik vd. (2021)
Konservolia çeşidinde genç ve olgun yapraklar % 5, % 10 ve % 15 ilave edilmiştir.	Laboratuvar tipi sistem	Yaprak özelliği	Kontrol	Yaprak ilaveli	Yaprak ilavesine bağlı olarak artış belirlenmiştir.	Nenadis vd. (2010)
		Genç	2,21	2,22-2,26		
		Olgun	2,16	2,18-2,22		

**Tablo 4.4:** (devam).

Chemlali zeytin çeşidine % 1, % 3, % 5 ve % 10 yaprak ilavesi	Abencor sistemi  25 °C'ın altında 30 dakika yoğurma	Kontrol	1,2	% 3 yaprak ilave edilen yağda % 1 yaprak ilave edilen yağa göre düşüş gözlemlenmiş olup; % 1, % 5 ve % 10 yaprak ilave edilen yağda kısmi artış gözlemlenmiştir.	Baccouri vd. (2022)
		% 1 yaprak	1,32		
		% 3 yaprak	1,24		
		% 5 yaprak	1,35		
		% 10 yaprak	1,42		
Chemlali zeytin çeşidine (olgunlaşma indeksi 4.46) % 1, % 2, % 5, % 10 ve % 20 yaprak ilavesi	Abencor sistemi  26 °C'ın altında 30 dakika yoğurma	Kontrol	2,80	Yaprak ilavesi ile kısmi düşüş gözlemlenirken %10 yaprak ilavesinde artış gözlenerek %20 yaprak ilavesinde de stabil kalmıştır.	Mezghani vd. (2023)
		% 1 yaprak	2,49		
		% 2 yaprak	2,46		
		% 5 yaprak	2,15		
		% 10 yaprak	2,86		
% 20 yaprak	2,86				
Arbequina zeytin çeşidi  (%1 Arbequina yaprağı ve %1 Santulhana yaprağı)	Endüstriyel üretim	Kontrol	1,84	Yaprak ilavesiyle düşüş gözlemlenmiştir.	Marx vd. (2022b)
		Arbequina yaprağı ile	1,53		
		Santulhana yaprağı ile	1,60		

Nenadis vd. (2010), Malheiro vd. (2013), Gözüpek ve Otağ (2022), Novoselic vd. (2023), yaptıkları çalışmalarda yaprak ilavesi uygulaması ile yağların  $K_{232}$  değerlerinde artış gözlemlemişlerdir. Çelik vd. (2021) yaptığı çalışmada ilave edilen yaprak miktarı arttıkça yağlarda  $K_{232}$  değerinin düştüğünü gözlemlemişlerdir. Baccouri vd. (2022) ve Mezghani vd. (2023)'un yaptıkları çalışmalarda ise yaprak ilavesi uygulaması  $K_{232}$  değerlerinde dalgalanma oluşturmuştur. Marx vd. (2022b), Arbequina zeytin çeşidine, Arbequina ve Santulhana yaprağı ilave edilerek üretilen yağlarda  $K_{232}$  değerinin yaprak ilavesi ile düştüğü bildirilmiştir.

Ayvalık çeşidinde yapılan bu çalışmada yaprak ilavesi uygulamasının yağların  $K_{232}$  değerinde dalgalanmalar oluşturduğu belirlenmiştir.  $K_{232}$  değeri sonuçları, Tablo 4.4'de sunulan literatür çalışmaları ile benzerlik sergilemektedir. Peroksit değeri ile  $K_{232}$  değeri arasında genellikle paralellik mevcuttur. Bu bağlamda, yaprak ilavesi ile  $K_{232}$  değeri de peroksit değeri gibi dalgalı bir yapı sergilemiştir.

#### **4.1.4 Konjuge trien ( $K_{270}$ ) değeri**

$K_{270}$  değeri, erken hasat edilen zeytinyağlarında kontrol örneğinde 0,06 iken, yaprak ilavesi uygulaması yapılan yağlarda ise 0,07-0,08 aralığında değişim göstermiştir. Olgun hasat zeytinyağlarında kontrol grubunda  $K_{270}$  değeri 0,06 iken yaprak ilavesi uygulaması yapılan örneklerde ise 0,08-0,09 aralığında değişim sergilemiştir (Tablo 4.1).

Türk Gıda Kodeksi Zeytinyağı ve Pirina Yağı Tebliğinde (Tebliğ No:2017/26) Natürel Sızma Zeytinyağı kategorisi için belirtilen yasal limit  $\leq 0,22$  olarak belirtilmiştir. Erken hasat ve olgun hasat zeytinyağlarında yasal limitler aşılmamıştır.

Tablo 4.5'de literatürde yer alan  $K_{270}$  değerleri derlenmiştir.

**Tablo 4.5:** Konjuge trien değerine ( $K_{270}$ ) ilişkin literatür bilgileri.

İşlem koşulları	Yağa işleme metodu	K <sub>270</sub> değeri			Değişim	Kaynaklar
		Hasat dönemi	Kontrol	Yaprak ilaveli		
İki hasat dönemi (2009 ve 2010) geç hasat zeytinlere (olgunlaşma indeksi 6 veya 7) % 1-10 yaprak ilavesi	Abencor sistemi	Hasat dönemi	Kontrol	Yaprak ilaveli	Yaprak ilavesi ile kısmi artış gözlenmiştir.	Malheiro vd. (2013)
		2009	0,09	0,12-0,16		
		2010	0,14	0,15-0,18		
Patos çeşidi zeytin (2009-Trabzon) %5 ve %10 yaprak ilave edilmiştir ve farklı depolama koşullarında 12 hafta gözlemlenmiştir.	Abencor sistemi 30 °C'nin altında 45 dakika yoğurma, iki fazlı dekantör	Depolama Koşulları	Kontrol	Yaprak ilaveli	Yaprak ilavesi K <sub>270</sub> değerini arttırmıştır.	Gözüpek ve Otağ (2022)
		Karanlık	0,143	0,168-0,193		
		Aydınlık	0,143	0,168-0,193		
		Sıcak	0,143	0,149-0,161		
		Soğuk	0,143	0,182-0,193		
Geç hasat edilen Ayvalık zeytin çeşidine % 2 ve % 4 yaprak ilavesi	Endüstriyel sistem 30 °C'ın altında 45 dakika yoğurma, iki fazlı dekantör	Kontrol örneğinde % 0,21, % 2 yaprak ilaveli yağda % 0,21 ve % 4 yaprak ilaveli yağda % 0,20			Yaprak ilavesine bağlı olarak önemli bir değişiklik gözlemlenmemiş ve hafif dalgalanmalar belirlenmiştir.	Çelik vd. (2021)
Konservolia çeşidinde genç ve olgun yapraklar % 5, % 10 ve % 15 ilave edilmiştir.	Laboratuvar tipi sistem	Yaprak özelliği	Kontrol	Yaprak ilaveli	Yaprak ilavesine bağlı olarak artış belirlenmiştir.	Nenadis vd. (2010)
		Genç	0,59	0,60-0,68		
		Olgun	0,52	0,58-0,62		
Chemlali zeytin çeşidine % 1, % 3, % 5 ve % 10 yaprak ilavesi	Abencor sistemi 25 °C'ın altında 30 dakika yoğurma	Kontrol	0,12		% 3 yaprak ilave edilen yağda % 1 yaprak ilave edilen yağa göre düşüş gözlemlenmiş olup; % 1, % 5 ve % 10 yaprak ilave edilen yağda kısmi artış gözlemlenmiştir.	Baccouri vd. (2022)
		% 1 yaprak	0,13			
		% 3 yaprak	0,1			
		% 5 yaprak	0,11			
		% 10 yaprak	0,11			
Chemlali zeytin çeşidine (olgunlaşma indeksi 4.46) % 1, % 2, % 5, % 10 ve % 20 yaprak ilavesi	Abencor sistemi 26 °C'ın altında 30 dakika yoğurma	Kontrol	0,30		Yaprak ilavesi ile kısmi düşüş gözlemlenirken %5 yaprak ilavesinden itibaren artış gözlenmiştir.	Mezghani vd. 2023
		% 1 yaprak	0,23			
		% 2 yaprak	0,21			
		% 5 yaprak	0,22			
		% 10 yaprak	0,24			
		% 20 yaprak	0,31			



Nenadis vd. (2010), Malheiro vd. (2013), Gözüpek ve Otağ (2022)'in yaptıkları çalışmalarda yaprak ilavesi uygulaması ile yağların  $K_{270}$  değerlerinde artış gözlenmiştir. Çelik vd. (2021) Baccouri vd. (2022) ve Mezghani vd. (2023)'un yaptıkları çalışmalarda ise yaprak ilavesi yağların  $K_{270}$  değerlerinde kısmi dalgalanmalar oluşturmuştur. Ayvalık çeşidinde yapılan bu çalışmada yaprak ilavesi uygulaması ile yağların  $K_{270}$  değerinde dalgalanmalar oluştuğu görülmektedir.  $K_{270}$  değeri sonuçları, Tablo 4.5'de sunulan literatür çalışmaları ile benzerlik sergilemektedir.

#### **4.1.5 Yağ asitleri bileşimi**

Depolama öncesi zeytinyağı örneklerinde 12 adet yağ asidi belirlenmiştir (Tablo 4.1). Zeytinyağı örnekleri doymamış yağ asitleri açısından zengin olup, bileşimde en fazla yer alan doymamış yağ asidi oleik asittir (C18:1). Erken hasat zeytinyağlarında oleik asit oranı % 71,01-74,35 aralığında değişim gösterirken, olgun hasat zeytinyağlarında ise %72,40-72,83 aralığında değişim sergilemiştir. Oleik asitten sonra bileşimde en fazla yer alan doymamış yağ asidi ise linoleik asit (C18:2) olup, erken hasat zeytinyağlarında % 8,78-8,98, olgun hasat zeytinyağlarında ise % 10,65-11,06 aralığında değişim sergilemiştir. Doymuş yağ asitleri içerisinde ve genel yağ asidi bileşiminde önemli oranda yer alan yağ asidi ise palmitik asittir (C16:0). Erken hasat zeytinyağlarında oleik asit oranı % 12,75-12,78 aralığında değişim gösterirken, olgun hasat zeytinyağlarında ise % 11,62-11,88 aralığında değişim sergilemiştir.

Malheiro vd. (2013), yaprak ilavesi uygulaması ile üretilen yağların yağ asitleri bileşimini ağırlıklı olarak oleik asitin oluşturduğunu, bunu palmitik ve linoleik asitin izlediğini, bunun yanında % 10 yaprak ilavesinin oleik asit oranında azalmaya, palmitik ve linoleik asit oranlarında ise kısmi artışa neden olduğunu bildirmişlerdir.

Mezghani vd. (2023), farklı oranlarda yaprak ilavesi (% 1-20) uygulaması yapılan yağ örneklerinde yağ asitleri bileşiminin ağırlıklı olarak oleik asitten oluştuğunu ve ayrıca palmitik asit ve linoleik asidin de yağ asitleri bileşiminde önemli oranda yer aldığını bildirmişlerdir. Yaprak ilavesi uygulaması yağlarda oleik asit içeriğinde çok az da olsa azalmaya, palmitik asit de kısmi artışa, linoleik asit de ise çok fazla oranda yaprak kullanımı bu yağ asidinde azalmaya neden olmuştur.

Novoselic vd. (2023), % 2,5 yaprak uygulaması ile ürettikleri yağlarda yağ asitleri bileşimini ağırlıklı olarak oleik asidin oluşturduğunu, bunu sırası ile palmitik ve linoleik asidin takip ettiğini bildirmişlerdir. Yaprak ilavesi uygulaması yağ asitleri bileşimi üzerine kısmi bir etki göstermiştir. Heptadekanoik asit (C17:0), linolenik asit (C18:3) ve lignoserik asit (C24:0)'de kısmi azalmalar belirlenmiştir. Oda koşullarında 12 aylık depolama süresinde de yağ asitleri bileşiminde önemli bir değişim gözlemlenmemiştir. 6 aylık ve 12 aylık depolama dönemlerinde, sadece stearik asit (C18:0), yaprak uygulamalı örnekte kontrol örneğine kıyasla az da olsa yüksek değer sergilemiştir.

Çalışma sonuçları, genel yağ asitleri bileşimi dikkate alındığında Malheiro vd. (2013), Mezghani vd. (2023) ve Novoselic vd. (2023)'un sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Yaprak ilavesi uygulaması yağ asitleri bileşiminde dalgalı bir değişim oluştursa da istatistiki olarak bu değişim önemli bulunmamıştır ( $P>0.05$ ). Yaprak uygulamalı yağ örneklerinin yağ asidi bileşim sonuçları, Malheiro vd. (2013), Mezghani vd. (2023) ve Novoselic vd. (2023)'un sonuçları ile benzerlik göstermektedir.

#### 4.1.6 Oksidatif Stabilite (İndüksiyon periyotları)

Erken hasat zeytinyağlarında kontrol örneğinde indüksiyon periyodu 4,05 saat iken, yaprak ilavesi uygulanan yağlarda ise 4,73-4,90 saat aralığında değişim göstermiştir. Olgun hasat yağlarda ise kontrol grubunda indüksiyon periyodu 4,32 saat iken yaprak ilavesi uygulanan yağlarda ise indüksiyon periyodu 5,18-6,99 saat aralığında değişim sergilemiştir (Tablo 4.6).

**Tablo 4.6:** Yaprak uygulaması yapılan ve yapılmayan zeytinyağlarının hasat dönemine göre indüksiyon periyotları.

İndüksiyon periyodu (saat)			
Erken Hasat		Olgun Hasat	
A0	4,05±0,01b	B0	4,32±0,32c
A2	4,75±0,07a	B2	5,18±0,03b
A4	4,90±0,01a	B4	6,48±0,53a
A6	4,73±0,21a	B6	6,99±0,04a

Sonuçlar ortalama  $\pm$ SD (n=2) olarak sunulmuştur. Aynı sütundaki farklı harfler önemli farklılıkları gösterir ( $p<0,05$ ).

Tablo 4.7'de literatürde yer alan oksidatif stabilite değerleri derlenmiştir.

**Tablo 4.7:** İndüksiyon periyodu değerine ilişkin literatür bilgileri.

İşlem koşulları	Yağa işleme metodu	İndüksiyon periyodu değeri (saat)			Değişim	Kaynaklar
		Çeşit	Kontrol	Yaprak ilaveli		
Chemlali, Chétoui, Zalmati ve melez çeşitlere (Zalmati tarafından Chemlali'nin melezlenmesi) (olgunlaşma indeksleri sırası ile 6,07; 6,14; 6,88 ve 6,86) % 3 yaprak ilavesi	Laboratuvar tipi sistem 27 °C'da 30 dakika yoğurma Dekantasyon (3500 rpm'de 3 dakika)	Çeşit	Kontrol	Yaprak ilaveli	Tüm çeşitlerde yaprak ilaveli yağda düşüş gözlenmiştir.	Sonda vd. (2013)
		Chemlali	6,21	5,53		
		Chétoui	8,85	8,18		
		Zalmati	5,10	4,62		
		Melez	4,8	4,12		
Leccino çeşidi (olgunlaşma indeksi 3,16-pembe) % 2,5 yaprak ilavesi	Endüstriyel sistem 25 °C'da 30 dakika yoğurma, iki fazlı dekantör	Yaprak ilaveli yağda yaklaşık 43 saat, kontrol örneğinde ise yaklaşık 36 saat			Yaprak ilavesi ile artış gözlenmiştir.	Novoselic vd. 2023
Konservolia çeşidinde genç ve olgun yapraklar % 5, % 10 ve % 15 ilave edilmiştir.	Laboratuvar tipi sistem	Yaprak özelliği	Kontrol	Yaprak ilaveli	Yaprak ilavesiyle artış gözlemlenmiştir.	Nenadis vd. (2010)
		Genç	2,2	5,5-14,9		
		Olgun	4,2	12,2-18,2		
Chemlali zeytin çeşidine (olgunlaşma indeksi 4.46) % 1, % 2, % 5, % 10 ve % 20 yaprak ilavesi	Abencor sistemi 26 °C'ın altında 30 dakika yoğurma	Kontrol	7,31		% 5 yaprak ilavesine kadar artış gözlemlenirken; % 10 ve % 20 yaprak ilavesinde düşüş gözlemlenmiştir.	Mezghani vd. 2023
		% 1 yaprak	8,21			
		% 2 yaprak	9,50			
		% 5 yaprak	9,70			
		% 10 yaprak	5,03			
		% 20 yaprak	4,83			
Arbequina zeytin çeşidi (%1 Arbequina yaprağı ve % 1 Santulhana yaprağı)	Endüstriyel üretim	Kontrol	9,8		Yaprak ilavesiyle artış görülmüştür.	Marx vd. 2022b
		Arbequina yaprağı ile	12,1			
		Santulhana yaprağı ile	10,8			

Sonda vd. (2013) yaptığı çalışmada yaprak ilavesi uygulaması ile yağların oksidatif stabilite değerlerinde düşüş gözlemlenmiştir. Nenadis vd. (2010), Marx vd. (2022b) ve Novaselic vd. (2024) yaptıkları çalışmalarda yaprak ilavesinin oksidatif stabilite değerlerinde artışa yol açtığını gözlemlenmişlerdir. Mezghani vd. (2023) yaptığı çalışmada % 5 yaprak ilavesine kadar indüksiyon periyodunda artış gözlemlerken % 10 ve % 20 yaprak ilavesinde ise düşüş gözlemlenmiştir. Yaprak ilavesine bağlı olarak yağların indüksiyon periyodu artış göstermiş olup, elde edilen sonuçlar, Nenadis vd. (2010), Marx vd. (2022b) ve Novoselic vd. (2023)'un sonuçları ile benzerlik gösterdiği, bunun yanında Mezghani vd. (2023)'un bazı sonuçları ile benzerlik gösterdiği ve buna karşın Sonda vd. (2013)'un çalışması ile benzerlik göstermediği belirlenmiştir. Erken ve olgun hasat zeytinyağlarının indüksiyon periyotları arasındaki fark üretim koşullarıyla ilgili olabileceği düşünülmüştür. Endüstride erken hasat zeytinlerin işlenmesinde daha düşük sıcaklıklar kullanılırken, olgun hasat zeytinyağlarında sıcaklıkta bir miktar artış görülmüştür. Sıcaklığa bağlı olarak olgun hasat zeytinyağlarında fenolik madde transferi erken hasat zeytinyağlarına göre daha yüksek olmuştur. Olgun hasatlarda yaprak ilavesi uygulamasının erken hasatlara kıyasla indüksiyon periyodunu daha fazla artırmasının bu işlem farklılığından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

## **4.2 Yağ numunelerinin depolama sırasında temel kalite parametrelerindeki değişim**

### **4.2.1 Serbest yağ asitliğindeki değişim**

İki farklı hasat döneminde üretilen yağ örnekleri, oda sıcaklığı ve 12 °C sıcaklıkta 12 ay depolanmıştır. Bu yağların serbest yağ asitlerinde bu süreç içerisindeki değişimi Şekil 4.1 ve 4.2'de gösterilmiştir.

Erken hasat edilen zeytinlerden yaprak ilaveli ve ilavesiz uygulama ile üretilen zeytinyağlarının depolama başlangıcındaki serbest yağ asitlerinin benzer oldukları görülmektedir. Bunun yanında olgun hasat döneminde üretilen yağların serbest yağ asidi miktarı da erken hasat zeytinyağlarına benzer şekilde yaprak uygulaması ile önemli bir değişim sergilememiştir ( $p < 0,05$ ). Elde edilen sonuçlar, Malheiro vd. (2013); Tarchoune vd. (2019)'nin çalışmaları ile uyumlu bulunmuştur. Ayrıca, olgun dönemde hasat edilen zeytinyağlarının serbest yağ asitliği değerleri erken hasat dönemine kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Olgunlaşma döneminde asitlikteki benzer artış, Dag vd. (2011) tarafından gözlemlenmiştir.

Oda sıcaklığında ve 12 °C'da depolanan erken hasat edilen yağların depolama süresince serbest yağ asitleri kısmi artışlar görülmekle birlikte dalgalı bir seyir gözlemlenmiştir. Yaprak ilavesi uygulaması erken hasat zeytinyağlarında depolama süresince kontrol örneğine kıyasla serbest yağ asitliğini çok az da olsa artırmıştır ( $p<0.05$ ). İki farklı depolama koşulunda depolama süresince olgun hasat zeytinyağlarında serbest yağ asitleri depolama süresince kısmi artışlar sergilemiştir ( $p<0.05$ ). Analiz edilen tüm örneklerde yağların serbest yağ asitliği % 0.7 değerinin altında kalmıştır. Olgun hasat zeytinyağlarında aynı depolama zamanında yaprak ilave edilen zeytinyağı örneklerinde serbest yağ asitliği kontrol grubuna göre daha düşük bulunmuştur ( $p<0.05$ ).

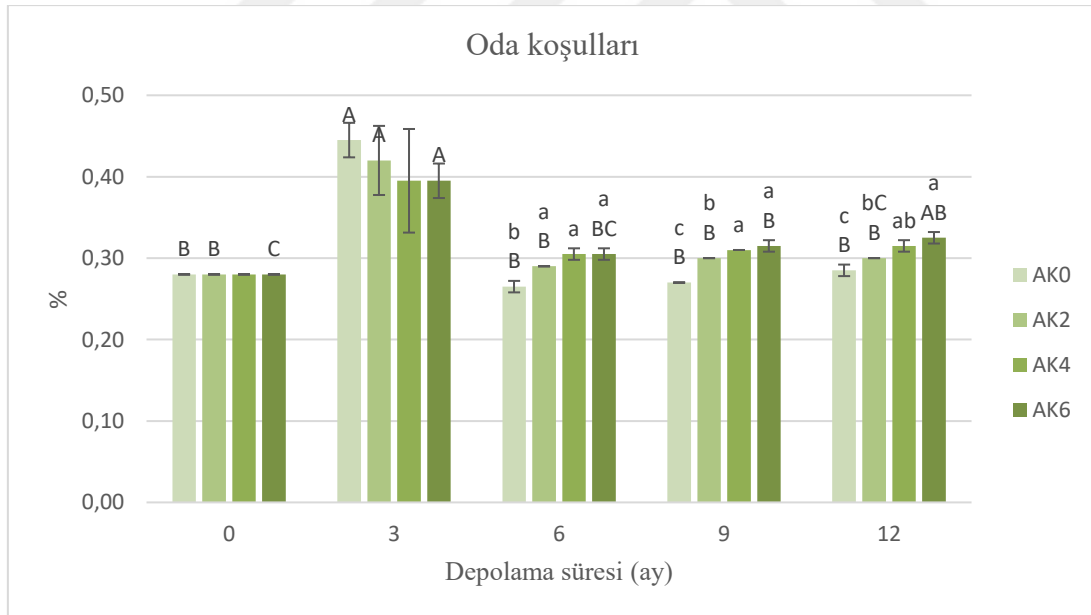
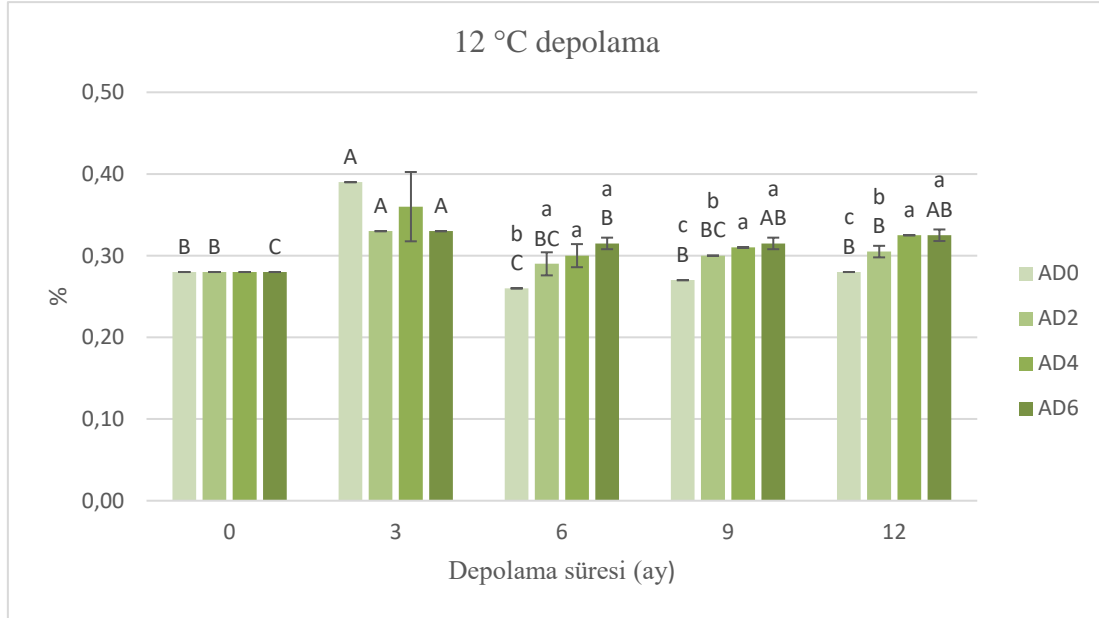
Novoselic vd. (2023), olgunlaşma indeksi 3.16 olan Leccino çeşidine % 2.5 yaprak ilave ederek ürettikleri yağları, 6 ve 12 ay oda koşulları ve karanlık bir yerde depolamışlardır. Yaprak ilaveli yağların 12. ayda az da olsa serbest yağ asitliği değerinin kontrol grubuna göre yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Bu durumun yapraktan yağa geçen bazı lipolitik enzimlerden kaynaklı olabileceği belirtilmiştir.

Gözüpek ve Otağ (2022), Patos zeytin çeşidine % 5 ve % 10 düzeyinde yaprak ilave ederek Abencor yöntemi ile yağ üretimi yapmışlardır. Soğuk depolama ve oda koşullarında depolama yaptıkları örneklerde yaprak ilave uygulaması yapılan örneklerin serbest yağ asitliği değerinin kontrol örneğine kıyasla depolama süresince daha düşük bir eğilim sergilediğini bildirmişlerdir.

Çelik vd. (2021), Aralık ayında hasat ettikleri Ayvalık çeşidi meyvelere ağırlıkça % 2 ve % 4 yaprak ilavesi ile endüstriyel tip (3 fazlı santrifüj sistem) üretim kullanarak yağ elde etmişlerdir. Oda sıcaklığında 12 ay süre ile depolama yapılan çalışmada, serbest yağ asitliğinin kontrol örneğinde daha fazla artış gösterdiği buna karşın yaprak ilavesi uygulaması ile üretilen yağlarda bu artışın daha az olduğu belirlenmiştir.

Olgun dönemde hasat edilen zeytinlerden üretilen yağ örneklerinde yaprak ilavesi serbest yağ asitliğini az da olsa azalttığı ve bu sonuçların, Çelik vd. (2021), Gözüpek ve Otağ (2022)'in bildirdiği sonuçlar ile benzerlik sergilediği, erken hasat edilen zeytinlerin yağlarında yaprak ilavesinin yağın serbest yağ asitliğini kısmen arttırdığı ve Novoselic vd. (2023)'nin bildirdiği sonuçlar ile benzerlik göstermektedir. Erken hasat döneminde üretilen

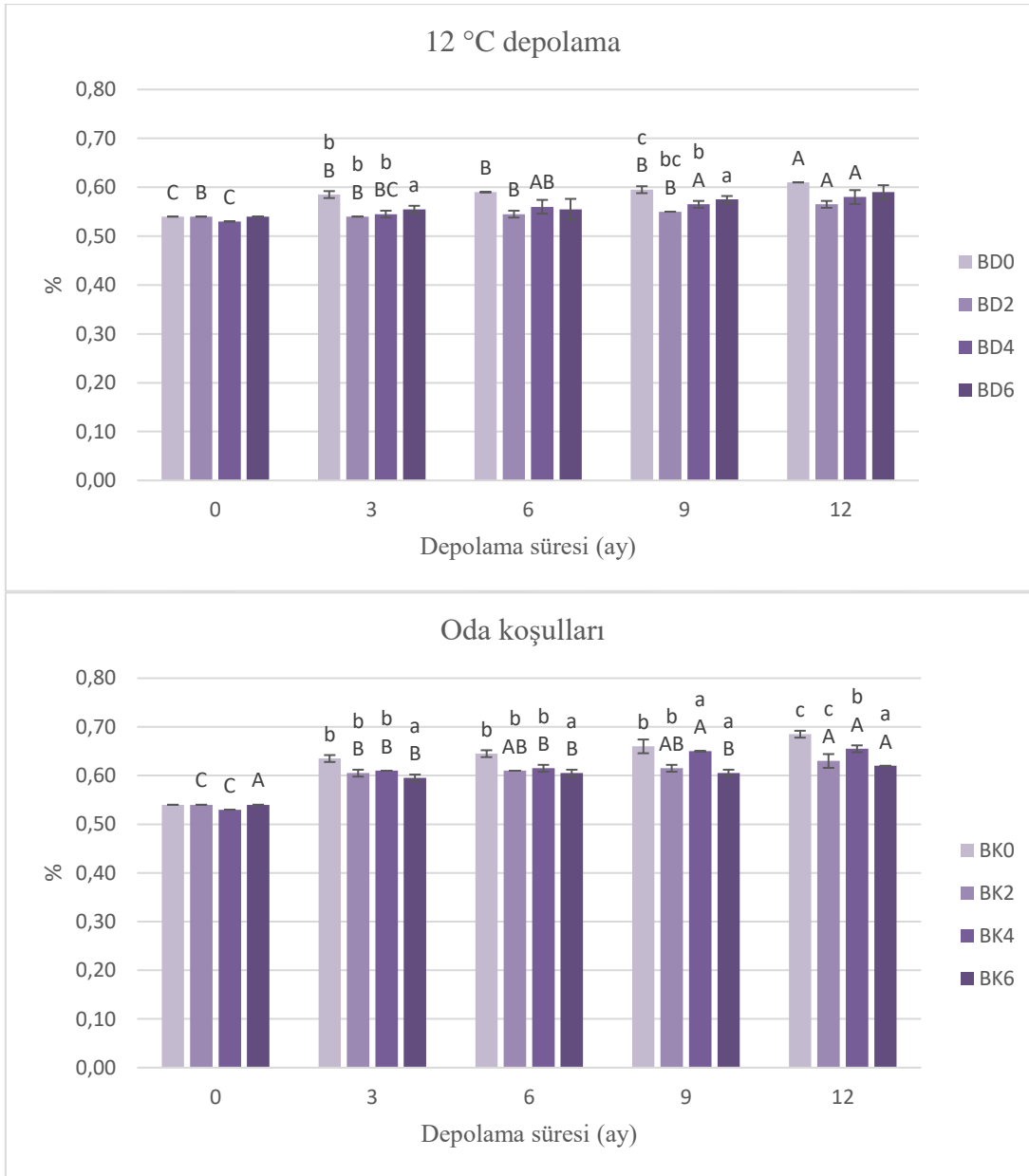
yağlarda yapraktan yağa geçen lipolitik enzimlerin serbest yağ asitliğini arttırdığı düşünülmektedir (Novoselic vd. 2023).



**Şekil 4.1:** Erken hasat zeytinyağlarının oda koşulları ve 12 °C’de depolanması süresince serbest yağ asitliği değişimi.

**a-c :** Aynı depolama süresi içinde, farklı harfleri taşıyan örnek ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p < 0,05$ ).

**A-C :** Farklı depolama sürelerinde aynı örneğin farklı harfleri taşıyan örnek ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p < 0,05$ ).



**Şekil 4.2:** Olgun hasat zeytinyağlarının oda koşulları ve 12 °C’de depolanması süresince serbest yağ asitliği değişimi.

**a-c :** Aynı depolama süresi içinde, farklı harfleri taşıyan örnek ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p<0,05$ ).

**A-C :** Farklı depolama sürelerinde aynı örneğin farklı harfleri taşıyan örnek ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p<0,05$ ).

#### 4.2.2 Peroksit değerindeki değişim

Erken ve olgun dönemde hasat edilen yağların oda koşulları ve 12 °C’da depolama koşullarında peroksit değerlerindeki değişim Şekil 4.3 ve 4.4’de gösterilmiştir. Erken hasat yağların peroksit değeri, olgun dönemde hasat edilen yağların peroksit değerleri ile benzerlik

göstermiştir. Çevik vd. (2014), farklı hasat dönemlerinde elde ettiklerin yağların peroksit değerlerinin benzer olduğunu belirlemişlerdir.

Çelik vd. (2021), Ayvalık çeşidine yaprak ilave ederek ürettikleri yağları oda sıcaklığında 12 ay süre ile depolamışlar ve peroksit değerinin depolama süresince arttığını, bunun yanında yaprak ilavesi uygulaması ile üretilen yağların peroksit değerlerinin kontrol örneğine kıyasla daha düşük olduğunu bildirmişlerdir.

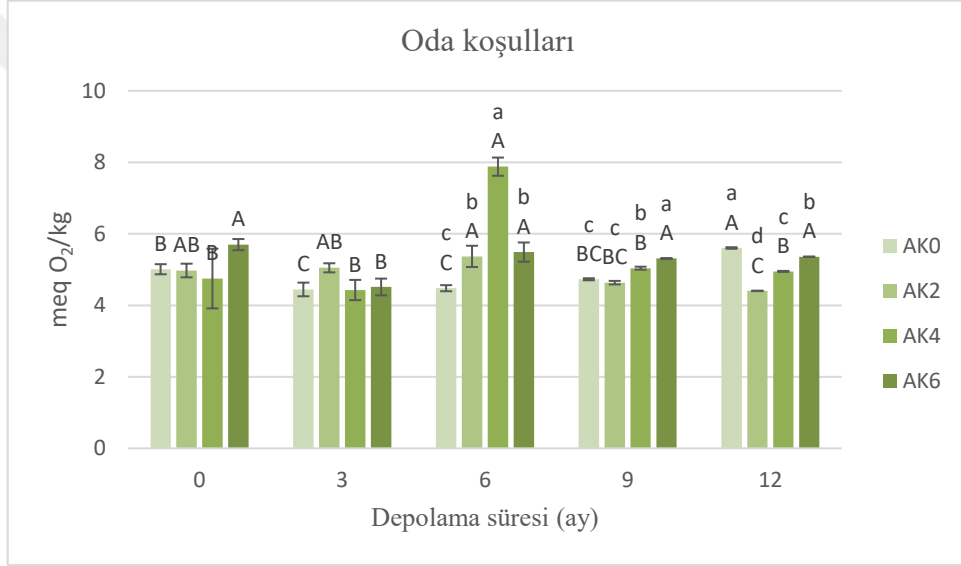
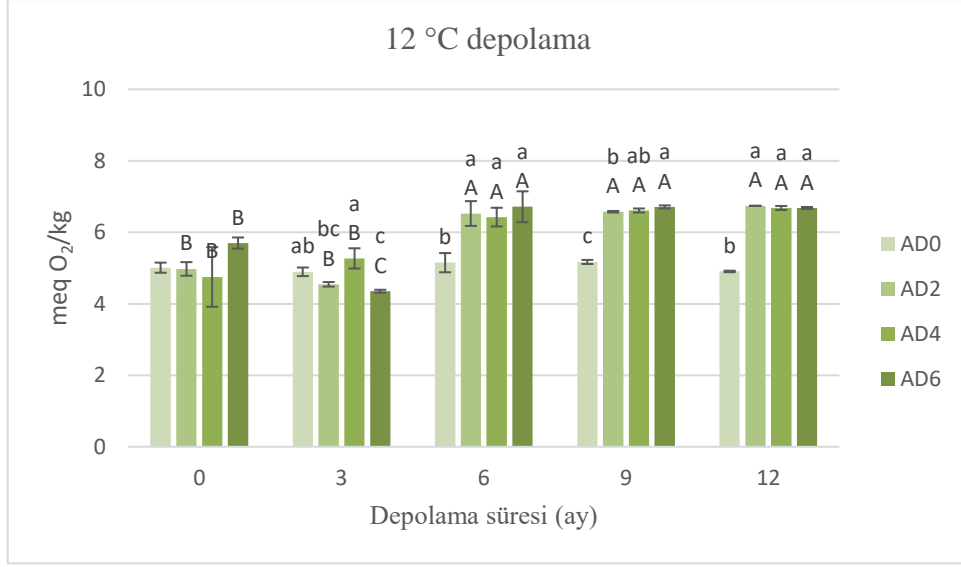
Gözüpek ve Otağ (2022), Patos çeşidi zeytinlere % 5 ve % 10 düzeyinde yaprak ilave ederek ürettikleri yağları soğuk ve oda koşullarında (karanlık ortam) depoladıklarında, yaprak ilave edilerek üretilen yağların depolama süresince peroksit değerlerindeki artışın kontrol örneğine kıyasla daha düşük bir eğilim sergilediğini belirlemişlerdir. Sıcaklığın yüksek olduğu depolama koşullarında kontrol ve yaprak örneklerinin peroksit değerlerinin daha fazla arttığı da ayrıca belirtilmiştir.

Novoselic vd. (2023), 6 ve 12 ay oda koşullarında (karanlık ortam) depoladıkları kontrol ve yaprak ilavesi uygulaması ile üretilen yağlarda, depolama süresince peroksit değerinde artış olduğunu ve 12 aylık depolama sonunda yaprak ilaveli örneklerin peroksit değerinin kontrol örneğine kıyasla daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir.

Gerek erken gerek olgun dönemde hasat edilen zeytinyağlarında iki farklı depolama süresince kısmi artışlar görülse de peroksit değerlerinin 8 meq O<sub>2</sub>/kg yağın altında kaldığı belirlenmiştir. Oda koşullarında depolama sırasında peroksit değerinde kısmi dalgalanmalar belirlenmiştir. Buna karşın, 12 °C’da depolama sırasında daha stabil artışların olduğu görülmüştür (Şekil 4.3 ve Şekil 4.4). Depolama süresince yaprak ilavesi uygulaması yağların peroksit değerlerinde kısmi artışlar oluştursa da Türk Gıda Kodeksi Zeytinyağı ve Pirina Yağı Tebliğinde (Tebliğ No:2017/26) Natürel Sızma Zeytinyağı kategorisi için belirtilen yasal limit olan 20 meq O<sub>2</sub>/kg’ın altında kalmıştır.

Elde edilen sonuçlar, Novoselic vd. (2023)’un bildirdiği sonuçlar ile benzerlik göstermesine karşın, Çelik vd. (2021), Gözüpek ve Otağ (2022)’in bildirdiği sonuçlardan farklılık sergilemiştir. Elde edilen sonuçların yukarıda bahsi geçen literatürlerden farklı olmasının nedenin özellikle zeytinlerin hasat dönemi, zeytinlerden yağ üretimi sırasındaki işlem koşulları ve lokasyon gibi farklılıklardan kaynaklı olabileceği düşünülmektedir.

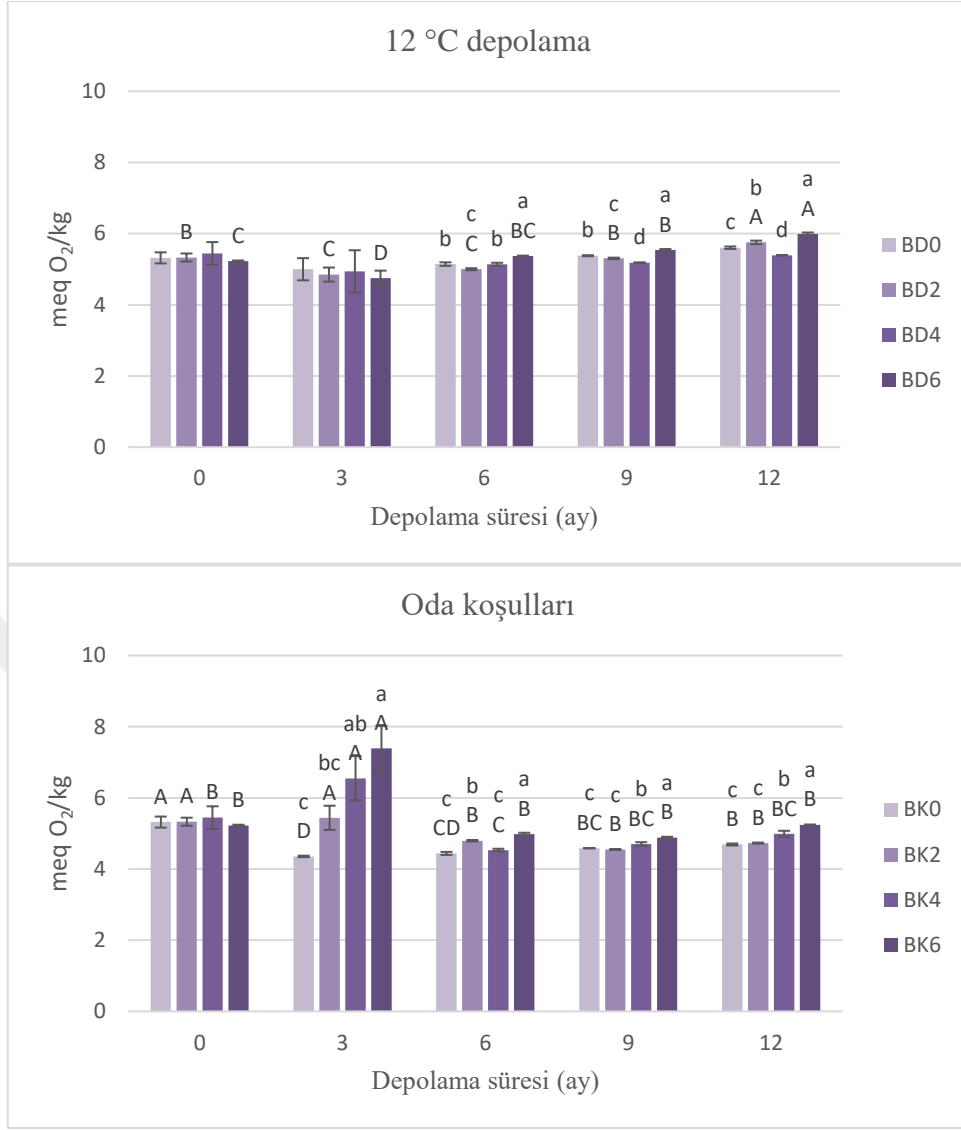




**Şekil 4.3:** Erken hasat zeytinyağlarının oda koşulları ve 12 °C’de depolanması süresince peroksit değerindeki değişimi.

**a-c :** Aynı depolama süresi içinde, farklı harfleri taşıyan örnek ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p<0,05$ ).

**A-C :** Farklı depolama sürelerinde aynı örneğin farklı harfleri taşıyan örnek ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p<0,05$ ).



**Şekil 4.4:** Olgun hasat zeytinyağlarının oda koşulları ve 12 °C’de depolanması süresince peroksit değerindeki değişimi

**a-d :** Aynı depolama süresi içinde, farklı harfleri taşıyan örnek ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p<0,05$ ).

**A-D :** Farklı depolama sürelerinde aynı örneğin farklı harfleri taşıyan örnek ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p<0,05$ )

#### 4.2.3 Konjuge dien ( $K_{232}$ ) ve trien ( $K_{270}$ ) değerlerindeki değişim

Erken ve olgun dönemde hasat edilen yağların oda koşulları ve 12 °C’da depolama koşullarında  $K_{232}$  değerlerindeki değişimi Şekil 4.5 ve Şekil 4.6’da gösterilmiştir.

Erken dönemde hasat edilen zeytinyağı örneklerinde gerek oda koşullarında gerekse de 12 °C’da saklanan örneklerde depolama süresince dalgalanmalar oluşmuştur. En yüksek  $K_{232}$  değeri 2,03 olarak belirlenmiştir. Bu belirlenen değer, Uluslararası Zeytin Konseyi (IOC,

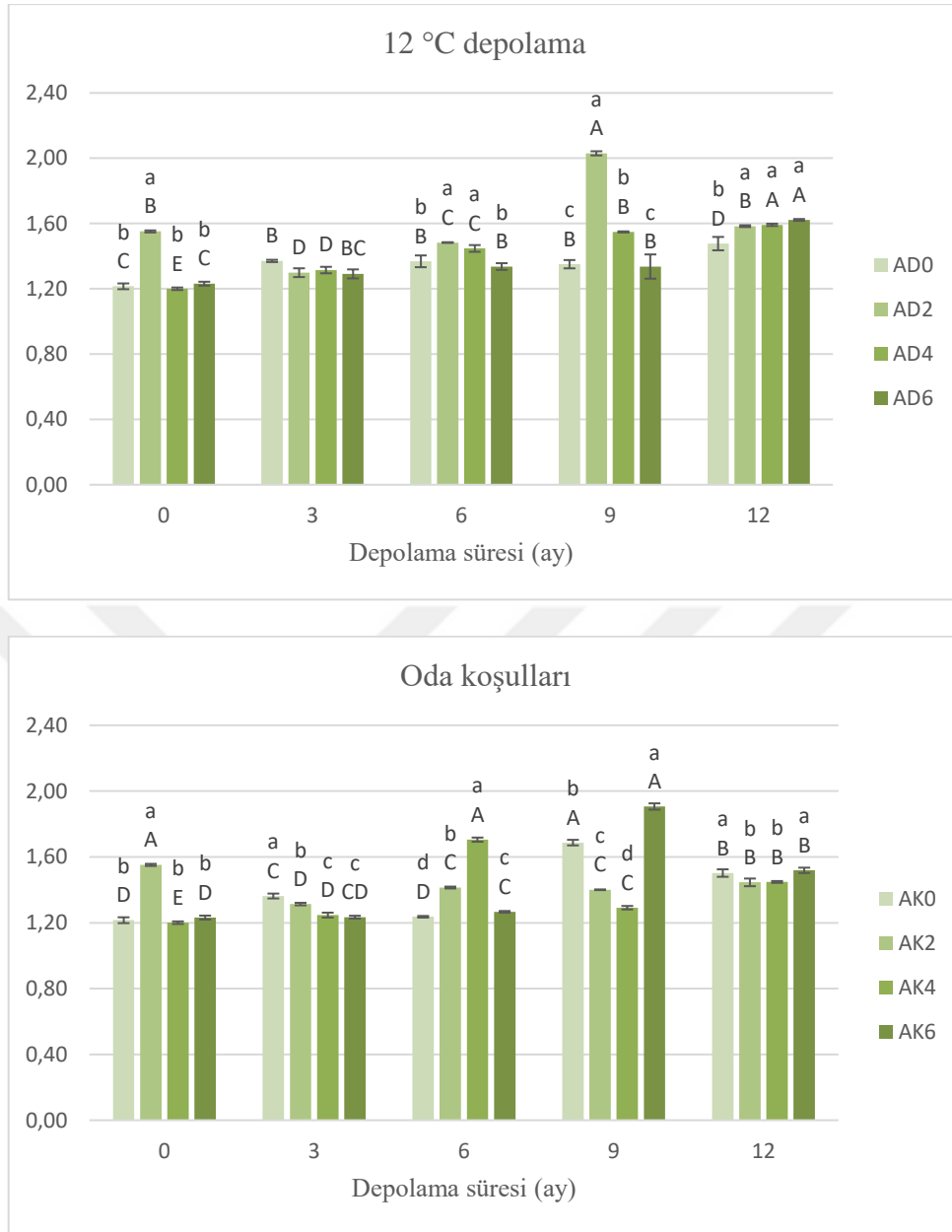
2019) tarafından bildirilen limit değer olan 2,50'nin altında kalmıştır. Depolama süresince, yaprak ilavesi uygulanarak üretilen yağlar, kontrol örneğine kıyasla kısmi olarak daha yüksek  $K_{232}$  değerleri sergilemiştir ( $p<0,05$ ).

Olgun hasat döneminde oda koşullarında ve 12 °C'da depolanan yağlarda zeytin yaprağı uygulaması ile üretilen yağların  $K_{232}$  değeri, kontrol örneğine kıyasla daha düşük bulunmuştur. 12 °C'da depolanan yağların  $K_{232}$  değerleri, oda koşullarında depolanan yağların  $K_{232}$  değerlerine kıyasla daha düşük belirlenmiştir. 12 ay oda koşullarında depolama sonunda kontrol örneğinin  $K_{232}$  değeri 2,27 olarak belirlenirken, yaprak uygulaması yapılan örneklere ise bu değer 1,63-1,81 aralığında değişim sergilemiştir.

Gözüpek ve Otağ (2022), Patos çeşidi zeytinlere % 5 ve % 10 düzeyinde yaprak ilave ederek ürettikleri yağları soğuk ve oda koşullarında (karanlık ortam) depoladıklarında, yaprak ilave uygulaması ile üretilen yağların depolama süresince  $K_{232}$  değerlerindeki artışın kontrol örneğine kıyasla daha yüksek bir eğilim sergilediğini belirlemişlerdir. Sıcaklığın yüksek olduğu depolama koşullarında kontrol ve yaprak örneklelerinin  $K_{232}$  değerlerinin daha fazla artığı da ayrıca belirtilmiştir.

Novoselic vd. (2023), 6 ve 12 ay oda koşulları ve karanlık bir yerde depoladıkları kontrol ve yaprak ilavesi uygulaması ile ürettikleri yağlarda depolama süresince  $K_{232}$  değerinde artış olduğunu ve 12 ay depolama sonunda yaprak ilaveli örneklelerinin  $K_{232}$  değerlerinin kontrol örneğine kıyasla daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir.

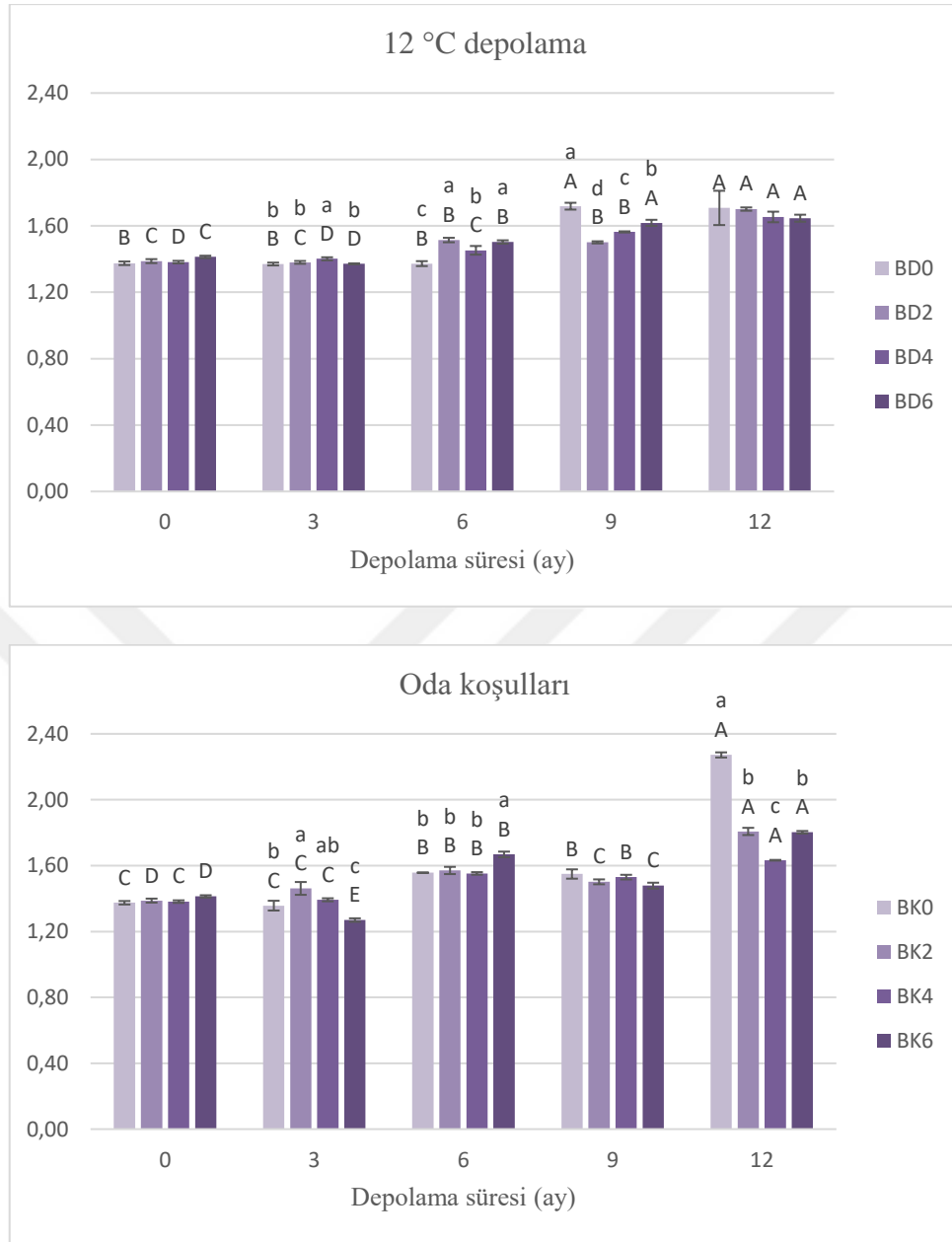
Erken hasat üretilen yağlar için elde edilen sonuçlar, Gözüpek ve Otağ (2022); Novoselic vd. (2023)'nin sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Olgun hasat döneminde ise yağların  $K_{232}$  değerleri oda koşullarında depolama sonunda ciddi artış sergilemiş ve yukarıda bahsi geçen literatür çalışmalarından farklılık göstermiştir. Olgun hasat döneminde elde edilen farklı sonuçların yukarıda bahsi geçen literatürlere farklı olmasının nedeninin özellikle zeytinlerin hasat dönemi, lokasyon ve üretim koşullarındaki farklılıklarından kaynaklanabileceği düşünölmektedir.



**Şekil 4.5:** Erken hasat zeytinyağlarının oda koşulları ve 12 °C’de depolanması süresince  $K_{232}$  değerindeki değişim.

**a-d :** Aynı depolama süresi içinde, farklı harfleri taşıyan örnek ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p<0,05$ ).

**A-E :** Farklı depolama sürelerinde aynı örneğin farklı harfleri taşıyan örnek ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p<0,05$ ).



**Şekil 4.6:** Olgun hasat zeytinyağlarının oda koşulları ve 12 °C’de depolanması süresince  $K_{232}$  değerlerindeki değişim.

**a-d :** Aynı depolama süresi içinde, farklı harfleri taşıyan örnek ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p<0,05$ ).

**A-E :** Farklı depolama sürelerinde aynı örneğin farklı harfleri taşıyan örnek ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p<0,05$ ).

Erken ve olgun dönemde hasat edilen yağların oda koşulları ve 12 °C’da depolama koşullarında  $K_{270}$  değerlerindeki değişim Şekil 4.7 ve Şekil 4.8’de gösterilmiştir.

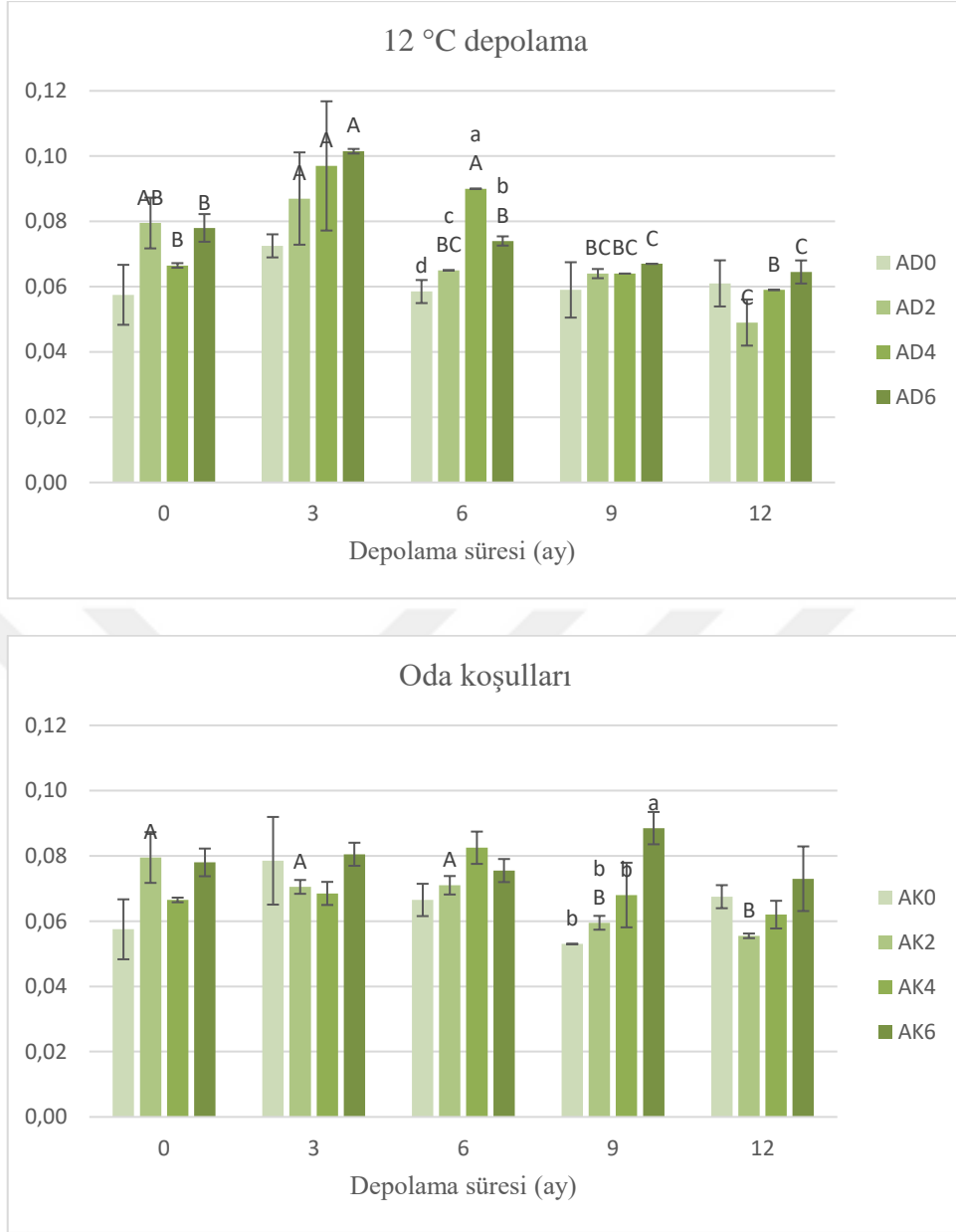
Erken hasat edilen yağlarda oda koşulları ve 12 °C’da depolama koşullarında dalgalanmalar görülmüş ve yaprak ilavesi uygulaması ile yağların  $K_{270}$  değerlerinde artış gözlenmiştir. Depolama süresince erken hasat yağlarda  $K_{270}$  değeri en yüksek 0,111 olarak belirlenmiştir.

Olgun hasat döneminde de depolama süresince yağ örneklerinde  $K_{270}$  değeri dalgalı bir seyir göstermiştir ( $p<0,05$ ). Oda koşullarındaki depolamada 12. ayda  $K_{270}$  değeri 0,15'e kadar yükselmiştir. Yaprak ilavesi,  $K_{270}$  değerini kontrol örneğine kıyasla depolama süresinin bazı dönemlerinde artırırken bazı dönemlerinde ise azaltmıştır. Gerek erken hasat gerek olgun hasat döneminde elde edilen  $K_{270}$  değerleri, Uluslararası Zeytin Konseyi (IOC, 2019) tarafından bildirilen limit değer olan 0,22'nin altında kalmıştır.

Gözüpek ve Otağ (2022), Patos çeşidi zeytinlere % 5 ve % 10 düzeyinde yaprak ilave uygulaması ile ürettikleri yağları soğuk ve oda koşullarında (karanlık ortam) depoladıklarında, yaprak ilave edilerek üretilen yağların depolama süresince  $K_{270}$  değerindeki artışın kontrol örneğine kıyasla daha yüksek bir eğilim sergilediğini belirlemişlerdir. Sıcaklığın yüksek olduğu depolama koşullarında kontrol ve yaprak örneklerinin  $K_{270}$  değerlerinin daha fazla arttığı da ayrıca belirtilmiştir.

Novoselic vd. (2023), 6 ve 12 ay oda koşullarında (karanlık ortam) depoladıkları kontrol ve yaprak ilavesi uygulaması ile ürettikleri yağlarda depolama süresince  $K_{270}$  değerinde artış olduğunu ve 12 ay depolama sonunda yaprak ilaveli örneklerin  $K_{270}$  değerinin kontrol örneğine kıyasla daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir.

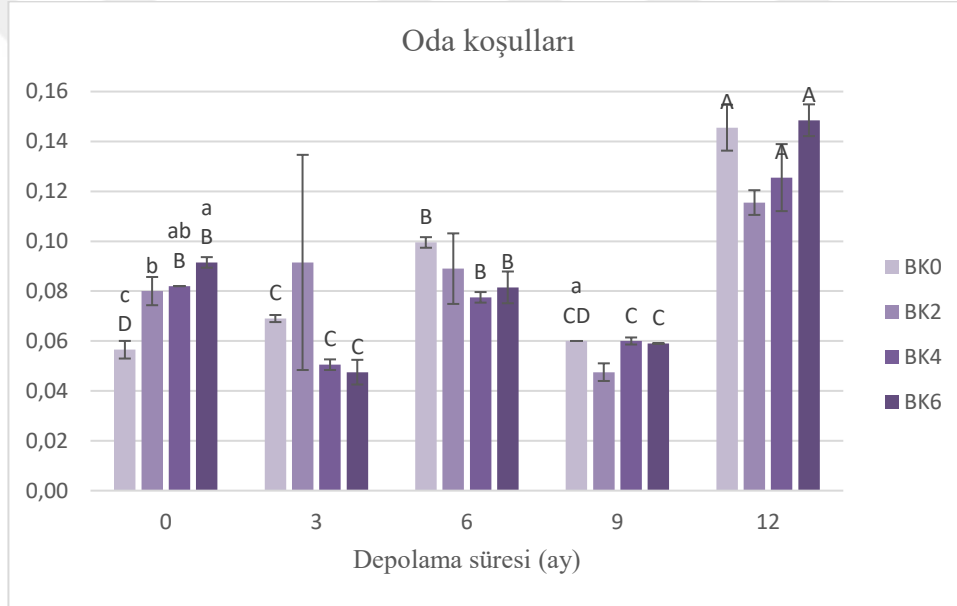
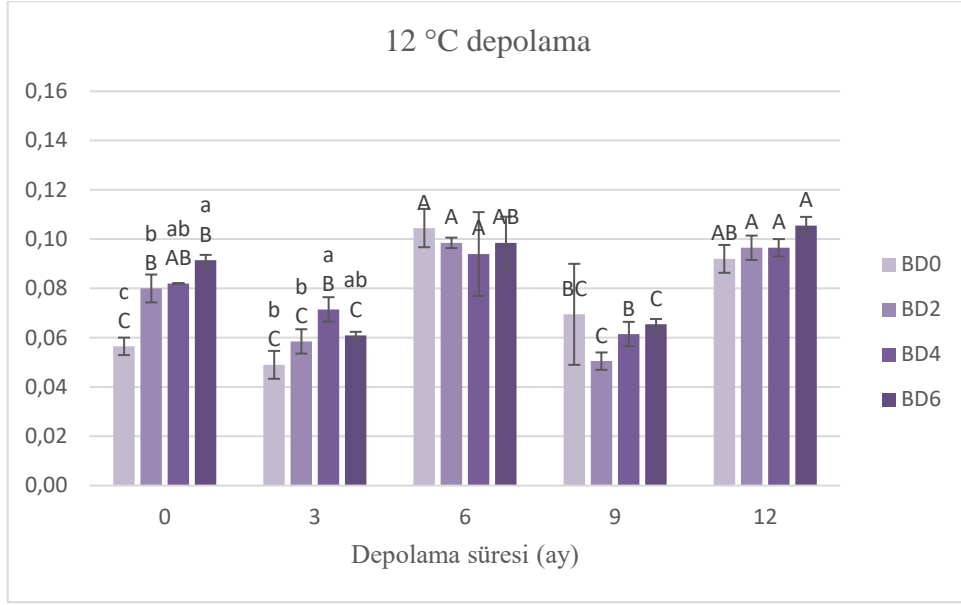
Erken hasat ve olgun hasat döneminde üretilen yağlar için elde edilen sonuçlar, Gözüpek ve Otağ (2022) ve Novoselic vd. (2023)'un sonuçları ile benzerlik göstermektedir.



**Şekil 4.7:** Erken hasat zeytinyağlarının oda koşulları ve 12 °C’de depolanması süresince  $K_{270}$  değerlerindeki değişim.

**a-d** : Aynı depolama süresi içinde, farklı harfleri taşıyan örnek ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p < 0,05$ ).

**A-C** : Farklı depolama sürelerinde aynı örneğin farklı harfleri taşıyan örnek ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p < 0,05$ ).



**Şekil 4.8:** Olgun hasat zeytinyağlarının oda koşulları ve 12 °C’de depolanması süresince  $K_{270}$  değerlerindeki değişim.

**a-c :** Aynı depolama süresi içinde, farklı harfleri taşıyan örnek ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p < 0,05$ ).

**A-D :** Farklı depolama sürelerinde aynı örneğin farklı harfleri taşıyan örnek ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p < 0,05$ ).



### **4.3 Yağ numunelerinin depolama sırasında renk parametrelerinde (toplam klorofil ve toplam karotenoit miktarında) meydana gelen değişiklikler**

Erken hasat zeytinyağlarında depolama öncesi kontrol grubunda toplam klorofil miktarı 1,45 mg/kg iken, yaprak ilavesi uygulaması ile üretilen yağlarda bu miktar 1,99-4,02 mg/kg arasında değişim göstermiştir (Şekil 4.9). Olgun hasat döneminde ise kontrol grubunda toplam klorofil miktarı 3,16 mg/kg iken yaprak uygulamalı örneklerde ise bu miktar 5,04-9,39 mg/kg aralığında tespit edilmiştir (Şekil 4.10).

Tablo 4.8’de yaprak ilavesi uygulamasının toplam klorofil miktarı üzerine etkileri konusunda elde edilen literatür çalışmaları özetlenmiştir. Nenadis vd. (2010), Malheiro vd. (2013), Sevim vd. (2013), Tarchoune vd. (2019), Baccouri vd. (2022), Gözüpek ve Otağ (2022), Mezghani vd. (2023) ve Novoselic vd. (2021)’nin yaptıkları çalışmalarda yaprak ilave edilen zeytinlerin yağlarında toplam klorofil miktarında artışlar belirlenmiştir. Marx vd. (2022b)’nin yaptığı çalışmada Arbequina yaprağı uygulaması ile üretilen zeytinyağının toplam klorofil miktarında artış gözlemlerken; Santulhana yaprağı uygulandığında ise toplam klorofil miktarında düşüş gözlemlenmiştir. Ayvalık çeşidinde yapılan bu çalışmada yaprak ilavesi uygulamasının yağların toplam klorofil miktarını arttırdığı ve Tablo 4.8’de sunulan çalışmalar ile benzerlik gösterdiği belirlenmiştir. Yaprak uygulamalı örneklerde klorofil miktarındaki artışın yağın işlenmesi sırasında yaprakların parçalanması sonucunda hücrelerdeki feotinlerin serbest kalarak yağa geçmesi ile açıklanabilmektedir (Novoselic vd. 2023).

**Tablo 4.8:** Toplam klorofil miktarına ilişkin literatür bilgileri.

İşlem koşulları	Yağa işleme metodu	Toplam klorofil			Değişim	Kaynaklar
		Hasat dönemi	Kontrol	Yaprak ilaveli		
İki hasat dönemi (2009 ve 2010) geç hasat zeytinlere (olgunlaşma indeksi 6 veya 7) % 1-10 yaprak ilavesi	Abencor sistemi	2010/2011	1,8	1,4-2,9	Yaprak ilavesi ile genel artış gözlenmiş olup % 2,5 yaprak ilavesine özgü kısmi düşüş gözlenmiştir	Malheiro vd. (2013)
2016/2017 hasat döneminde Neb Jmel ve Oueslati çeşitlerine % 3 yaprak ilavesi	Laboratuvar tipi sistem 25 °C'da 30 dakika yoğurma	Çeşit	Kontrol	Yaprak ilaveli	Yaprak ilavesine bağlı olarak artış gözlenmiştir.	Tarchoune vd. (2019)
Leccino çeşidi (olgunlaşma indeksi 3.16-pembe) % 2.5 yaprak ilavesi	Endüstriyel sistem 25 °C'da 30 dakika yoğurma, iki fazlı dekantör	Yaprak ilaveli yağda klorofil değeri yaklaşık 10 mg/kg iken, kontrol örneğinde yaklaşık 6,5 mg/kg'dır.			Yaprak ilavesi ile artış gözlenmiştir.	Novoselic vd. (2023)
2008-2009 ve 2009-2010 sezonu Memecik zeytini(erken hasat ve geç hasat) % 0, % 1ve % 3 yaprak ilavesi	Abencor sistem 30 °C'de minimum 30 dakika	Yaprak özelliği	Kontrol	Yaprak ilaveli	Yaprak ilavesiyle klorofil miktarlarında artış gözlemlenmektedir.  Depolama süresi arttıkça klorofil miktarı azalmaktadır.	Sevim vd. (2013)
Patos çeşidi zeytin (2009-Trabzon) % 5 ve %10 yaprak ilave edilmiştir ve farklı depolama koşullarında 12 hafta gözlemlenmiştir.	Abencor sistemi 30 °C'nin altında 45 dakika yoğurma, iki fazlı dekantör	Depolama Koşulları	Kontrol	Yaprak ilaveli	Yaprak ilavesi ile artış gözlemlenmiştir.	Gözüpek ve Otağ (2022)
		Karanlık	4,45	6,71-8,74		
		Aydınlık		6,82-8,47		
		Sıcak		5,46-7,88		
		Soğuk		6,59-7,72		

**Tablo 4.8:** (devam).

Konservolia çeşidinde genç ve olgun yapraklar % 5, % 10 ve % 15 ilave edilmiştir.	Laboratuvar tipi sistem	Yaprak özelliği	Kontrol	Yaprak ilaveli	Yaprak ilavesine bağlı olarak artış belirlenmiştir.	Nenadis vd. (2010)
		Genç	4,5	7,1-24,0		
		Olgun	4,8	25,5-88,7		
Chemlali zeytin çeşidine % 1, % 3, % 5 ve % 10 yaprak ilavesi	Abencor sistemi 25 °C'ın altında 30 dakika yoğurma	Kontrol	1,68	Yaprak ilavesi ile artış belirlenmiştir.	Baccouri vd. (2022)	
		% 1 yaprak	1,9			
		% 3 yaprak	2,28			
		% 5 yaprak	2,54			
		% 10 yaprak	4,7			
Chemlali zeytin çeşidine (olgunlaşma indeksi 4.46) % 1, % 2, % 5, % 10 ve % 20 yaprak ilavesi	Abencor sistemi 26 °C'ın altında 30 dakika yoğurma	Kontrol	4,31	Yaprak ilavesi ile kısmi artış belirlenmiştir.	Mezghani vd. (2023)	
		% 1 yaprak	9,68			
		% 2 yaprak	9,68			
		% 5 yaprak	14,23			
		% 10 yaprak	12,04			
		% 20 yaprak	21,62			
Arbequina zeytin çeşidi (% 1 Arbequina yaprağı ve % 1 Santulhana yaprağı)	Endüstriyel üretim	Kontrol	3,68	Arbequina yaprağı ilavesiyle artış gözlemlenirken, Santulhana yaprağı ilavesiyle düşüş gözlemlenmiştir.	Marx vd. (2022b)	
		Arbequina yaprağı ile	3,88			
		Santulhana yaprağı ile	3,01			

Erken ve olgun dönem zeytinyağlarında oda sıcaklığı ve 12 °C'da depolama koşullarında toplam klorofil miktarlarındaki değişim Şekil 4.9 ve 4.10'da gösterilmiştir. Her iki hasat döneminde yağ örneklerinde depolama ile toplam klorofil miktarında kısmi kayıplar gerçekleşmiştir.

Erken hasat döneminde 12 °C'da depolanan yağ örneklerinde 12 ay sonunda kontrol örneğinde toplam klorofil miktarı 1,0350 mg/kg'a kadar düşüş gösterirken % 6 yaprak uygulanan örneklerde ise toplam klorofil miktarı 3,7050 mg/kg'a kadar düşüş sergilemiştir. Oda koşullarında depolanan yağ örneklerinde ise 12 ay depolama sonunda kontrol örneğinde toplam klorofil miktarı 0,8500 mg/kg'a, % 6 yaprak ilaveli örnekte ise bu değer 3,4150 mg/kg'a kadar düşmüştür.

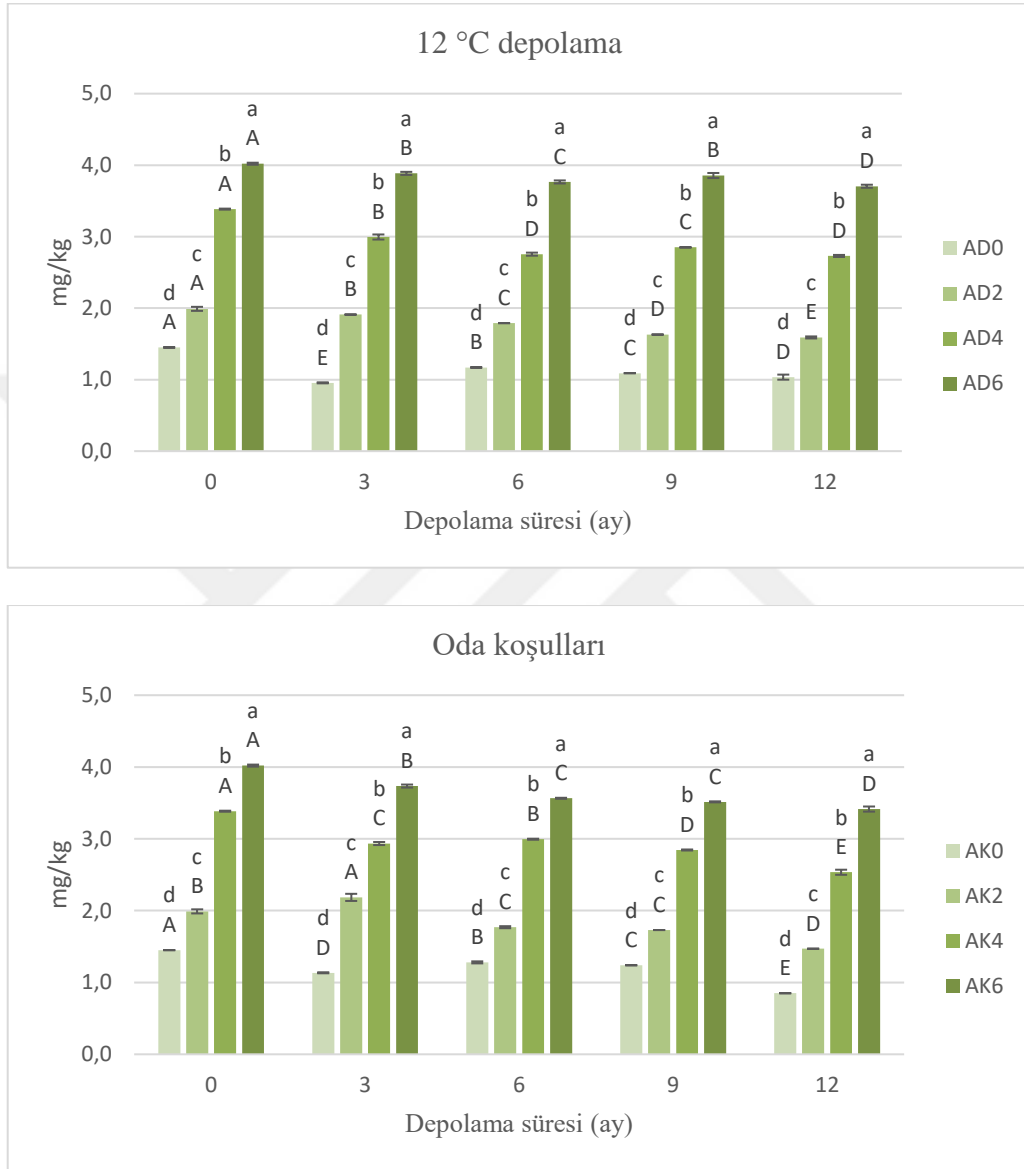
Olgun hasat döneminde oda koşullarında depolanan yağ örneklerinde 12 aylık depolama sonunda kontrol örneğinde toplam klorofil miktarı 2.5700 mg/kg iken % 6 yaprak uygulanan örnekte ise bu değer 7,5850 mg/kg olarak belirlenmiştir. 12 °C'da depolanan yağ örneklerinde ise depolama sonunda kontrol örneğinde toplam klorofil 1,9000 mg/kg iken % 6 yaprak ilaveli yağ örneğinde ise 7,6250 mg/kg olarak belirlenmiştir.

Sevim vd. (2013), % 1 ve % 3 yaprak uygulaması yaptıkları Memecik zeytinyağlarını oda koşullarında (karanlık ortam) 18 ay süre ile depolamışlar ve depolama sürecinde yaprak uygulaması yapılan yağlarda toplam klorofil içeriği kontrol örneğine göre daha yüksek değerler sergilemiştir.

Gözüpek ve Otağ (2022), Patos çeşidi zeytinlere % 5 ve % 10 düzeyinde yaprak ilave ederek ürettikleri yağları soğuk ve oda koşullarında (karanlık ortam) depoladıklarında, yaprak ilave edilerek üretilen yağların depolama süresince toplam klorofil içeriği kontrol örneğine kıyasla daha yüksek bir eğilim sergilemiştir. Ayrıca sıcaklığın yüksek olduğu depolama koşullarında yağ örneklerinde toplam klorofil içeriğindeki azalma daha fazla belirlenmiştir.

Novoselic vd. (2023), 6 ve 12 ay oda koşullarında (karanlık ortam) depoladıkları kontrol ve yaprak uygulamalı yağlarda depolama süresince toplam klorofil miktarında düşüş olduğunu ve yaprak uygulamalı örneklerin toplam klorofil içeriğinin kontrol örneğine kıyasla depolama süresince daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir.

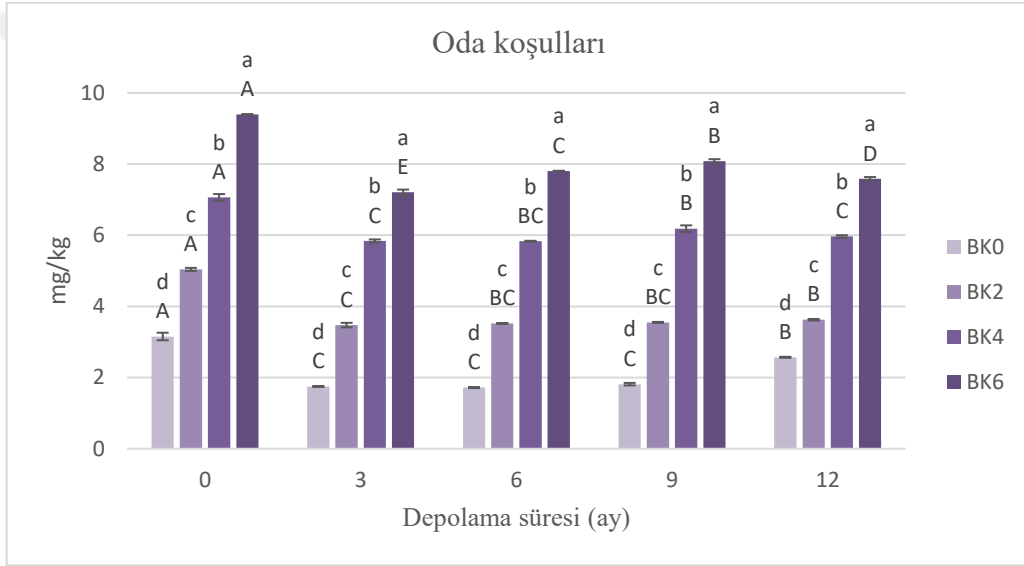
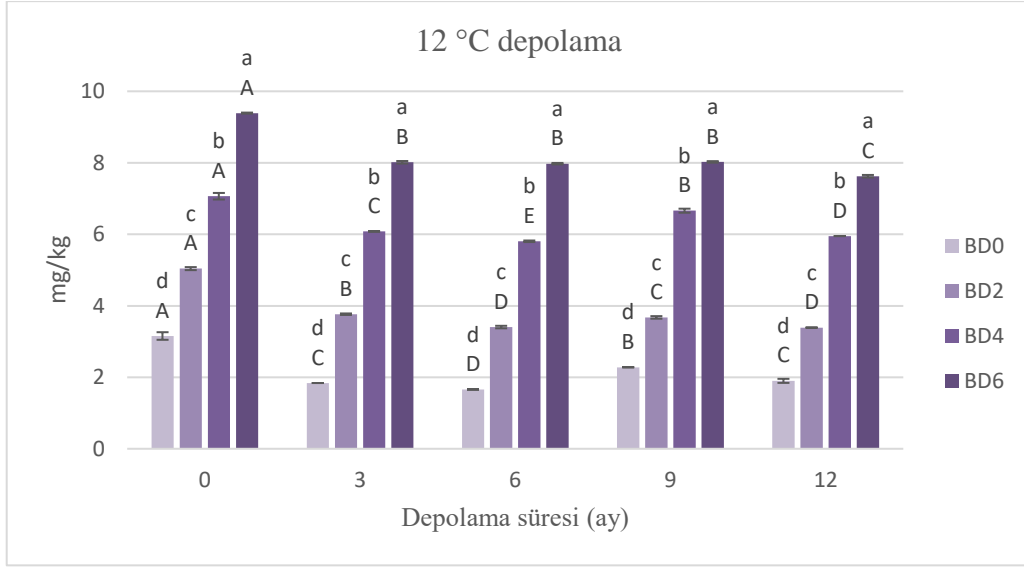
Çalışma sonuçları, Sevim vd. (2013), Gözüpek ve Otağ (2022); Novoselic vd. (2023)'nin bildirdiği sonuçlar ile benzerlik göstermektedir.



**Şekil 4.9:** Erken hasat zeytinyağlarının oda koşulları ve 12 °C’de depolanması süresince toplam klorofil miktarındaki değişim.

**a-d :** Aynı depolama süresi içinde, farklı harfleri taşıyan örnek ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p < 0,05$ ).

**A-E :** Farklı depolama sürelerinde aynı örneğin farklı harfleri taşıyan örnek ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p < 0,05$ ).



**Şekil 4.10:** Olgun hasat zeytinyağlarının oda koşulları ve 12 °C’de depolanması süresince toplam klorofil miktarındaki değişim.

**a-d :** Aynı depolama süresi içinde, farklı harfleri taşıyan örnek ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p<0,05$ ).

**A-E :** Farklı depolama sürelerinde aynı örneğin farklı harfleri taşıyan örnek ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p<0,05$ ).

Erken hasat zeytinyağlarında depolama öncesi kontrol grubunda toplam karotenoit miktarı 1,53 mg/kg iken, yaprak ilavesi uygulaması ile üretilen yağlarda bu miktar 1,85-3,15 mg/kg arasında değişim göstermiştir (Şekil 4.11). Olgun hasat döneminde ise kontrol grubunda toplam karotenoit miktarı 51,50 mg/kg iken yaprak uygulamalı örneklerde ise bu miktar 82,23-153,16 mg/kg aralığında tespit edilmiştir (Şekil 4.12).

Tablo 4.9’da yaprak ilavesi uygulamasının toplam karotenoit miktarı üzerine etkileri konusunda elde edilen literatür çalışmaları özetlenmiştir. Malheiro vd. (2013), Tarchoune vd. (2019), Baccouri vd. (2022), Marx vd. (2022b), Mezghani vd. (2023) ve Novoselic vd. (2023), yaptıkları çalışmalarda yaprak uygulaması yapılan yağlarda toplam karotenoit miktarının arttığını gözlemlemiştir. Ayvalık çeşidinin kullanıldığı bu çalışmanın sonuçları Tablo 4.9’da derlenen literatür çalışma sonuçları ile benzerlik göstermektedir.

**Tablo 4.9:** Toplam karotenoit miktarına ilişkin literatür bilgileri.

İşlem koşulları	Yağa işleme metodu	Toplam karotenoit			Değişim	Kaynaklar
		Hasat dönemi	Kontrol	Yaprak ilaveli		
İki hasat dönemi (2009 ve 2010) geç hasat zeytinlere (olgunlaşma indeksi 6 veya 7) % 1-10 yaprak ilavesi	Abencor sistemi	2010/2011	1,6	2,2-4,4	Yaprak ilavesi ile artış gözlenmiştir	Malheiro vd. (2013)
2016/2017 hasat döneminde Neb Jmel ve Oueslati çeşitlerine % 3 yaprak ilavesi	Laboratuvar tipi sistem 25 °C'da 30 dakika yoğurma	Çeşit	Kontrol	Yaprak ilaveli	Yaprak ilavesine bağlı olarak artış gözlenmiştir.	Tarchoune vd. (2019)
		Neb Jmel	2,95	5,21		
		Oueslati	2,76	7,26		
Leccino çeşidi (olgunlaşma indeksi 3.16-pembe) % 2.5 yaprak ilavesi	Endüstriyel sistem 25 °C'da 30 dakika yoğurma, iki fazlı dekantör	Yaprak ilaveli yağda karotenoid değeri yaklaşık 6 mg/kg iken, kontrol örneğinde yaklaşık 4,5 mg/kg'dır.			Yaprak ilavesi ile artış gözlenmiştir.	Novoselic vd. (2023)
Chemlali zeytin çeşidine % 1, % 3, % 5 ve % 10 yaprak ilavesi	Abencor sistemi 25 °C'ın altında 30 dakika yoğurma	Kontrol	1,02		Yaprak ilavesi ile artış belirlenmiştir.	Baccouri vd. (2022)
		% 1 yaprak	1,03			
		% 3 yaprak	1,12			
		% 5 yaprak	2,20			
		% 10 yaprak	7,17			
Chemlali zeytin çeşidine (olgunlaşma indeksi 4.46) % 1, % 2, % 5, % 10 ve % 20 yaprak ilavesi	Abencor sistemi 26 °C'ın altında 30 dakika yoğurma	Kontrol	2,60		Yaprak ilavesi ile artış belirlenmiştir.	Mezghani vd. (2023)
		% 1 yaprak	4,89			
		% 2 yaprak	4,89			
		% 5 yaprak	7,07			
		% 10 yaprak	7,13			
		% 20 yaprak	12,70			
Arbequina zeytin çeşidi (%1 Arbequina yaprağı ve %1 Santulhana yaprağı)	Endüstriyel üretim	Kontrol	2,51		Yaprak ilavesine bağlı olarak artış gözlemlenmiştir.	Marx vd. (2022b)
		Arbequina yaprağı ile	2,85			
		Santulhana yaprağı ile	2,57			

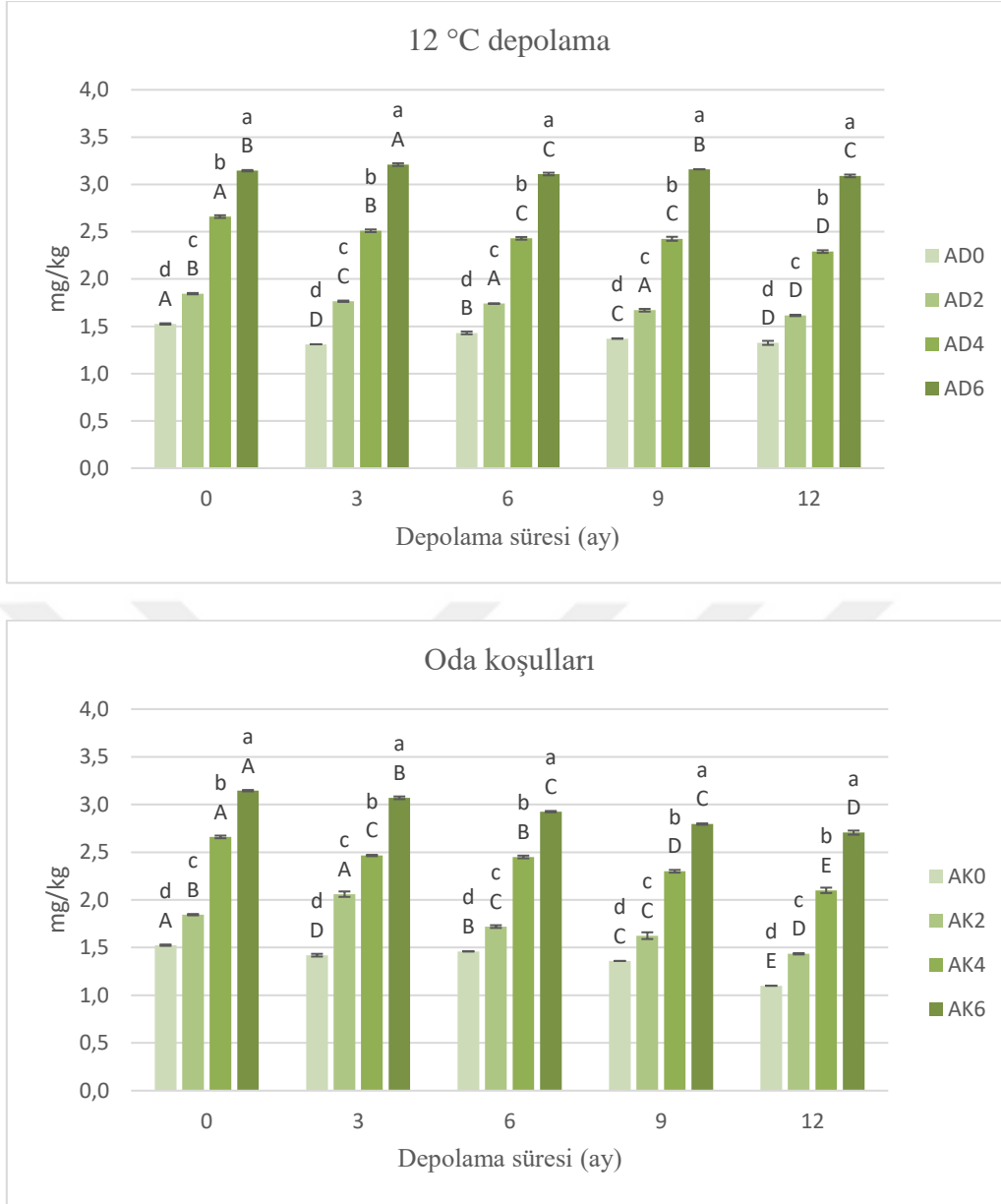


Erken hasat zeytinyağlarında 12 °C’da depolamanın (12 ay) sonunda kontrol örneğinde toplam karotenoit miktarı 1,33 mg/kg’a kadar düşüş gösterirken % 6 yaprak uygulanan örneklerde ise toplam karotenoit miktarı 3,09 mg/kg’a kadar düşmüştür. Oda koşullarında depolanan yağ örneklerinde ise depolama sonunda kontrol örneğinde toplam karotenoit miktarı 1,10 mg/kg’a % 6 yaprak ilaveli örnekte ise bu değer 2,71 mg/kg’a kadar düşmüştür.

Olgun hasat zeytinyağlarında oda koşullarında depolamanın (12 ay) sonunda kontrol örneğinde toplam karotenoit miktarı 41,92 mg/kg iken % 6 yaprak uygulanan örnekte ise bu değer 123,75 mg/kg olarak belirlenmiştir. 12 °C’da depolanan yağ örneklerinde ise depolama sonunda kontrol örneğinde toplam karotenoit miktarı 31,01 mg/kg iken % 6 yaprak ilaveli yağ örneğinde ise 124,41 mg/kg olarak belirlenmiştir.

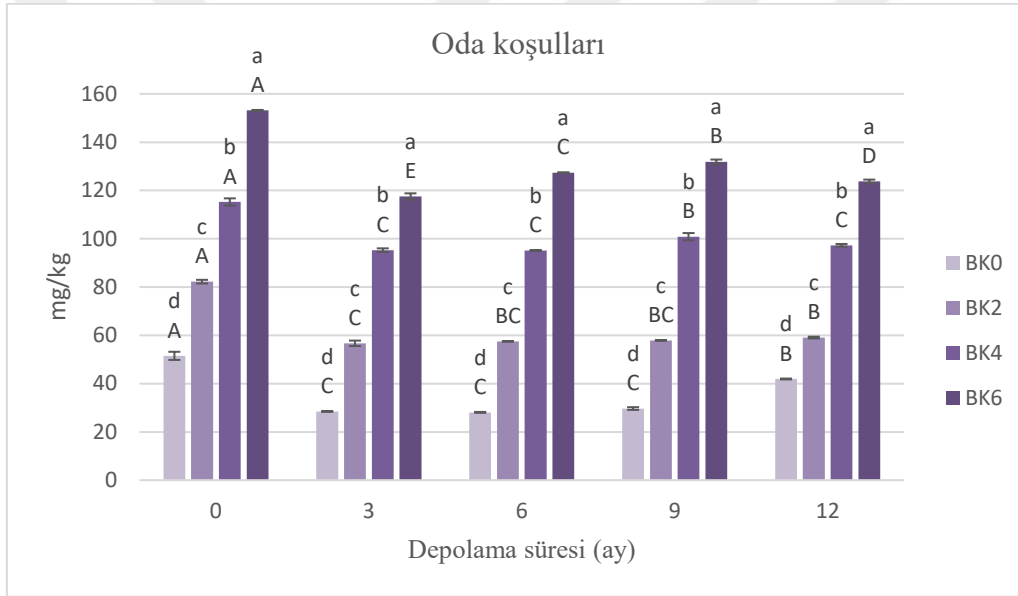
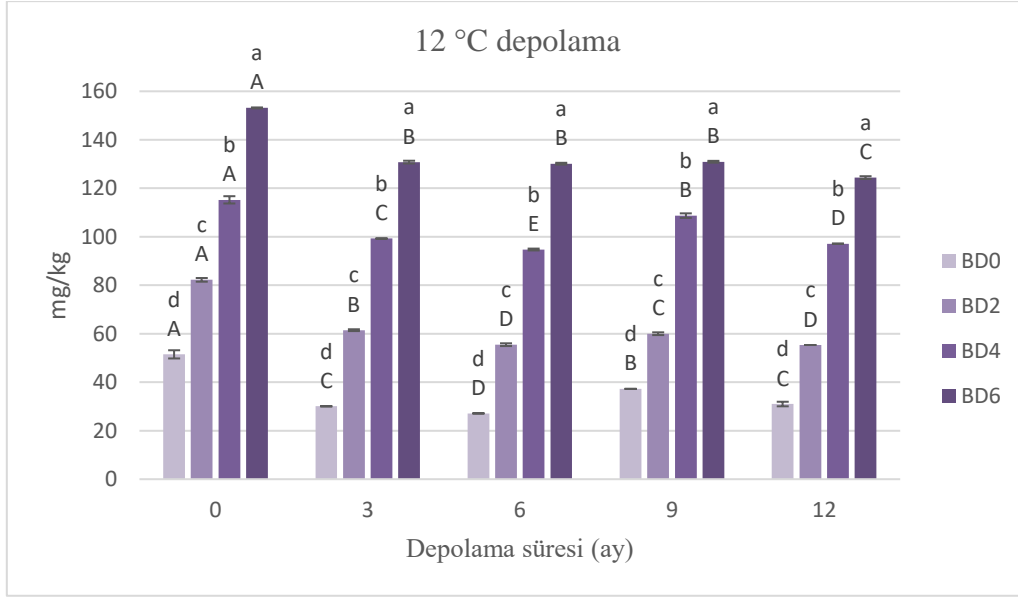
Novoselic vd. (2023), 6 ve 12 ay oda koşullarında (karanlık ortam) depoladıkları kontrol ve yaprak uygulamalı yağlarda depolama süresince toplam karotenoit miktarında düşüş olduğunu ve yaprak uygulamalı örneklerin toplam karotenoit miktarının kontrol örneğine kıyasla depolama süresince daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir.

Çalışma sonuçları, Novoselic vd. (2023)’un depolama için bildirdiği sonuçlar ile benzerlik göstermektedir.



**Şekil 4.11:** Erken hasat zeytinyağlarının oda koşulları ve 12 °C’de depolanması süresince toplam karotenoid miktarındaki değişim.

- a-d :** Aynı depolama süresi içinde, farklı harfleri taşıyan örnek ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p < 0,05$ ).
- A-E :** Farklı depolama sürelerinde aynı örneğin farklı harfleri taşıyan örnek ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p < 0,05$ ).



**Şekil 4.12:** Olgun hasat zeytinyağlarının oda koşulları ve 12 °C’de depolanması süresince toplam karotenoid miktarındaki değişim.

**a-d :** Aynı depolama süresi içinde, farklı harfleri taşıyan örnek ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p < 0,05$ ).

**A-E :** Farklı depolama sürelerinde aynı örneğin farklı harfleri taşıyan örnek ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p < 0,05$ ).

#### **4.4 Yağ numunelerinin depolama sırasında bazı fenolik bileşimlerinde meydana gelen değişiklikler**

Zeytinyağı örneklerinde toplamda 8 fenolik madde tespit edilmiştir. Bu fenolik maddeler: tirozol, hidroksitirozol, oleuropein, naringenin, *p*-kumarik asit, genistein, apigenin ve kamferoldür. Gerek erken hasat gerekse de olgun hasat zeytinyağı örneklerinde en fazla belirlenen fenolik maddeler oleuropein, hidroksitirozol ve tirozoldür. Yaprak ilavesi uygulaması ile bu bileşenlerin miktarında artışlar belirlenmiştir.

Ammar vd. (2017), Chemlali, Chétoui, Zalmati ve melez zeytin (Chemlali çeşidi Zalmati çeşidi tarafından melezlenmiş) çeşitlerine % 3 oranında yaprak ilave ederek ürettikleri yağların fenolik bileşimini incelemişlerdir. Yaprak ilavesi uygulamasının yağların fenolik madde bileşiminde arttırıcı role sahip olduğunu belirlemişlerdir. Ayvalık çeşidinde yapılan bu çalışmada da yaprak ilavesi uygulaması ile üretilen yağların fenolik madde içeriklerinin artış sergilediği ve bu bağlamda Ammar vd. (2017)'nin çalışmaları ile benzerlik göstermektedir.

Tirozol ve hidroksitirozol gibi basit fenoller, sırası ile oleuropein aglikon ve ligstrosit aglikonun hidrolizi ile oluşmaktadır (Boskou 2008). Hidroksitirozol miktarı, başlangıç aşamasında erken hasat edilen kontrol grubu yağlarda 0,4950 mg/kg iken yaprak uygulaması ile bu bileşenin miktarının arttığı ve % 6 yaprak uygulamalı yağ örneğinde 1,2850 mg/kg olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.13). Depolama öncesi olgun hasat zeytinyağlarında kontrol grubunda hidroksitirozol miktarı 0.2950 mg/kg iken yaprak ilavesi ile bu bileşenin miktarı artış göstermiş ve % 6 yaprak uygulanan yağ örneğinde 1,3050 mg/kg düzeyinde belirlenmiştir (Şekil 4.14).

Tirozol bileşeni de hidroksitirozol de olduğu gibi yaprak ilavesi uygulamasına bağlı olarak kontrol örneklerine kıyasla daha fazla miktarda belirlenmiştir. Üretimin başlangıcında erken hasat yağlardan kontrol grubunda tirozol miktarı 0,3250 mg/kg iken % 6 yaprak uygulamalı yağ örneğinde ise bu miktar 1.0850 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.15) Olgun hasat yağlardan kontrol grubunda tirozol miktarı 0,2450 mg/kg iken % 6 uygulamalı örneklerde ise bu miktar 1,2550 mg/kg olarak belirlenmiştir (Şekil 4.16).

Ammar vd. (2017), Chemlali, Chétoui, Zalmati ve melez zeytin (Chemlali çeşidi Zalmati çeşidi tarafından melezlenmiş) çeşitlerine % 3 oranında yaprak ilave ederek ürettikleri

yağlarda Chemlali ve Chétoui çeşitlerinin yağlarında tirozol ve hidroksitirozolün miktarının % 3 yaprak uygulaması ile arttığını bildirmişlerdir.

Marx vd. (2022a), Arbequina ve Santulhana çeşitlerinin yapraklarını % 1 oranında Arbequina çeşidine ilave ederek ürettikleri yağlarda, Arbequina çeşidinin yaprağı uygulanan yağlarda hidroksitirozol ve tirozol miktarının kısmi azalış sergilediğini, buna karşın Santulhana çeşidi yaprağı uygulanan yağlarda ise bu iki bileşenin miktarının arttığını belirlemişlerdir.

Baccouri vd. (2022), yabancı zeytin yapraklarını farklı oranlarda (% 1, % 3, % 5 ve % 10) Chemlali çeşidine ilave ederek ürettikleri yağlarda, yaprak ilavesi hidroksitirozol miktarını artırırken, tirozol miktarında kısmi azalışlar belirlemişlerdir.

Üretim başlangıcında hidroksitirozol için elde edilen sonuçlar, Ammar vd. (2017) ve Baccouri vd. (2022)'un sonuçları ile ve Marx vd. (2022a)'un sonuçlarının bir kısmı ile benzerlik göstermektedir. Tirozol için elde edilen sonuçlar ise Ammar vd. (2017)'un sonuçları ile ve Marx vd. (2022a)'un sonuçlarının bir kısmı ile benzerlik göstermesine karşın Baccouri vd. (2022)'nin sonuçları ile farklılık sergilemektedir.

Marx vd. (2022a), tirozol ve hidroksitirozol içeriğindeki artışın yaprakların oleuropein veya ligstrosit bileşenlerini hidrolize ve enzimatik parçalanmasına katkıda bulunması ile ilişkili olabileceğini bildirmişlerdir. Sonuçlar arasındaki bu farklılığa bu durumda etkili olabileceği düşünülmektedir.

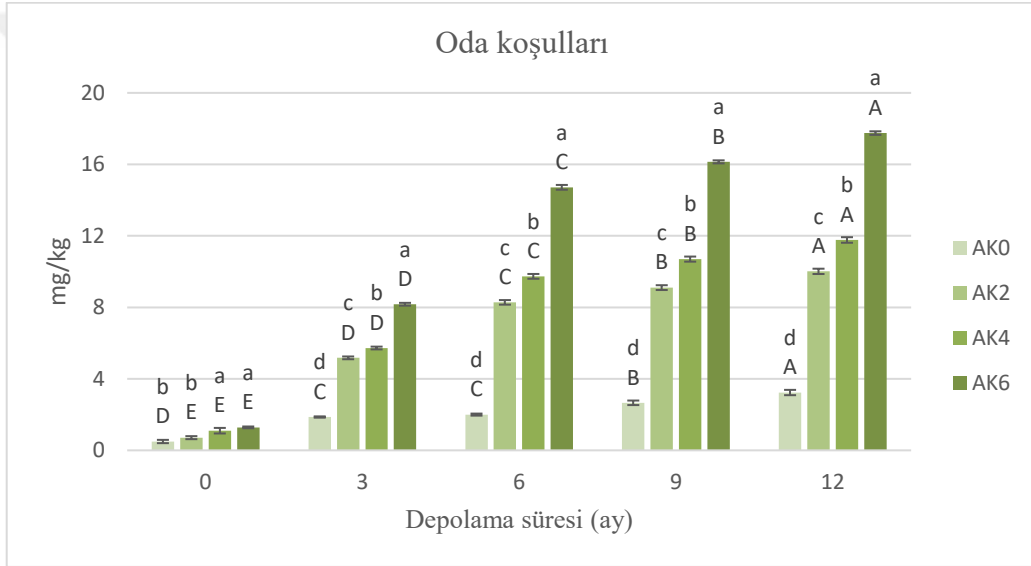
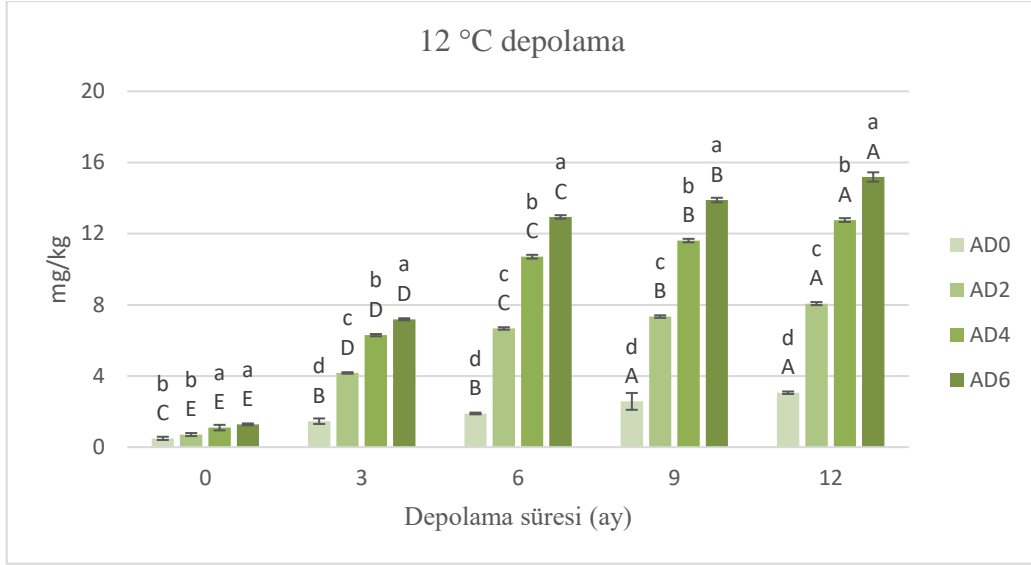
Hidroksitirozol, hem erken hasat hem de olgun hasat zeytinyağlarında depolama ile birlikte artış sergilemektedir ( $p<0,05$ ). Erken hasat yağlarda oda koşulları ve 12 °C'da depolama sonunda kontrol örneklerinde hidroksitirozol miktarı sırası ile 3,2350 mg/kg ve 3,0600 mg/kg olarak belirlenmiştir. % 6 yaprak uygulananlarda oda koşulları ve 12 °C'da depolama sonunda hidroksitirozol miktarı sırası ile 17,7500 mg/kg ve 15,1850 mg/kg olarak belirlenmiştir. Olgun hasat zeytinyağlarında oda koşulları ve 12 °C'da depolama sonunda kontrol örneklerinde hidroksitirozol miktarı sırası ile 3,000 mg/kg ve 2,7900 mg/kg olarak belirlenirken, % 6 yaprak uygulananlarda ise oda koşulları ve 12 °C'da depolama sonunda bu bileşen sırası ile 16,9900 mg/kg ve 12,6150 mg/kg düzeyinde tespit edilmiştir.

Tirozol miktarı da depolama süresince hidroksitirozoldeki gibi benzer bir eğilim göstermiş ve depolama süresince tüm örneklerde bir artış sergilemiştir ( $p<0,05$ ). Oda koşullarında depolanan erken hasat zeytinyağlarında 12 ay süre sonunda % 6 yaprak uygulanan örnek 57,8850 mg/kg tirozol içerirken, 12 °C'da depolanan kontrol örneğinde ise bu miktar 38,8900 mg/kg olarak belirlenmiştir. Kontrol örneği ise oda koşulları ve 12 °C'da depolama sonunda sırası ile 3,500 mg/kg ve 3,3100 mg/kg tirozol içerdiği tespit edilmiştir. Olgun hasat kontrol grubu yağlarda oda koşulları ve 12 °C'da depolama sonunda sırası ile tirozol miktarı 3,500 mg/kg ve 3,1700 mg/kg düzeyinde belirlenirken, % 6 yaprak ilaveli yağ örneklerinde ise oda koşullarında depolama sonunda tirozol miktarı 53,0400 mg/kg, 12 °C'da depolama sonunda ise 32,1150 mg/kg düzeyinde belirlenmiştir.

Novoselic vd. (2023), 6 ve 12 ay oda koşullarında (karanlık ortam) depoladıkları kontrol ve yaprak uygulamalı yağlarda depolama süresince tirozol ve hidroksitirozol miktarının artış gösterdiğini ve ayrıca depolama süresince yaprak uygulanan yağ örneklerinin bu iki bileşen açısından kontrol grubuna göre daha yüksek artışlar sergilediğini bildirmişlerdir.

Depolama süresince tirozol ve hidroksitirozolün artış sergilemesi ve ayrıca yaprak uygulamasının bu iki bileşen açısından kontrol grubuna kıyasla depolama süresince daha fazla miktarda bulunması, Novoselic vd. (2023)'nin çalışma sonuçları ile örtüşmektedir.

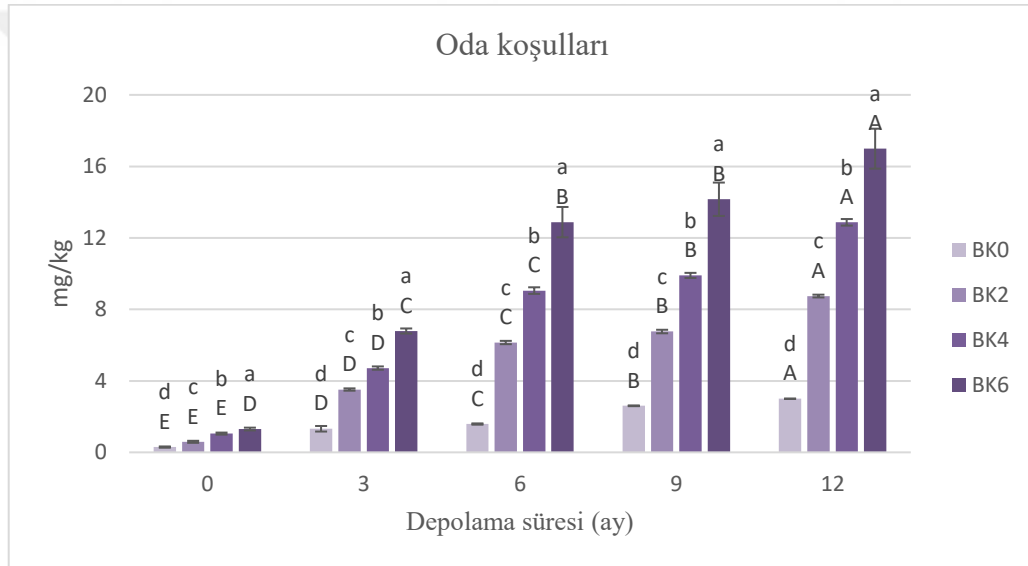
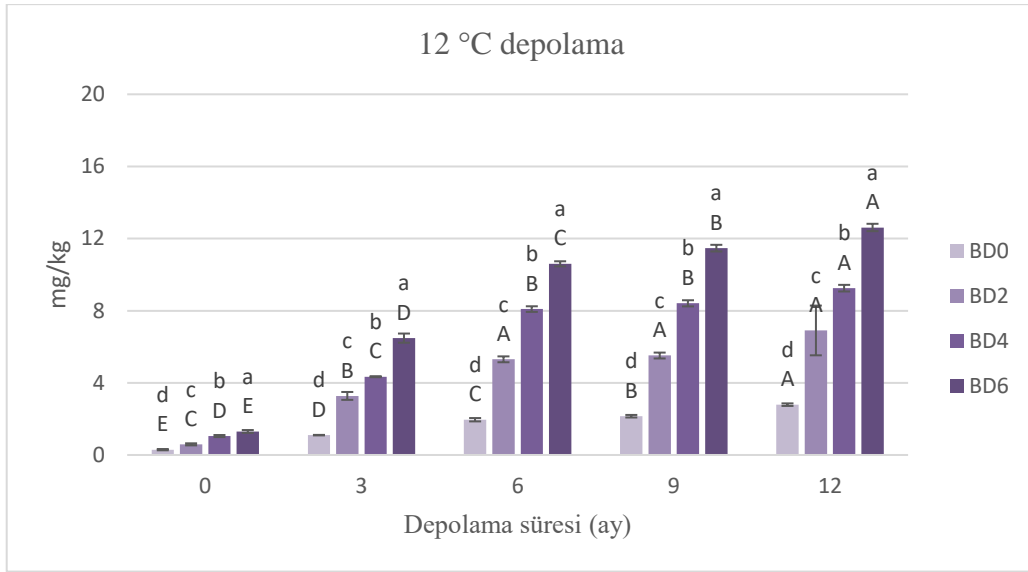
Depolama süresince meydana gelen artışın fenolik aglikonların hidrolitik ve oksidatif bozulma reaksiyonlarından kaynaklandığı (Losito vd. 2021) düşünülmektedir.



**Şekil 4.13:** Erken hasat zeytinyağlarının oda koşulları ve 12 °C’de depolanması süresince hidroksitirozol miktarındaki değişim.

**a-d :** Aynı depolama süresi içinde, farklı harfleri taşıyan örnek ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p < 0,05$ ).

**A-E :** Farklı depolama sürelerinde aynı örneğin farklı harfleri taşıyan örnek ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p < 0,05$ ).

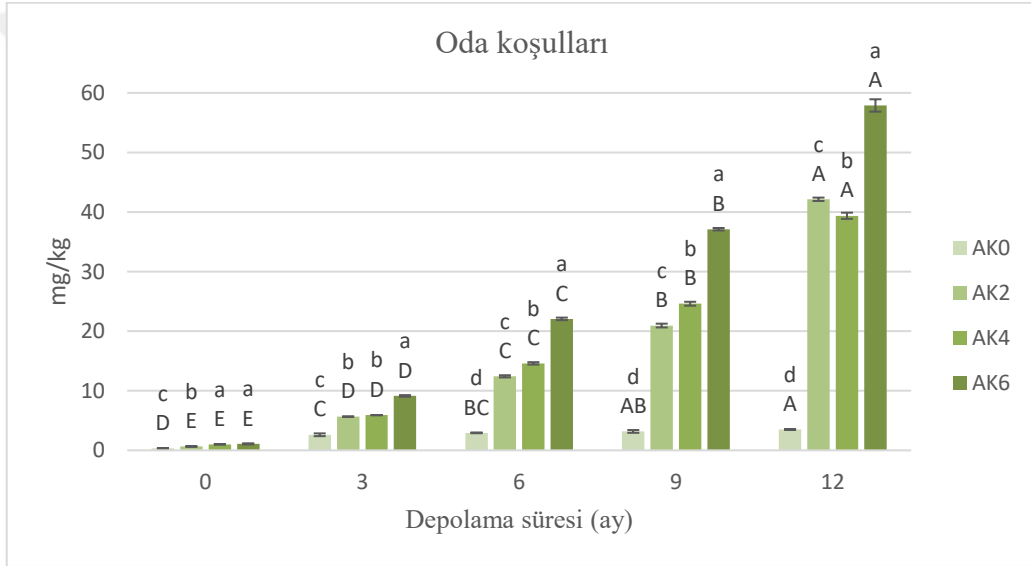
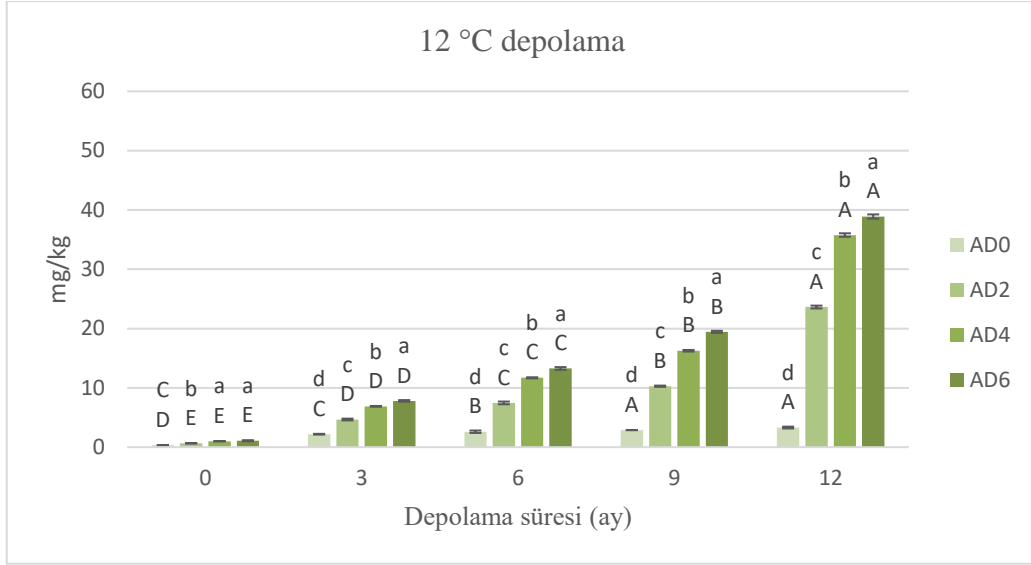


**Şekil 4.14:** Olgun hasat zeytinyağlarının oda koşulları ve 12 °C’de depolanması süresince hidroksitirozol miktarındaki değişim.

**a-d** : Aynı depolama süresi içinde, farklı harfleri taşıyan örnek ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p < 0,05$ ).

**A-E** : Farklı depolama sürelerinde aynı örneğin farklı harfleri taşıyan örnek ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p < 0,05$ ).

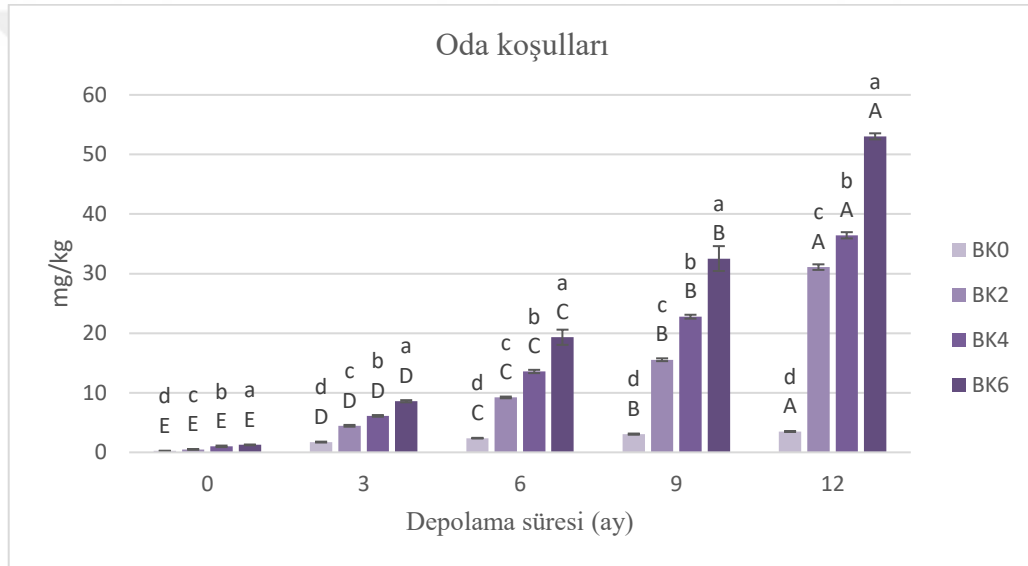
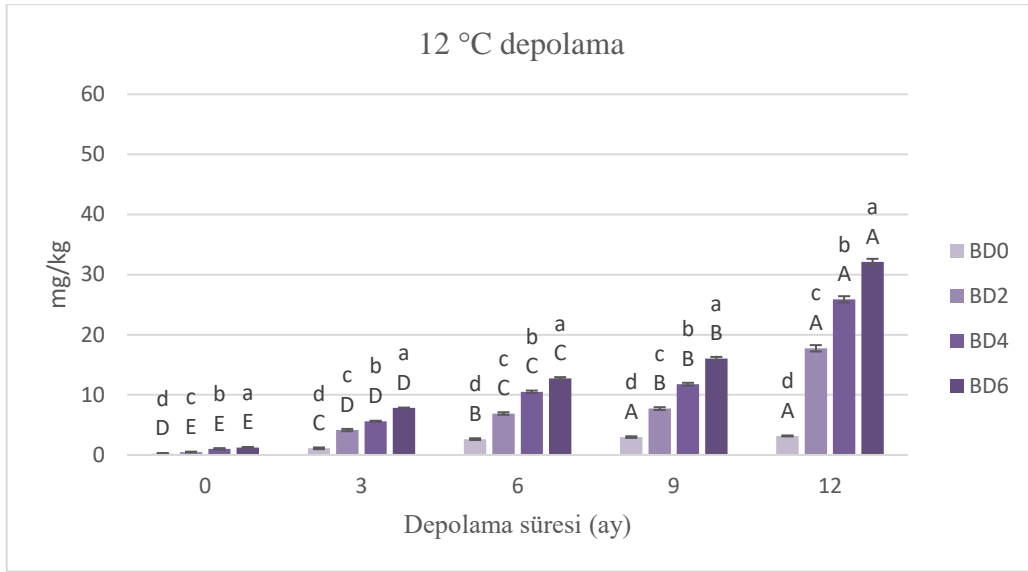




**Şekil 4.15:** Erken hasat zeytinyağlarının oda koşulları ve 12 °C’de depolanması süresince tirozol miktarındaki değişim.

**a-d :** Aynı depolama süresi içinde, farklı harfleri taşıyan örnek ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p<0,05$ ).

**A-E :** Farklı depolama sürelerinde aynı örneğin farklı harfleri taşıyan örnek ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p<0,05$ ).



**Şekil 4.16:** Olgun hasat zeytinyağlarının oda koşulları ve 12 °C’de depolanması süresince tirozol miktarındaki değişim.

**a-d :** Aynı depolama süresi içinde, farklı harfleri taşıyan örnek ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p<0,05$ ).

**A-E :** Farklı depolama sürelerinde aynı örneğin farklı harfleri taşıyan örnek ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p<0,05$ ).

Oleuropein, sekoiridoit glikozit olup, yaprak ilavesi uygulaması ile hem erken hasat hem de olgun hasat zeytinyağlarında artış sergilemiştir ( $p<0,05$ ). Erken hasat zeytinyağlarında kontrol grubunda 2,4850 mg/kg iken % 6 yaprak uygulanan örneklerin yağlarında ise 18,0300 mg/kg olarak belirlenmiştir (Şekil 4.17.). Olgun hasat zeytinyağlarında kontrol grubunda 3,3650 mg/kg ve % 6 yaprak ilave uygulanan yağ örneklerinde ise 19,5400 mg/kg düzeyinde tespit edilmiştir (Şekil 4.18).

Ammar vd. (2017), Chemlali, Chétoui, Zalmati ve melez zeytin (Chemlali çeşidi Zalmati çeşidi tarafından melezlenmiş) çeşitlerine % 3 oranında yaprak ilave ederek ürettikleri yağlarda oleuropein aglikon miktarının % 3 yaprak uygulaması ile arttığını bildirmişlerdir.

Marx vd. (2022a), Arbequina ve Santulhana çeşitlerinin yapraklarını % 1 oranında Arbequina çeşidine ilave ederek ürettikleri yağlarda, yaprak uygulamasının yağlarda oleuropein miktarının çok az da olsa azalttığını belirtmişlerdir.

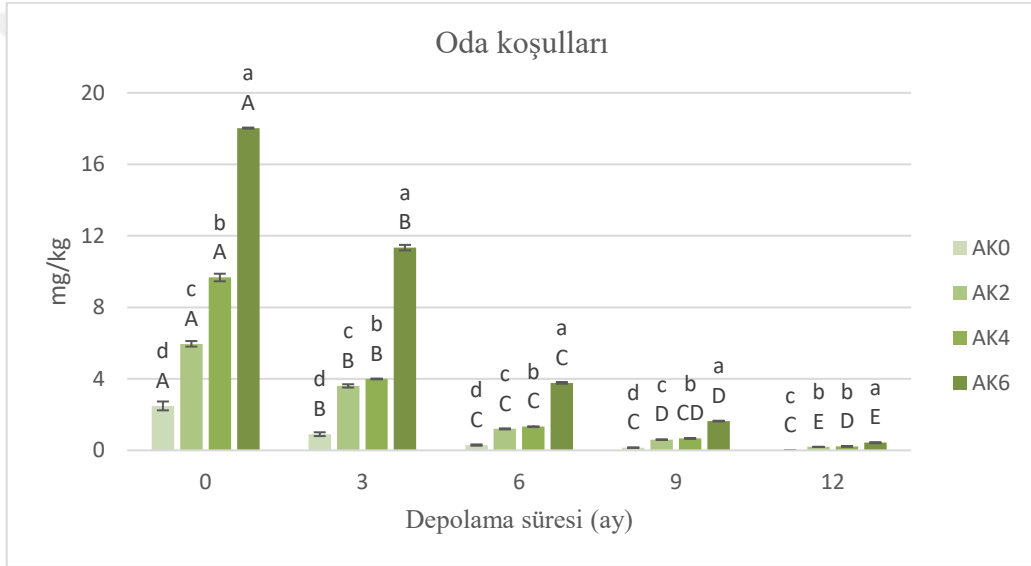
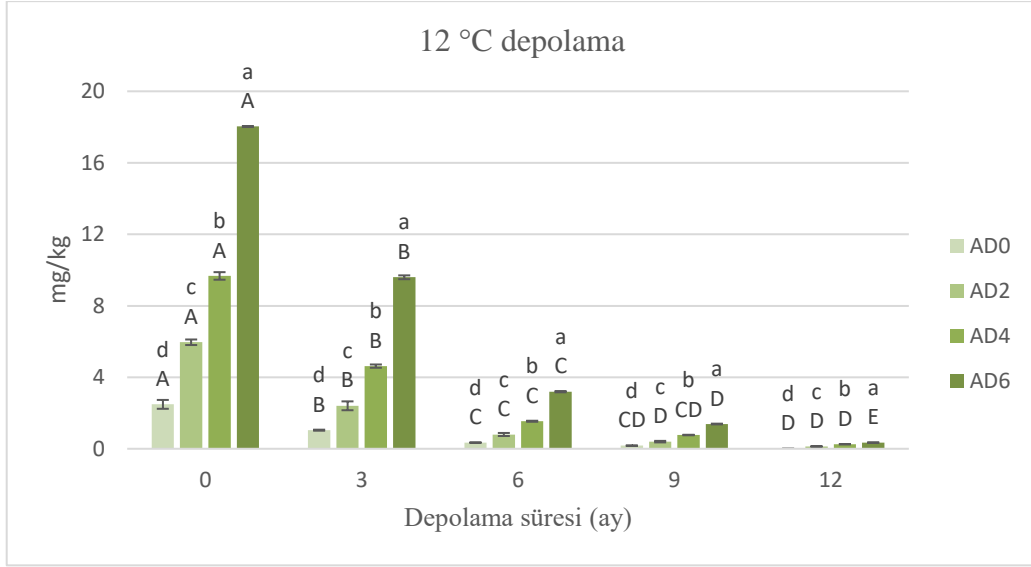
Baccouri vd. (2022), yabani zeytin yapraklarını farklı oranlarda (%1, % 3, % 5 ve % 10) Chemlali çeşidine ilave ederek ürettikleri yağlarda, yaprak ilavesinin oleuropeinin aglikon formlarını arttırdığını bildirmişlerdir.

Tarchoune vd. (2019), Neb Jmel ve Oueslati çeşitlerine % 3 yaprak ilave ederek ürettikleri yağlarda oleuropein türevlerinin miktarının yaprak ilavesi ile artış gösterdiğini bildirmişlerdir.

Depolama öncesi yağlarda oleuropein için elde edilen sonuçlar, Ammar vd. (2017), Tarchoune vd. (2019) ve Baccouri vd. (2022)'un sonuçları ile benzerlik gösterdiği ve Marx vd. (2022a)'un sonuçları ile farklılık göstermektedir. Sonuçlar arasındaki farklılığın, çeşitlerin farklı olmasından ve uygulama yönteminin farklılığından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Erken hasat zeytinyağlarında oda koşullarında ve 12 °C'da depolanan kontrol grubunda 12 ay depolama sonunda oleuropein belirlenmezken, % 6 yaprak uygulamalı örneklerde oda koşullarında 12 ay sonunda 0,4300 mg/kg, 12 °C'da depolama sonunda ise 0,3450 mg/kg düzeyinde oleuropein belirlenmiştir. Olgun hasat zeytinyağlarında 12 ay depolama sonunda oda koşullarında depolanan kontrol örneğinde oleuropein 0,1050 mg/kg olarak tespit edilirken, 12 °C'da depolama sonunda ise bu bileşen tespit edilememiştir. Buna karşın, % 6 yaprak uygulanan yağ örneklerinde ise oda koşullarında depolama sonunda 0,4350 mg/kg, 12 °C'da depolama sonunda ise 0,3850 mg/kg düzeyinde oleuropein belirlenmiştir.

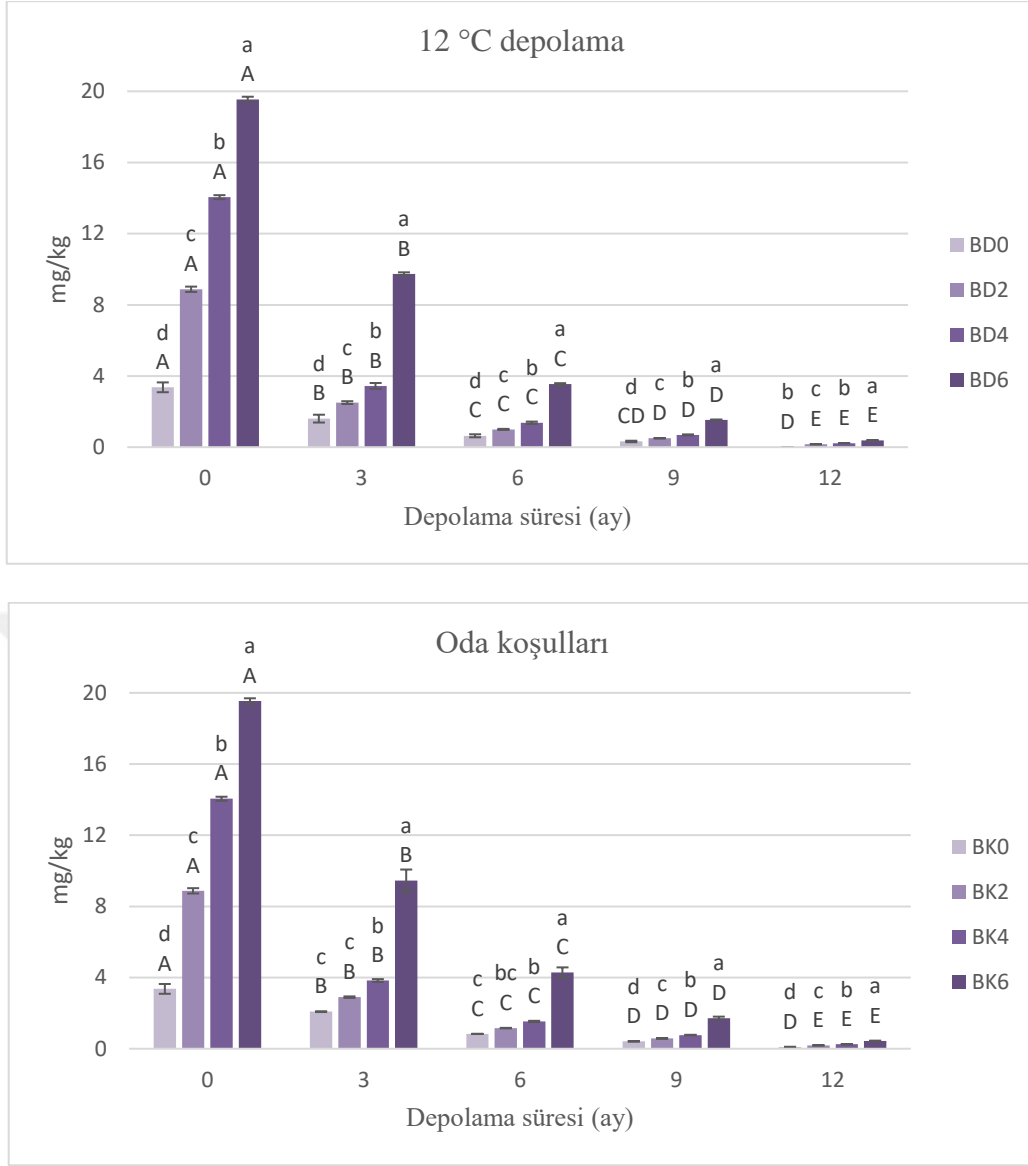
Novoselic vd. (2023), 6 ve 12 ay oda koşullarında (karanlık ortam) depoladıkları kontrol ve yaprak uygulamalı yağlarda depolama süresince oleuropein aglikonları miktarının dalgalı bir değişim gösterdiğini bildirmişlerdir. Depolama süresince oleuropein miktarındaki değişim, Novoselic vd. (2023)'nin çalışma sonuçları ile kısmen örtüşmektedir.



**Şekil 4.17:** Erken hasat zeytinyağlarının oda koşulları ve 12 °C’de depolanması süresince oleuropein miktarındaki değişim.

**a-d :** Aynı depolama süresi içinde, farklı harfleri taşıyan örnek ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p<0,05$ ).

**A-E :** Farklı depolama sürelerinde aynı örneğin farklı harfleri taşıyan örnek ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p<0,05$ ).



**Şekil 4.18:** Olgun hasat zeytinyağlarının oda koşulları ve 12 °C’de depolanması süresince oleuropein miktarındaki değişim.

**a-d :** Aynı depolama süresi içinde, farklı harfleri taşıyan örnek ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p<0,05$ ).

**A-E :** Farklı depolama sürelerinde aynı örneğin farklı harfleri taşıyan örnek ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p<0,05$ ).

Tirozol, hidroksitirozol ve oleuropein ana bileşenleri dışında tüm yağlarda belirlenen diğer fenolik bileşikler naringenin, *p*-kumarik asit, kamferol, genistein ve apigenindir (Tablo 4.10). Bu bileşenlerin miktarının daha düşük olması nedeni ile bu bileşenler için ayrı ayrı istatistik yapılmamıştır. Depolamadan önce gerek erken hasat gerekse de olgun hasat zeytinyağlarında yaprak ilavesi uygulaması bu fenolik maddelerin miktarında artışa sebep olmuştur. Depolama süresince bu bileşenlerin konsantrasyonunda azalma gerçekleşmiştir.

Depolama sonunda zeytin yaprağı uygulamalı yağlar kontrol örneğine kıyasla bu bileşenler açısından daha zengin bulunmuştur.

Tarchoune vd. (2019), % 3 yaprak uyguladıkları Neb Jmel ve Oueslati zeytinlerinden ürettikleri yağlarda vanilik, kafeik, sirinjik, vanilin, *p*-kumarik ve ferulik asit gibi fenolik asitleri belirlemişlerdir. Yaprak ilavesi uygulaması, bu fenolik asitlerin yağlarda artışına sebebiyet vermiştir.

Baccouri vd. (2022), yabani zeytin yapraklarını farklı oranlarda (%1, % 3, % 5 ve % 10) Chemlali çeşidine ilave ederek ürettikleri yağlarda *p*-kumarik asit ve apigenin tespit edilen fenolik maddelerden olup, apigenin yaprak ilavesi ile artış göstermesine karşın *p*-kumarik asit tam ters etki göstererek yaprak ilavesi ile azalış sergilemiştir.

Novoselic vd. (2023), % 2,5 yaprak ilavesi uygulaması ile üretilen yağlarda flavonoidlerden luteolin ve apigenini, fenolik asitlerden ise vanilik asit ve *p*-kumarik asidi belirlemişlerdir. Bu bileşenlerin miktarı, yaprak ilavesi uygulaması ile artış sergilemiştir. Bunun yanında 6 ve 12 ay oda koşullarında bu bileşenlerin miktarı yaprak ilaveli örneklerde kontrol örneğine kıyasla daha fazla miktarda belirlenmiştir.

Yaprak ilavesi ile Tablo 4.10'da belirlenen fenolik maddelerde artışlar tespit edilmiş ve Tarchoune vd. (2019), Baccouri vd. (2022) ve Novoselic vd. (2023)'nin bildirdiği sonuçlar ile benzerlik göstermektedir. Bunun yanında, Novoselic vd. (2023)'nin depolama sonuçlarına benzer şekilde depolama süresince yaprak ilavesi uygulamalı yağların fenolik madde içeriği kontrol örneğine göre daha yüksek bulunmuştur.

**Tablo 4.10:** Yağ numunelerinin depolama sırasında bazı fenolik bileşenlerinde meydana gelen değişiklikler.

<b>Naringenin (mg/kg)</b>					
<b>Kod</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>12</b>
<b>AD0</b>	0,35 ± 0,01	0,29 ± 0,01	0,18 ± 0,02	0,11 ± 0,01	0,05 ± 0,07
<b>AD2</b>	0,45 ± 0,02	0,41 ± 0,01	0,37 ± 0,01	0,33 ± 0,01	0,26 ± 0,01
<b>AD4</b>	0,56 ± 0,01	0,50 ± 0,01	0,43 ± 0,01	0,39 ± 0,00	0,25 ± 0,01
<b>AD6</b>	0,68 ± 0,00	0,61 ± 0,01	0,54 ± 0,01	0,44 ± 0,02	0,39 ± 0,02
<b>AK0</b>	0,35 ± 0,01	0,21 ± 0,03	0,15 ± 0,02	0,11 ± 0,01	0,00 ± 0,00
<b>AK2</b>	0,45 ± 0,02	0,40 ± 0,02	0,33 ± 0,01	0,27 ± 0,01	0,19 ± 0,01
<b>AK4</b>	0,56 ± 0,01	0,36 ± 0,01	0,33 ± 0,01	0,30 ± 0,01	0,22 ± 0,01
<b>AK6</b>	0,68 ± 0,00	0,48 ± 0,01	0,44 ± 0,03	0,40 ± 0,01	0,34 ± 0,01
<b>BD0</b>	0,28 ± 0,01	0,14 ± 0,00	0,06 ± 0,08	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
<b>BD2</b>	0,36 ± 0,02	0,35 ± 0,02	0,33 ± 0,01	0,31 ± 0,03	0,22 ± 0,01
<b>BD4</b>	0,40 ± 0,01	0,38 ± 0,01	0,38 ± 0,01	0,35 ± 0,04	0,24 ± 0,01
<b>BD6</b>	0,44 ± 0,01	0,40 ± 0,00	0,39 ± 0,01	0,34 ± 0,08	0,28 ± 0,01
<b>BK0</b>	0,28 ± 0,01	0,12 ± 0,01	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
<b>BK2</b>	0,36 ± 0,02	0,32 ± 0,00	0,32 ± 0,01	0,25 ± 0,00	0,22 ± 0,01
<b>BK4</b>	0,40 ± 0,01	0,33 ± 0,00	0,34 ± 0,00	0,30 ± 0,01	0,26 ± 0,02
<b>BK6</b>	0,44 ± 0,01	0,38 ± 0,01	0,35 ± 0,01	0,30 ± 0,02	0,26 ± 0,03

<b>p-kumarik asit (mg/kg)</b>					
<b>Kod</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>12</b>
<b>AD0</b>	1,48 ± 0,06	1,07 ± 0,01	0,98 ± 0,03	0,78 ± 0,01	0,38 ± 0,02
<b>AD2</b>	2,48 ± 0,18	2,20 ± 0,06	1,71 ± 0,11	0,98 ± 0,01	0,43 ± 0,02
<b>AD4</b>	4,71 ± 0,07	3,62 ± 0,17	2,38 ± 0,13	1,83 ± 0,16	0,77 ± 0,02
<b>AD6</b>	6,18 ± 0,18	5,85 ± 0,17	4,82 ± 0,11	3,16 ± 0,21	1,12 ± 0,16
<b>AK0</b>	1,48 ± 0,06	0,99 ± 0,01	0,75 ± 0,01	0,63 ± 0,01	0,24 ± 0,01
<b>AK2</b>	2,48 ± 0,18	1,06 ± 0,08	0,82 ± 0,07	0,70 ± 0,07	0,34 ± 0,02
<b>AK4</b>	4,71 ± 0,07	1,34 ± 0,12	1,05 ± 0,06	0,93 ± 0,06	0,67 ± 0,03
<b>AK6</b>	6,18 ± 0,18	2,99 ± 0,08	2,75 ± 0,08	1,87 ± 0,16	0,82 ± 0,03
<b>BD0</b>	0,93 ± 0,02	0,87 ± 0,02	0,81 ± 0,02	0,59 ± 0,03	0,31 ± 0,01
<b>BD2</b>	1,56 ± 0,16	1,29 ± 0,12	0,94 ± 0,01	0,66 ± 0,01	0,36 ± 0,01
<b>BD4</b>	3,66 ± 0,01	2,63 ± 0,01	1,75 ± 0,06	0,98 ± 0,01	0,42 ± 0,01
<b>BD6</b>	4,63 ± 0,19	4,09 ± 0,19	3,55 ± 0,19	1,54 ± 0,01	0,67 ± 0,01
<b>BK0</b>	0,93 ± 0,02	0,83 ± 0,02	0,78 ± 0,00	0,49 ± 0,01	0,21 ± 0,00
<b>BK2</b>	1,56 ± 0,16	0,96 ± 0,02	0,89 ± 0,02	0,53 ± 0,02	0,26 ± 0,00
<b>BK4</b>	3,66 ± 0,01	1,91 ± 0,08	1,38 ± 0,07	0,74 ± 0,02	0,28 ± 0,01
<b>BK6</b>	4,63 ± 0,19	3,23 ± 0,05	2,52 ± 0,14	1,43 ± 0,00	0,53 ± 0,00

**Tablo 4.10:** (devam).

<b>Genistein (mg/kg)</b>					
<b>Kod</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>12</b>
<b>AD0</b>	3,94 ± 0,08	3,19 ± 0,04	2,92 ± 0,12	2,09 ± 0,02	1,74 ± 0,13
<b>AD2</b>	14,61 ± 0,07	10,87 ± 0,06	9,58 ± 0,08	7,79 ± 0,07	3,96 ± 0,10
<b>AD4</b>	21,89 ± 0,08	18,79 ± 0,08	15,50 ± 0,63	10,43 ± 0,62	6,52 ± 0,11
<b>AD6</b>	22,75 ± 0,16	19,23 ± 0,08	17,44 ± 0,07	13,65 ± 1,34	9,11 ± 0,08
<b>AK0</b>	3,94 ± 0,08	2,89 ± 0,04	2,57 ± 0,14	1,39 ± 0,04	0,99 ± 0,04
<b>AK2</b>	14,61 ± 0,07	10,36 ± 0,07	8,72 ± 0,36	6,96 ± 0,21	3,62 ± 0,11
<b>AK4</b>	21,89 ± 0,08	16,93 ± 0,04	11,93 ± 1,37	8,93 ± 0,17	5,78 ± 0,11
<b>AK6</b>	22,75 ± 0,16	17,15 ± 0,19	15,77 ± 0,86	10,40 ± 0,12	8,04 ± 0,03
<b>BD0</b>	3,75 ± 0,07	2,22 ± 0,14	1,71 ± 0,09	0,93 ± 0,08	0,46 ± 0,08
<b>BD2</b>	10,69 ± 0,16	4,25 ± 0,16	2,90 ± 0,13	1,92 ± 0,03	1,16 ± 0,08
<b>BD4</b>	16,45 ± 0,16	7,42 ± 0,08	5,71 ± 0,09	3,22 ± 0,11	1,99 ± 0,03
<b>BD6</b>	18,73 ± 0,08	9,40 ± 0,06	8,08 ± 0,09	6,37 ± 0,17	4,52 ± 0,22
<b>BK0</b>	3,75 ± 0,07	1,71 ± 0,08	0,84 ± 0,08	0,48 ± 0,09	0,34 ± 0,01
<b>BK2</b>	10,69 ± 0,16	3,96 ± 0,01	2,19 ± 0,01	1,45 ± 0,11	0,91 ± 0,11
<b>BK4</b>	16,45 ± 0,16	5,52 ± 0,23	3,75 ± 0,23	1,08 ± 0,09	0,72 ± 0,08
<b>BK6</b>	18,73 ± 0,08	7,26 ± 0,37	4,94 ± 0,16	2,67 ± 0,28	1,11 ± 0,02

<b>Apigenin (mg/kg)</b>					
<b>Kod</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>12</b>
<b>AD0</b>	10,15 ± 0,13	6,88 ± 0,08	3,44 ± 0,04	2,72 ± 0,02	1,33 ± 0,15
<b>AD2</b>	17,56 ± 0,08	14,28 ± 2,16	10,14 ± 1,07	5,92 ± 0,04	2,24 ± 0,33
<b>AD4</b>	25,29 ± 0,08	21,15 ± 0,67	17,57 ± 1,07	10,79 ± 0,54	8,50 ± 0,10
<b>AD6</b>	28,04 ± 0,08	24,02 ± 0,04	20,01 ± 0,01	16,26 ± 0,36	10,71 ± 0,07
<b>AK0</b>	10,15 ± 0,13	5,92 ± 0,04	3,46 ± 0,01	1,93 ± 0,01	0,99 ± 0,10
<b>AK2</b>	17,56 ± 0,08	10,43 ± 0,04	6,22 ± 0,02	3,11 ± 0,01	1,77 ± 0,11
<b>AK4</b>	25,29 ± 0,08	18,67 ± 0,04	11,83 ± 0,01	9,42 ± 0,71	5,76 ± 0,11
<b>AK6</b>	28,04 ± 0,08	20,98 ± 0,74	15,74 ± 1,44	10,37 ± 0,01	6,63 ± 0,02
<b>BD0</b>	10,38 ± 0,16	7,23 ± 0,12	6,17 ± 0,04	4,11 ± 0,03	2,74 ± 0,02
<b>BD2</b>	17,12 ± 0,86	10,00 ± 0,01	7,20 ± 0,30	4,80 ± 0,20	3,20 ± 0,13
<b>BD4</b>	18,93 ± 0,57	12,21 ± 0,28	10,00 ± 0,08	6,66 ± 0,06	4,44 ± 0,04
<b>BD6</b>	20,43 ± 0,14	16,52 ± 0,39	12,16 ± 0,21	8,10 ± 0,14	5,40 ± 0,10
<b>BK0</b>	10,38 ± 0,16	6,88 ± 0,19	5,59 ± 0,50	3,73 ± 0,33	2,48 ± 0,23
<b>BK2</b>	17,12 ± 0,86	8,98 ± 0,06	5,07 ± 0,11	3,38 ± 0,07	2,25 ± 0,04
<b>BK4</b>	18,93 ± 0,57	10,21 ± 0,28	6,27 ± 0,36	4,18 ± 0,24	2,79 ± 0,16
<b>BK6</b>	20,43 ± 0,14	11,24 ± 0,01	9,20 ± 0,06	6,13 ± 0,04	4,09 ± 0,03



**Tablo 4.10:** (devam).

<b>Kamferol (mg/kg)</b>					
<b>Kod</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>12</b>
<b>AD0</b>	2,47 ± 0,15	1,96 ± 0,07	1,41 ± 0,14	0,92 ± 0,00	0,43 ± 0,01
<b>AD2</b>	3,77 ± 0,06	3,31 ± 0,06	2,44 ± 0,08	1,52 ± 0,13	0,81 ± 0,01
<b>AD4</b>	4,89 ± 0,04	4,01 ± 0,04	3,09 ± 0,10	1,88 ± 0,10	1,08 ± 0,05
<b>AD6</b>	5,68 ± 0,04	4,80 ± 0,06	3,43 ± 0,15	2,14 ± 0,18	1,44 ± 0,06
<b>AK0</b>	2,47 ± 0,15	1,22 ± 0,06	1,00 ± 0,01	0,62 ± 0,01	0,25 ± 0,01
<b>AK2</b>	3,77 ± 0,06	1,41 ± 0,07	1,21 ± 0,07	0,96 ± 0,00	0,56 ± 0,00
<b>AK4</b>	4,89 ± 0,04	1,93 ± 0,08	1,69 ± 0,08	1,10 ± 0,13	0,86 ± 0,01
<b>AK6</b>	5,68 ± 0,04	2,05 ± 0,04	1,93 ± 0,04	1,30 ± 0,10	0,94 ± 0,01
<b>BD0</b>	2,64 ± 0,01	1,91 ± 0,07	1,23 ± 0,06	0,90 ± 0,01	0,40 ± 0,01
<b>BD2</b>	3,56 ± 0,12	2,43 ± 0,16	1,84 ± 0,10	1,06 ± 0,02	0,63 ± 0,02
<b>BD4</b>	4,24 ± 0,10	3,07 ± 0,03	2,80 ± 0,04	1,41 ± 0,05	0,91 ± 0,12
<b>BD6</b>	4,92 ± 0,01	3,94 ± 0,08	3,45 ± 0,31	2,52 ± 0,04	1,00 ± 0,01
<b>BK0</b>	2,64 ± 0,01	1,19 ± 0,08	0,90 ± 0,06	0,53 ± 0,04	0,23 ± 0,01
<b>BK2</b>	3,56 ± 0,12	1,70 ± 0,17	1,31 ± 0,09	0,96 ± 0,05	0,40 ± 0,01
<b>BK4</b>	4,24 ± 0,10	2,35 ± 0,03	2,16 ± 0,04	1,12 ± 0,04	0,73 ± 0,02
<b>BK6</b>	4,92 ± 0,01	2,92 ± 0,08	2,22 ± 0,11	1,62 ± 0,05	0,96 ± 0,03

#### **4.5 Yağ numunelerinin depolama sırasında duyuşal parametrelerinde meydana gelen değişiklikler**

Zeytinyağında kimyasal analizlerin yanı sıra duyuşal analizler de sızma zeytinyağının kalitesini değerlendirmede önemli parametrelerden biri olup tüketici tercişini doğrudan etkilemektedir (Fernandes vd. 2018).

Erken ve olgun hasat dönemi zeytinyağlarının depolama süresince duyuşal özelliklerindeki değişim Şekil 4.19 ve 4.20’de sunulmuştur. Üretiminden hemen sonra tüm yağ örneklerinde zeytinyağı için belirteç olan ve olumlu özellik olarak ifade edilen 3 parametre (acılık, yakıcılık ve meyvemsilik) algılanmış, buna karşın tüm örneklerde duyuşal bir kusur tespit edilememiştir. Depolama öncesi tüm örneklerde kusurların medyanı 0,00 ve meyvemsilik medyanı 3,8-5,6 arasında değişim göstermiştir. Çalışmada yer alan tüm yağlar, kusurların medyanı ve meyvemsilik medyanı bakımından ( $M_d=0$ ,  $M_f>0$ ) “natürel sızma zeytinyağı” kategorisine girmektedir (IOC, 2018). Ayrıca erken hasat yağların meyvemsilik özelliği, olgun hasat yağlara kıyasla daha yüksek değerler sergilemiştir. Bunun yanında yaprak ilavesi ile yağlardaki meyvemsilik özelliği kontrol örneğine kıyasla daha yüksek belirlenmiştir.

Di Giovacchino vd. (1996), iki farklı zeytin çeşidine % 1-5 oranında yaprak ilave ederek duysal özelliklerinden meyvemsilik ve acılık özelliklerini incelemişlerdir. Yaprak ilavesi ile yağlarda meyvemsilik ve acılık duysal hislerinde artış meydana geldiğini bildirmişlerdir.

Sonda vd. (2014), Chemlali, Chétoui, Zalmati ve melez çeşitlere (Zalmati tarafından Chemlali'nin melezlenmesi) % 3 yaprak ilavesi ile ürettikleri yağlarda meyvemsilik duysal hissini arttırdığını bildirmişlerdir.

Marx vd. (2022b), yaprak ilaveli uygulama örneklerinde ve kontrol örneğinde herhangi bir duysal kusur belirlememişlerdir. Bunun yanında, örneklerde 10 olumlu duysal özellik tespit etmişlerdir. Yaprak ilavesi uygulamasının örneklerde domates, kuru meyve ve taze baharat duysal hisleri üzerine bir etki göstermediği, buna karşın diğer 7 duysal özelliği geliştirdiği bildirilmiştir. Santulhana yapraklarının ilave edildiği örneklerde yeşil-meyvemsi ve acılık duysal hislerinde artış tespit edilirken, Arbequina yapraklarının ilave edildiği örneklerde ise tatlılık, acılık ve lahanaya duysal hislerinde artış gözlemlenmiştir.

Novoselic vd. (2023), % 2,5 yaprak ilavesi uygulaması ile üretilen yağlarda yaprak ilavesi uygulaması ile acılık, yakıcılık, burukluk ve kalıcılık duysal hislerini arttırdığı ve 12 ay oda sıcaklığında depolanan örneklerde tadı belirleyen yukarıda bahsi geçen duysal hislerde azalma olmasına karşın, yaprak ilaveli örneklerde bu azalma kontrol örneğine kıyasla daha az bulunmuştur.

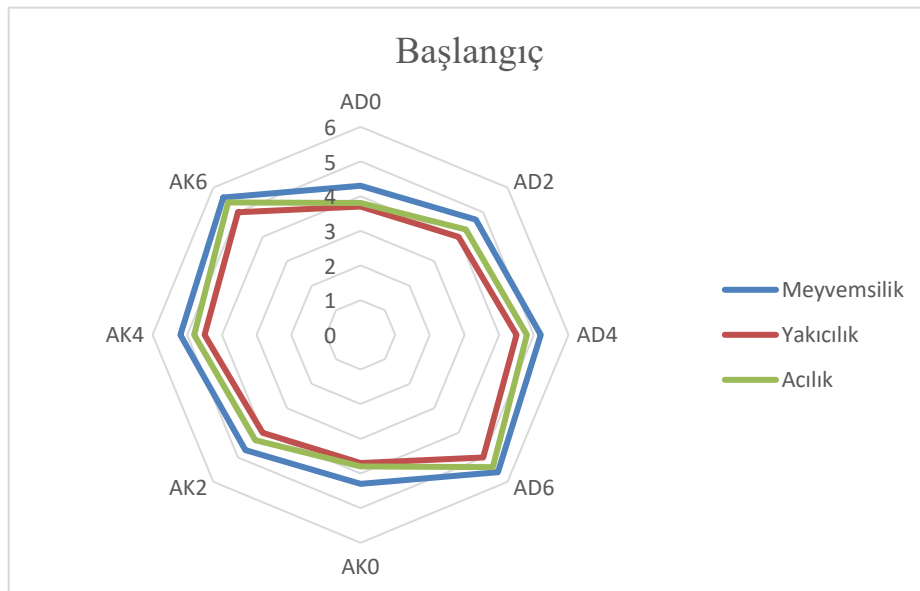
Elde edilen sonuçlara göre yaprak ilavesi uygulamasının Ayvalık zeytinyağlarında duysal özellikleri olumlu etkilendiği ve bu bağlamda sonuçların, Di Giovacchino vd. (1996), Sonda vd. (2014), Marx vd. (2022b) ve Novoselic vd. (2023)'nin bildirdiği sonuçlar ile benzerlik gösterdiği söylenebilir.

Erken hasat ve olgun hasat zeytinyağlarında gerek oda koşulları gerekse de 12 °C'de depolanan yağlarda depolama süresince yağ örneklerinde herhangi bir kusur belirlenmemiştir. Zeytinyağının olumlu duysal özellikleri olan meyvemsilik, acılık ve keskinlik hislerinde depolama süresince azalma belirlenmiştir ( $p<0,05$ ). Yaprak ilavesi uygulamalı yağlarda meyvemsilik, acılık ve keskinlik duysal hisleri kontrol örneğine kıyasla daha yüksek belirlenmiştir.

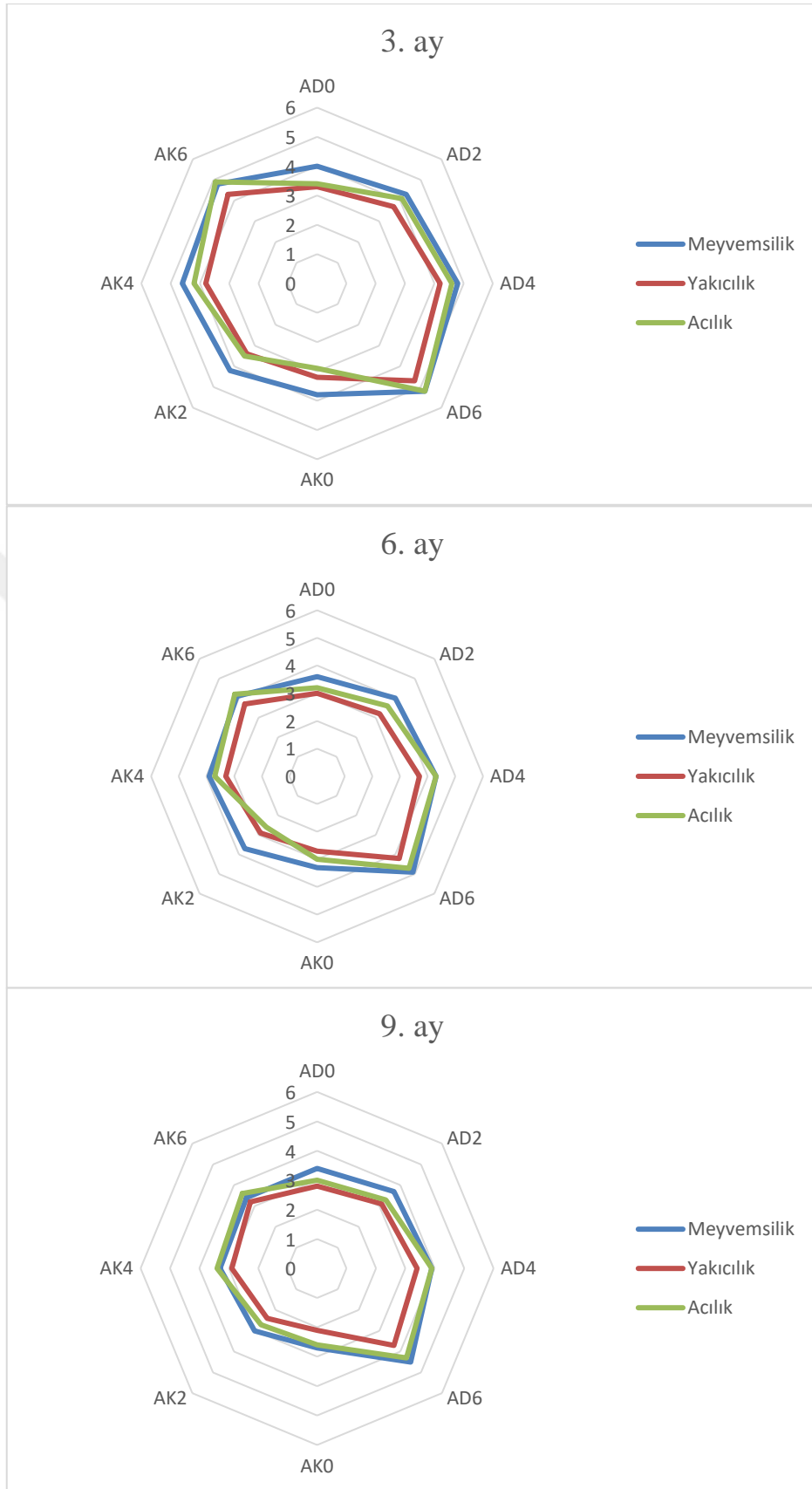
Erken hasat yağlarda 12 °C'de 12 aylık depolama sonunda meyvemsilik, keskinlik ve acılık medyan değerleri sırası ile 2,8; 2,3 ve 2,6 iken, yaprak ilaveli örneklerde ise bu pozitif duyuşal hislerin medyanı 3,3-4,2; 2,7-3,4 ve 2,9-4,0 aralığında değişim sergilemiştir. Oda koşullarında depolamanın sonunda ise meyvemsilik, keskinlik ve acılık medyan değerleri sırası ile kontrol grubunda 2, 1,6 ve 1,9 yaprak uygulanan örneklerde ise bu duyuşal özelliklerin medyanı sırası ile 2,2-2,8; 1,8-2,5 ve 2,0-2,8 aralığında değişim göstermiştir.

Olgun hasat yağlarda 12 °C'de 12 aylık depolama sonunda meyvemsilik, keskinlik ve acılık medyan değerleri sırası ile 2,5; 2,0 ve 2,2 iken, yaprak ilaveli örneklerde ise bu pozitif duyuşal hislerin medyanı 2,8-3,6; 2,3-3,0 ve 2,5-3,3 aralığında değişim sergilemiştir. Oda koşullarında depolamanın sonunda ise meyvemsilik, keskinlik ve acılık medyan değerleri sırası ile kontrol grubunda 1,6; 1,2 ve 1,5 yaprak uygulanan örneklerde ise bu duyuşal özelliklerin medyanı sırası ile 1,8-2,4; 1,4-2,2 ve 1,9-2,5 aralığında değişim göstermiştir.

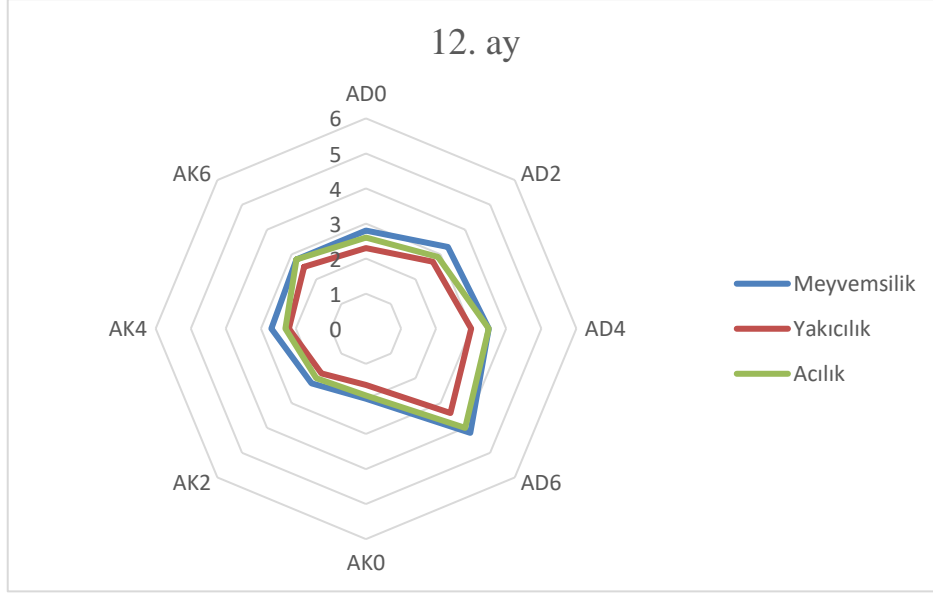
Depolama sonuçlarına göre hem erken hem de geç hasat zeytinyağlarında depolama süresince pozitif duyuşal hislerde azalma olduğu, bunun yanında yaprak ilavesi uygulanan yağ örneklerinde kontrol grubuna kıyasla pozitif duyuşal hislerdeki azalmanın daha az olduğu belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, Novoselic vd. (2023)'nin depolama sonuçları ile örtüşmektedir.



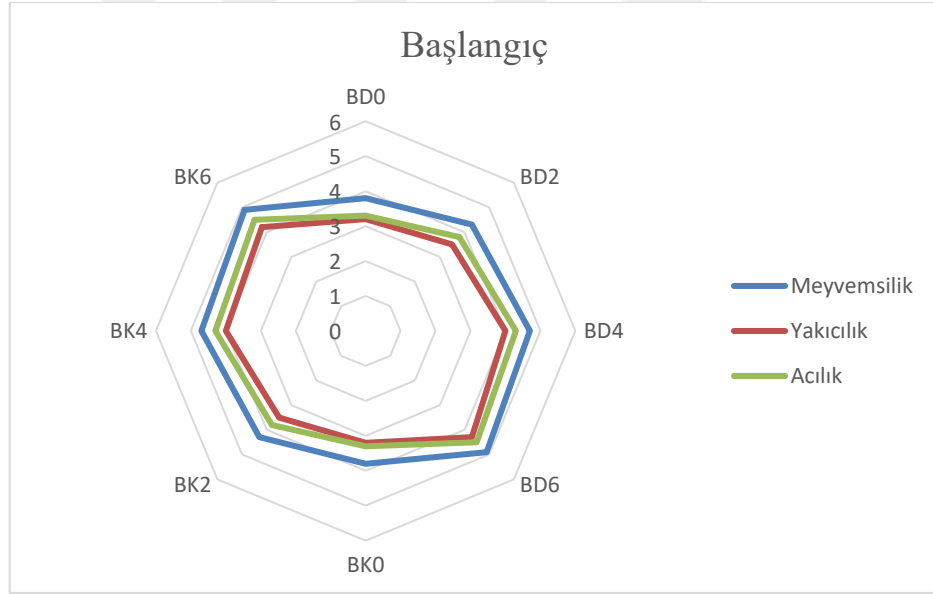
**Şekil 4.19:** Erken hasat zeytinyağlarının oda koşulları ve 12 °C’de depolanması süresince pozitif duyuşal özelliklerdeki değişimi.



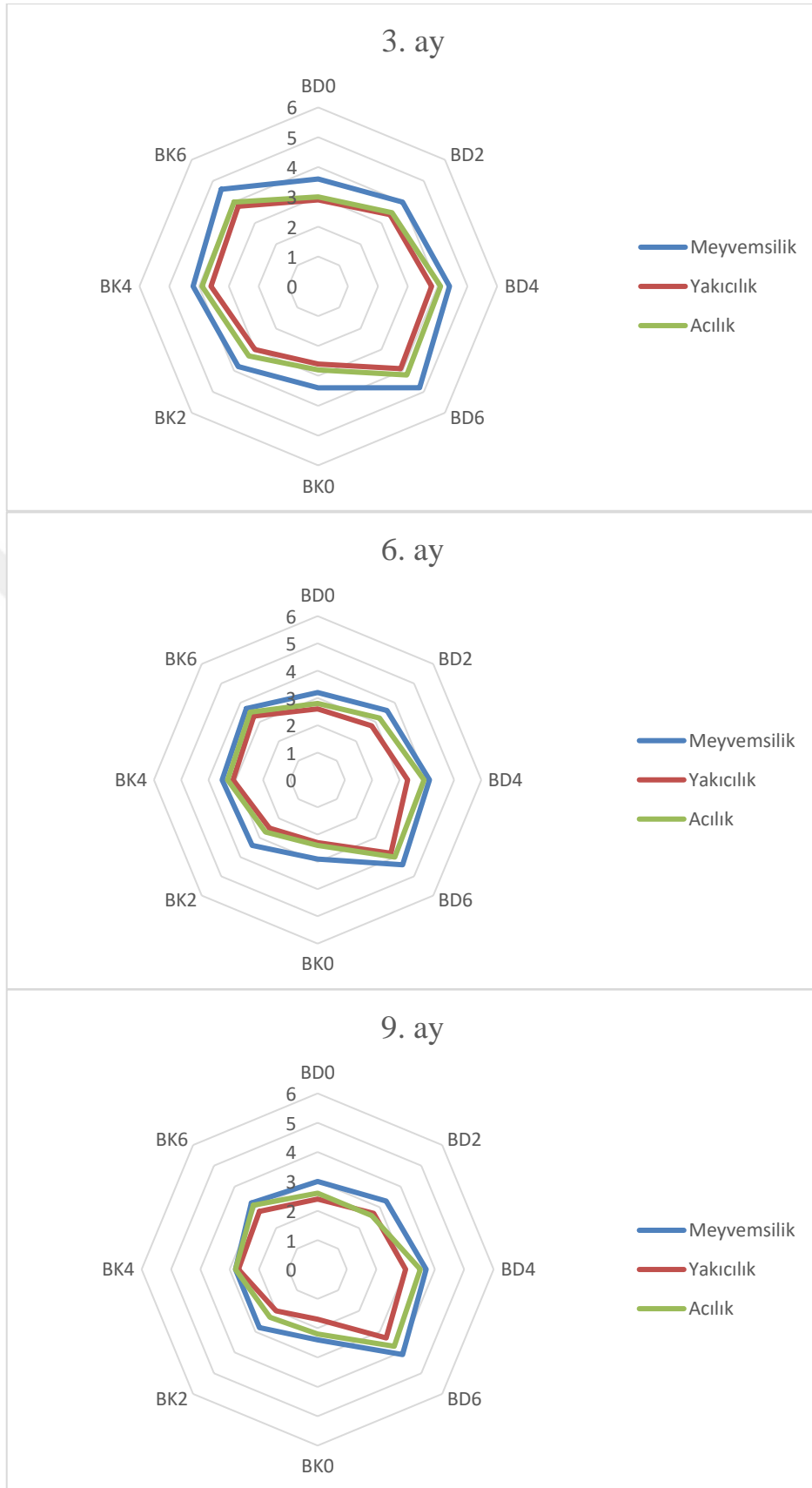
Şekil 4.19: (devam).



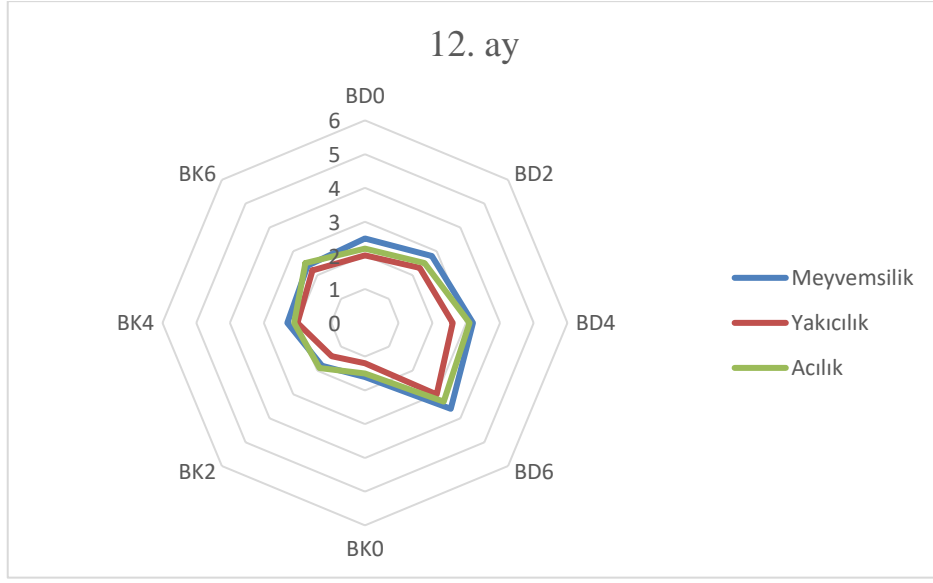
Şekil 4.19: (devam).



Şekil 4.20: Olgun hasat zeytinyağlarının oda koşulları ve 12 °C’de depolanması süresince pozitif duyu özelliklerindeki değişimi.



Şekil 4.20: (devam).



Şekil 4.20: (devam).

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ayvalık zeytin çeşidi, Türkiye'de yaygın olarak yetiştirilen ve bununla birlikte Balıkesir ili körfez bölgesinde yıllardır kendine özgü aromasından dolayı yağ üretiminde önemli bir çeşit olarak yer almaktadır. Ayvalık çeşidinden üretilen zeytinyağı miktar açısından Marmara bölgesinde önemli bir paya sahiptir.

Zeytinyağı üretiminde başlangıç aşamasında yapraklar safsızlık olarak değerlendirilmekte ve hava aspiratörleri ile ayrılması sağlanmaktadır. Ayrılan yapraklar genellikle hayvan yemi olarak değerlendirilse de son yıllarda zeytin yapraklarının sağlık üzerine olumlu etkilerinden dolayı yapraklar değerlendirilmektedir. Yaprakların, zeytinlere belli oranda ilave edilerek zeytinyağının çeşitli biyoaktif bileşenler açısından zenginleştirilmesi de son yıllarda araştırmalara konu edilmiştir.

Ayvalık çeşidi zeytinler, erken ve olgun dönem olmak üzere 2 farklı hasat döneminde toplanmıştır. Zeytinlere ağırlıkça % 2, % 4 ve % 6 oranında yaprak ilave edilerek endüstriyel olarak 2 fazlı sistem ile yağa işlenmeleri sağlanmıştır. Bu yağlar, karanlık ortamda oda ve 12 °C'de 12 ay süre ile depolanarak yağların oksidatif stabiliteyi, renk ve duyu özelliklerindeki değişim incelenmiştir.

Depolama öncesi yaprak ilavesi uygulaması ile üretilen yağlarda temel kalite parametrelerinden serbest yağ asitliği, peroksit değeri, özgül soğurma değerleri ( $K_{232}$  ve  $K_{270}$ ) ve yağ asitleri bileşiminde kısmi değişimler dalgalı bir şekilde gözlemlenmiş, lakin elde edilen değerler, Türk Gıda Kodeksi Zeytinyağı ve Pirina Yağı Tebliğinde (Tebliğ No:2017/26) Natürel Sızma Zeytinyağı kategorisi için belirtilen yasal limitlerin üzerine çıkmamıştır. Bunun yanında gerek erken hasat gerek olgun hasat döneminde toplanan zeytinlere yaprak ilavesi ile üretilen yağlarda yaprak ilavesi ile zeytinyağı örneklerinin oksidatif stabiliteyi (indüksiyon periyotları) artış göstermiştir. Olgun hasat zeytinyağlarında yaprak uygulamaları yağlarda indüksiyon periyodu, yaprak uygulamalı erken hasat zeytinyağlarına kıyasla daha yüksek değerler sergilemiştir. Bu farklılığın nedeni olgun hasatta yoğurma sıcaklığının erken hasat üretime kıyasla biraz daha yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Sıcaklık artışına bağlı olarak fenolik madde geçişinin daha fazla olması oksidatif stabiliteyi artırmaktadır.



Depolama yapılan yağlarda oksidasyonun izlenmesinde peroksit değeri,  $K_{232}$  ve  $K_{270}$  değerlerinden yararlanılmış, depolama süresince bu değerlerde artışlar gözlemlenmiş fakat depolama süresince bu değerler, Türk Gıda Kodeksi Zeytinyağı ve Pirina Yağı Tebliğinde (Tebliğ No:2017/26) Natürel Sızma Zeytinyağı kategorisi için belirtilen yasal limitlerin üzerine çıkmamıştır.

Yaprak ilavesi uygulaması gerek erken hasat gerekse de toplam klorofil ve karotenoit miktarında artışa neden olmuştur. Depolama sırasında ise renk maddelerinde kısmi düşüşler gözlemlense de renk kaybındaki düşüş ivmesi az olmasının nedeni yağların karanlık ortamda depolanmasından kaynaklanmaktadır. Depolama süresince yaprak ilavesi uygulaması ile üretilen yağlarda toplam klorofil ve toplam karotenoit miktarı kontrol örneğine kıyasla daha yüksek değerler göstermiştir.

Fenolik bileşim açısından yağlarda belirlenen üç önemli fenolik bileşen tirozol, hidroksitirozol ve oleuropeindir. Oleuropein, üretimi yeni yapılan yağlarda daha fazla miktarda belirlenmiş ve depolama süresince parçalanarak tirozol ve hidroksitirozol gibi basit fenolik maddelere dönüşmüştür. Yaprak ilavesi uygulaması bu üç bileşenin miktarını artırmıştır. Depolama süresince, bu üç fenolik bileşen yaprak uygulaması yapılan yağlarda kontrol grubuna göre daha fazla miktarda belirlenmiştir. Depolama koşullarına ilişkin olarak, soğukta depolanan yağlarda, oda sıcaklığında depolamaya kıyasla basit fenoliklerde önemli bir azalma kaydedilmiştir. Basit fenoliklerin soğuk depolama koşullarındaki eğilimi, kompleks fenoliklerin basit fenoliklere hidrolitik ve oksidatif bozunma hızının düşük olması, dolayısıyla sağlığa yararlı olan kompleks fenoliklerin soğuk depolanan yağlarda daha fazla kalmasıyla ilişkilendirilebilir.

Duyusal özelliklerden meyvemsilik, acılık ve keskinlik gibi zeytinyağı için pozitif duyusal özellikler yaprak ilavesi uygulaması ile her iki hasat dönemindeki yağ örneklerinde artış sergilemiştir. Depolama süresince pozitif duyusal özelliklerde azalma belirlenirken, yaprak ilavesi uygulanan örneklerde kontrol örneğine kıyasla bu düşüş daha az gerçekleşmiştir.

Ayvalık zeytinlerine % 6 yaprak ilavesi oksidatif stabilite, renk özellikleri, fenolik bileşim ve duyusal özellikler üzerine olumlu etkiler göstermiştir. Özellikle olgun hasat zeytinyağlarında bu etki erken hasat zeytinyağlarına kıyasla daha fazla görülmüştür. Olgun hasat edilen yağlarda yaprak uygulaması ile duyusal özellikler ve depolama stabilitesinde

gelişiminin sağlanması mümkün olabilecektir. Yağların depolama koşulları üretim koşulları kadar önem arz etmekte olup, 12 °C gibi stabil bir sıcaklıkta yağların kalitelerindeki düşüşün oda koşullarındaki depolamaya göre daha az olduğu belirlenmiştir. Özellikle küresel kuraklığın yaşandığı dönemlerde yağların bu şekilde depolanarak piyasada kalite yağların yer alması sağlanabilecektir.



## 6. KAYNAKLAR

- Albertos, I., Martín-Diana, A. B., Jaime, I., Avena-Bustillos, R. J., McHugh, T. H., Takeoka, G. R., et al. (2018). Antioxidant effect of olive leaf powder on fresh Atlantic horse mackerel (*Trachurus trachurus*) minced muscle. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(1), e13397.
- Alirezalu, K., Hesari, J., Nemati, Z. and Farmani, B. (2018). Effects of selected plant-derived nutraceuticals on the quality and shelf-life stability of frankfurter type sausages during storage. *International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering*, 12(9), 298-303.
- Ammar, S., Kelebek, H., Zribi, A., Abichou, M., Selli, S. and Bouaziz, M. (2017). LC-DAD/ESI-MS/MS characterization of phenolic constituents in Tunisian extra-virgin olive oils: Effect of olive leaves addition on chemical composition. *Food research international*, 100, 477-485.
- Anonymous, (2015). *Determination of Fatty Acid Methyl Esters in Vegetable Oils by GC-FID*. (Application Note. G002). Ant Teknik (a distributor firm of Shimadzu in Turkey).
- AOCS, (2006). *Official and Recommended Methods of the American Oil Chemist's Society*. American Oil Chemist's Society Press, Champaign, IL. Methods: Ca 5a-40, Cd 8-53, Ch 5-91 and Cd 12b-92.
- Arsyad, M. A., Akazawa, T. and Ogawa, M. (2019). Effects of olive leaf powder on mechanical properties of heat-induced surimi gel. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 28(1), 2-13.
- Ataei, F. and Hojjatoleslami, M. (2017). Physicochemical and sensory characteristics of sponge cake made with olive leaf. *Journal of Food measurement and Characterization*, 11(4), 2259-2264.
- Atta, E. M., Mohamed, N. H. and Abdelgawad, A. A. (2017). Antioxidants: An overview on the natural and synthetic types. *Eur. Chem. Bull*, 6(8), 365-375.
- Augustyniak, A., Bartosz, G., Čipak, A., Duburs, G., Horáková, L. U., Łuczaj, W., et al. (2010). Natural and synthetic antioxidants: an updated overview. *Free radical research*, 44(10), 1216-1262.
- Baccouri, B., Rajhi, I., Theresa, S., Najjar, Y., Mohamed, S. N. and Willenberg, I. (2022). The potential of wild olive leaves (*Olea europaea* L. subsp. oleaster) addition as a functional additive in olive oil production: The effects on bioactive and nutraceutical

- compounds using LC–ESI–QTOF/MS. *European Food Research and Technology*, 248(11), 2809-2823.
- Baiano, A., Viggiani, I., Terracone, C., Romaniello, R. and Nobile, M. D. (2015). Physical and sensory properties of bread enriched with phenolic aqueous extracts from vegetable wastes. *Czech J. Food Sci.*, 33, 2015 (3): 247–253
- Benavente-Garcia, O., Castillo, J., Lorente, J., Ortuño, A. D. R. J. and Del Rio, J. A. (2000). Antioxidant activity of phenolics extracted from *Olea europaea* L. leaves. *Food chemistry*, 68(4), 457-462.
- Boskou, D., Blekas, G. and Tsimidou, M. (2006). *Olive oil composition*. In Olive oil (pp. 41-72). AOCS press.
- Boskou, D. (2008). *Phenolic compounds in olives and olive oil*. In D. Boskou (Ed.), Olive oil minor constituents and health (pp. 11–44). Boca Raton, FL: CRC Press.
- Bouaziz, M., Fki, I., Jemai, H., Ayadi, M. and Sayadi, S. (2008). Effect of storage on refined and husk olive oils composition: Stabilization by addition of natural antioxidants from Chemlali olive leaves. *Food Chemistry*, 108(1), 253-262.
- Chiou, A., Kalogeropoulos, N., Salta, F. N., Efstathiou, P. and Andrikopoulos, N. K. (2009). Pan-frying of French fries in three different edible oils enriched with olive leaf extract: Oxidative stability and fate of microconstituents. *LWT-Food Science and Technology*, 42(6), 1090-1097.
- Çelik, Ş., Doğru, E., & Yakar, Y. (2021). The effect of olive leaf addition on some characteristic properties of olive oil. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, Vol. 25(1), 72-85.
- COI, I. (2009). T. 20/Doc. No 29—Determination of Biophenols in Olive Oils by HPLC. *Standards, Methods and Guides; Decision DEC-III-10/106-VI/2017*.
- Dag, A., Kerem, Z., Yogev, N., Zipori, I., Lavee, S. and Ben-David, E. (2011). Influence of time of harvest and maturity index on olive oil yield and quality. *Scientia Horticulturae*, 127(3), 358-366.
- de Carvalho, A. S., de Oliveira, A., Moreira, T. F. M., Costa, L. G. M. A., Marcatto, G. D., de Melo, A. D. S. C., et al. (2023). In situ extraction/encapsulation of olive leaves antioxidants in zein for improved oxidative stability of edible oils. *Food Research International*, 173, 113363.
- De Lucas, A. D., De La Ossa, E. M., Rincón, J., Blanco, M. A. and Gracia, I. (2002). Supercritical fluid extraction of tocopherol concentrates from olive tree leaves. *The Journal of Supercritical Fluids*, 22(3), 221-228.

- Değirmencioglu, N., Yildiz, E. L. İ. F., Guldaz, M. and Gurbuz, O. (2020). Health benefits of kombucha tea enriched with olive leaf and honey. *J Obes Chronic Dis*, 4(1), 1-5.
- del Mar Delgado-Povedano, M., Priego-Capote, F. and de Castro, M. D. L. (2017). Selective ultrasound-enhanced enzymatic hydrolysis of oleuropein to its aglycon in olive (*Olea europaea* L.) leaf extracts. *Food chemistry*, 220, 282-288.
- Di Giovacchino, L., Angerosa, F. and Di Giacinto, L. (1996). Effect of mixing leaves with olives on organoleptic quality of oil obtained by centrifugation. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 73, 371-374.
- Di Giovacchino, L., Sestili, S. and Di Vincenzo, D. (2002). Influence of olive processing on virgin olive oil quality. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 104(9-10), 587-601.
- Difonzo, G., Squeo, G., Calasso, M., Pasqualone, A. and Caponio, F. (2019). Physico-chemical, microbiological and sensory evaluation of ready-to-use vegetable pâté added with olive leaf extract. *Foods*, 8(4), 138.
- Difonzo, G., Totaro, M. P., Caponio, F., Pasqualone, A. and Summo, C. (2022). Olive leaf extract (OLE) addition as tool to reduce nitrate and nitrite in Ripened Sausages. *Foods*, 11(3), 451.
- El, S. N. and Karakaya, S. (2009). Olive tree (*Olea europaea*) leaves: potential beneficial effects on human health. *Nutrition reviews*, 67(11), 632-638.
- Erbay, Z. and Icier, F. (2010). The importance and potential uses of olive leaves. *Food reviews international*, 26(4), 319-334.
- Espeso, J., Isaza, A., Lee, J. Y., Sörensen, P. M., Jurado, P., Avena-Bustillos, R. D. J., et al. (2021). Olive leaf waste management. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 660582.
- Fadda, A., Sanna, D., Sakar, E. H., Gharby, S., Mulas, M., Medda, S., et al. (2022). Innovative and sustainable technologies to enhance the oxidative stability of vegetable oils. *Sustainability*, 14(2), 849.
- Farag, R. S., Mahmoud, E. A. and Basuny, A. M. (2007). Use crude olive leaf juice as a natural antioxidant for the stability of sunflower oil during heating. *International journal of food science & technology*, 42(1), 107-115.
- Fernandes, G. D., Ellis, A. C., Gámbaro, A. and Barrera-Arellano, D. (2018). Sensory evaluation of high-quality virgin olive oil: Panel analysis versus consumer perception. *Current opinion in food science*, 21, 66-71.

- Flamminii, F., Di Mattia, C. D., Difonzo, G., Neri, L., Faieta, M., Caponio, F. and Pittia, P. (2019). From by-product to food ingredient: evaluation of compositional and technological properties of olive-leaf phenolic extracts. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(14), 6620-6627.
- Gözüpek, K. and Otağ, M. R. (2022). The effects of olive leaf addition and storage conditions on the bioactive components and some quality parameters of “Patos” olive oils. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(7), e16698.
- Guinda, Á., Rada, M., Delgado, T., Gutiérrez-Adánez, P. and Castellano, J. M. (2010). Pentacyclic triterpenoids from olive fruit and leaf. *Journal of agricultural and food chemistry*, 58(17), 9685-9691.
- Gunstone, F. (Ed.). (2011). *Vegetable oils in food technology: composition, properties and uses*. John Wiley & Sons.
- Hayes, J. E., Stepanyan, V., Allen, P., O’grady, M. N. and Kerry, J. P. (2010). Effect of lutein, sesamol, ellagic acid and olive leaf extract on the quality and shelf-life stability of packaged raw minced beef patties. *Meat science*, 84(4), 613-620.
- International Olive Council. (2019). Trade Standard Applying to Olive Oils and Olive-Pomace Oils. Retrieved from [https://www.internationaloliveoil.org/wp-content/uploads/2021/06/201911\\_TSOE\\_EN.pdf](https://www.internationaloliveoil.org/wp-content/uploads/2021/06/201911_TSOE_EN.pdf)
- International Olive Council. (2011). Guide for the Determination of the Characteristics of Oil-Olives.
- International Olive Council. Sensory Analysis of Olive Oil. Method for the Organoleptic Assessment of Virgin Olive Oil; In COI/T.20/Doc. no 15/Rev. 10: Spain; FAO: Rome, Italy, 2018; pp. 1–20.
- Issaoui, M., Dabbou, S., Brahmi, F., Hassine, K. B., Ellouze, M. H. and Hammami, M. (2009). Effect of extraction systems and cultivar on the quality of virgin olive oils. *International journal of food science & technology*, 44(9), 1713-1720.
- Jimenez, P., Masson, L., Barriga, A., Chávez, J. and Robert, P. (2011). Oxidative stability of oils containing olive leaf extracts obtained by pressure, supercritical and solvent-extraction. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 113(4), 497-505.
- Kaya, A. ve Kaya, H. (2023). Zeytin Yapraklarının Ruminant Hayvan Beslemede Kullanılabilirliği. *Palandöken Journal of Animal Sciences Technology and Economics*, 2(2), 70-76.

- Keceli, T. M. and Harp, F. (2014). The effect of olive leaves and their harvest time on radical scavenging activity and oxidative stability of refined olive oil. *Quality assurance and safety of crops & foods*, 6(2), 141-149.
- Kiritsakis, A., Nanos, G. D., Polymenopoulos, Z., Thomai, T., and Sfakiotakis, E. M. (1998). Effect of fruit storage conditions on olive oil quality. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 75, 721-724.
- Krinsky, N. I., Landrum, J. T. and Bone, R. A. (2003). Biologic mechanisms of the protective role of lutein and zeaxanthin in the eye. *Annual review of nutrition*, 23(1), 171-201.
- Lafka, T. I., Lazou, A. E., Sinanoglou, V. J. and Lazos, E. S. (2013). Phenolic extracts from wild olive leaves and their potential as edible oils antioxidants. *Foods*, 2(1), 18-31.
- Liu, Y., McKeever, L. C., Suo, Y., Jin, T. Z. and Malik, N. S. (2018). Antimicrobial activities of olive leaf extract and its potential use in food industry. In *Natural and Bio-Based Antimicrobials for Food Applications* (pp. 119-132). American Chemical Society.
- Losito, I., Abbattista, R., De Ceglie, C., Castellaneta, A., Calvano, C. D. and Cataldi, T. R. (2021). Bioactive Secoiridoids in Italian Extra-Virgin Olive Oils: Impact of Olive Plant Cultivars, Cultivation Regions and Processing. *Molecules*, 26(3), 743.
- M'Rabet, Y., Hosni, K. and Khwaldia, K. (2023). Effects of oleuropein-rich olive leaf extract on the oxidative stability of refined sunflower oil. *Grasas y Aceites*, 74(2), e505-e505.
- Malheiro, R., Casal, S., Teixeira, H., Bento, A. and Pereira, J. A. (2013). Effect of olive leaves addition during the extraction process of overmature fruits on olive oil quality. *Food and Bioprocess Technology*, 6, 509-521.
- Malheiro, R., Rodrigues, N., Bissaro, C., Leimann, F., Casal, S., Ramalhosa, E. and Pereira, J. A. (2017). Improvement of sensorial and volatile profiles of olive oil by addition of olive leaves. *European journal of lipid science and technology*, 119(11), 1700177.
- Markhali, F. S., Teixeira, J. A. and Rocha, C. M. (2020). Olive tree leaves—A source of valuable active compounds. *Processes*, 8(9), 1177.
- Marx, Í. M., Casal, S., Rodrigues, N., Cruz, R., Peres, F., Veloso, A. C., et al. (2022a). Impact of fresh olive leaves addition during the extraction of Arbequina virgin olive oils on the phenolic and volatile profiles. *Food Chemistry*, 393, 133327.
- Marx, Í. M., Casal, S., Rodrigues, N., Cruz, R., Veloso, A. C., Pereira, J. A. and Peres, A. M. (2022b). Impact of incorporating olive leaves during the industrial extraction of cv. Arbequina oils on the physicochemical–sensory quality and health claim fulfillment. *European Food Research and Technology*, 1-13.

- Medina, E., Romero, C., García, P. and Brenes, M. (2019). Characterization of bioactive compounds in commercial olive leaf extracts, and olive leaves and their infusions. *Food & function*, 10(8), 4716-4724.
- Mezghani, M. A., Tekaya, M., Mguidich, A., Zouari, I., Ayadi, M., Elloumi, O., et al. (2023). How different amounts of leaves added during the extraction process affect the biochemical composition of Chemlali olive oil cultivar?. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 17(1), 751-764.
- Nenadis, N., Moutafidou, A., Gerasopoulos, D. and Tsimidou, M. Z. (2010). Quality characteristics of olive leaf-olive oil preparations. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 112(12), 1337-1344.
- Novoselić, A., Klisović, D., Lukić, I., Lukić, M., & Brkić Bubola, K. (2021). The use of olive leaves in buža olive cultivar oil production: Exploring the impact on oil yield and chemical composition. *Agriculture*, 11(10), 917.
- Novoselić, A., Gallina Tosci, T., Klisović, D., Tura, M. and Brkić Bubola, K. (2023). Compositional Changes during Storage of Industrially Produced Olive Oils Co-Milled with Olive Leaves. *Foods*, 13(1), 73.
- Official Methods and Recommended Practices of the AOCS, 5th edn., AOCS Press, Champaign, 1998.
- Oliveira, A. L., Gondim, S., Gómez-García, R., Ribeiro, T. and Pintado, M. (2021). Olive leaf phenolic extract from two Portuguese cultivars—bioactivities for potential food and cosmetic application. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(5), 106175.
- Ortega-García, F. and Peragón, J. (2010). Phenol metabolism in the leaves of the olive tree (*Olea europaea* L.) cv. Picual, Verdial, Arbequina, and Frantoio during ripening. *Journal of agricultural and food chemistry*, 58(23), 12440-12448.
- Peker, H. and Arslan, S. (2017). Effect of olive leaf extract on the quality of low fat apricot yogurt. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(5), e13107.
- Ribeiro, J. P. M., Schebelski, D. J., Lyra, A. M., Camargo, G. D. A., Nadal, J. M., Novatski, A., et al. (2023). Physicochemical Characterization, Quantitative Drug Analysis, and Stability Testing of Hydroxytyrosol-loaded Poly ( $\epsilon$ -caprolactone) Nanocapsules. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 66, e23230081.
- Romero-Márquez, J. M., Navarro-Hortal, M. D., Forbes-Hernández, T. Y., Varela-López, A., Puentes, J. G., Pino-García, R. D., et al. (2023). Exploring the antioxidant,



- neuroprotective, and anti-inflammatory potential of olive leaf extracts from Spain, Portugal, Greece, and Italy. *Antioxidants*, 12(8), 1538.
- Sabry, O. M. (2014). Beneficial health effects of olive leaves extracts. *Journal of Natural Sciences Research*, 4(19), 1-9.
- Salta, F. N., Mylona, A., Chiou, A., Boskou, G. and Andrikopoulos, N. K. (2007). Oxidative stability of edible vegetable oils enriched in polyphenols with olive leaf extract. *Food Science and Technology International*, 13(6), 413-421.
- Sánchez-Quesada, C., López-Biedma, A., Warleta, F., Campos, M., Beltrán, G. and Gaforio, J. J. (2013). Bioactive properties of the main triterpenes found in olives, virgin olive oil, and leaves of *Olea europaea*. *Journal of agricultural and food chemistry*, 61(50), 12173-12182.
- Sarı, H. A. and Ekinçi, R. (2017). The effect of ultrasound application and addition of leaves in the malaxation of olive oil extraction on the olive oil yield, oxidative stability and organoleptic quality. *Food Science and Technology*, 37, 493-499.
- Schneider, S. (2014). Quality analysis of virgin olive oils–Part 3. *Agilent Technologies Application Note, publication number*, 1-6.
- Selim, S., Albqmi, M., Al-Sanea, M. M., Alnusaie, T. S., Almuhayawi, M. S., AbdElgawad, H., et al. (2022). Valorizing the usage of olive leaves, bioactive compounds, biological activities, and food applications: A comprehensive review. *Frontiers in Nutrition*, 9, 1008349.
- Sevim, D., Tuncay, O. and Koseoglu, O. (2013). The effect of olive leaf addition on antioxidant content and antioxidant activity of “Memecik” olive oils at two maturity stages. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 90, 1359-1369.
- Shebis, Y., Iluz, D., Kinel-Tahan, Y., Dubinsky, Z. and Yehoshua, Y. (2013). Natural antioxidants: function and sources.
- Sonda, A., Akram, Z., Boutheina, G., Guido, F. and Mohamed, B. (2014). Effect of addition of olive leaves before fruits extraction process to some monovarietal Tunisian extra-virgin olive oils using chemometric analysis. *Journal of agricultural and food chemistry*, 62(1), 251-263.
- Souilem, S., Fki, I., Kobayashi, I., Khalid, N., Neves, M. A., Isoda, H., et al. (2017). Emerging technologies for recovery of value-added components from olive leaves and their applications in food/feed industries. *Food and Bioprocess Technology*, 10, 229-248.

- Şahin, S., Elhussein, E., Gülmez, Ö., Kurtulbaş, E. and Yazar, S. (2020). Improving the quality of vegetable oils treated with phytochemicals: a comparative study. *Journal of Food Science and Technology*, 57, 3980-3987.
- Talhaoui, N., Taamalli, A., Gómez-Caravaca, A. M., Fernández-Gutiérrez, A. and Segura-Carretero, A. (2015). Phenolic compounds in olive leaves: Analytical determination, biotic and abiotic influence, and health benefits. *Food Research International*, 77, 92-108.
- Tarchoune, I., Sgherri, C., Eddouzi, J., Zinnai, A., Quartacci, M. F. and Zarrouk, M. (2019). Olive leaf addition increases olive oil nutraceutical properties. *Molecules*, 24(3), 545.
- Topuz, S. and Bayram, M. (2022). Oleuropein extraction from leaves of three olive varieties (*Olea europaea* L.): Antioxidant and antimicrobial properties of purified oleuropein and oleuropein extracts. *Journal of food processing and preservation*, 46(6), e15697.
- Tsimidou, M. Z. (2006). Olive oil quality. In *Olive Oil* (pp. 93-111). AOCS press.
- Tsiplakou, E. and Zervas, G. (2008). The effect of dietary inclusion of olive tree leaves and grape marc on the content of conjugated linoleic acid and vaccenic acid in the milk of dairy sheep and goats. *Journal of Dairy Research*, 75(3), 270-278.
- Türk Gıda Kodeksi (2017). Türk Gıda Kodeksi, Zeytinyağı Ve Pirina Yağı Tebliği(TebliğNo:2017/26)
- Uğuz, A. C., Rocha-Pimienta, J., Martillanes, S., Garrido, M., Espino, J. and Delgado-Adámez, J. (2023). Chlorophyll pigments of olive leaves and green tea extracts differentially affect their antioxidant and anticancer properties. *Molecules*, 28(6), 2779.
- Xu, F., Li, Y., Zheng, M., Xi, X., Zhang, X. and Han, C. (2018). Structure properties, acquisition protocols, and biological activities of oleuropein aglycone. *Frontiers in Chemistry*, 6, 239.
- Žugčić, T., Abdelkebir, R., Alcantara, C., Collado, M. C., García-Pérez, J. V., Meléndez-Martínez, A. J., et al. (2019). From extraction of valuable compounds to health promoting benefits of olive leaves through bioaccessibility, bioavailability and impact on gut microbiota. *Trends in food science & technology*, 83, 63-77.

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Halil ÇENGEL

### Öğrenim Bilgileri

Derece	Okul/Program	Yıl
Lisans	Afyon Kocatepe Üniversitesi / Gıda Mühendisliği	2011
Lise	Edremit Anadolu Lisesi	2005