T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

NİZİP VE MARDİN'DE YETİŞTİRİLEN BAZI YAĞLIK ZEYTİN (*Olea Europaea* L.) ÇEŞİTLERİNDEN ÜRETİLEN NATÜREL SIZMA ZEYTİNYAĞLARIN DEPOLAMA SIRASINDA KALİTE ÖZELLİKLERİNDE MEYDANA GELEN DEĞİŞİMLERİN BELİRLENMESİ

Tuğba ASLAN

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA
2023

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET i
ABSTRACT ii
TEŞEKKÜR iii
ŞEKİLLER DİZİNİ iv
ÇİZELGELER DİZİNİ v
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ vi
1. GİRİŞ 1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 7
3. MATERYAL ve YÖNTEM 13
3.1. Materyal 13
3.1.1. Zeytinyağların üretimi ve depolaması 15
3.2. Yöntem 17
3.2.1. Zeytinlerin pomolojik özellikleri 17
3.2.2. Yasal kalite parametreleri analizleri 18
3.2.3. Toplam klorofil ve toplam karotenoid analizi 18
3.2.4. Renk analizi 18
3.2.5. Toplam fenolik miktarı (TFM) analizi 19
3.2.6. Toplam flavonoid miktarı (TFVM) analizi 19
3.2.7. Toplam antioksidan kapasite (TAK): DPPH analizi 20
3.2.8. Fenolik bileşik analizi 20
3.2.9. Yağ asitleri kompozisyonu analizi 21
3.2.10. Uçucu aroma analizleri 21
3.2.11. İstatistiksel analizler 23
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA 24
4.1. Zeytinlerin Pomolojik Özellikleri 24
4.2. Depolama Süresince Zeytinyağlarda Yasal Kalite Parametreleri 25
4.2.1. Serbest yağ asitliği (SYA) 25
4.2.2 Peroksit değeri (PD) 27
4.2.3 Özgül soğurma (ÖS) 28
4.3. Depolama Süresince Zeytinyağlarda Toplam Klorofil ve Toplam Karotenoid İçerikleri 30
4.3.1. Toplam klorofil içeriği 30
4.3.2. Toplam karotenoid içeriği 31
4.4. Depolama Süresince Zeytinyağlarda Renk Değerleri 32
4.4.1. L^* değerindeki değişimler 33
4.4.2. a^* değerindeki değişimler 34
4.4.3. b^* değerindeki değişimler 35
4.5. Depolama Süresince Zeytinyağlarda Biyoaktif Özellikler 36
4.5.1. Depolama süresince toplam fenolik miktarı (TFM) 37
4.5.2. Depolama süresince toplam flavonoid miktarı (TFVM) 38
4.5.3. Depolama süresince toplam antioksidan kapasite (TAK) 39
4.6. Depolama Süresince Fenolik Bileşik Miktarları 41
4.7. Depolama Süresince Yağ Asitleri Kompozisyonu 46
4.8. Depolama Süresince Uçucu Aroma Profilleri 51
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER 60
KAYNAKLAR 63

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

NİZİP VE MARDİN'DE YETİŞTİRİLEN BAZI YAĞLIK ZEYTİN (*Olea Europaea* L.) ÇEŞİTLERİNDEN ÜRETİLEN NATÜREL SIZMA ZEYTİNYAĞLARIN DEPOLAMA SIRASINDA KALİTE ÖZELLİKLERİNDE MEYDANA GELEN DEĞİŞİMLERİN BELİRLENMESİ

Tuğba ASLAN

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ahmet Ferit ATASOY
2. Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Aziz KORKMAZ
Yıl: 2023, Sayfa: 70

Bu çalışmada *Derik Halhalı*, *Melkabazi* ve *Nizip Yağlık* zeytin çeşitlerinden soğuk sıkım (20±2 °C) tekniğiyle elde edilen zeytinyağları 100 ml amber cam şişelerde paketlenerek oda sıcaklığında ışık almayan bir ortamda 6 ay süreyle depolanmıştır. Bu kapsamda zeytinlerin pomolojik özellikleri, zeytinyağların ise serbest yağ asitliği (SYA), peroksit değeri (PD), özgül soğurma (ÖS), toplam klorofil-karotenoid, renk, toplam fenolik miktarı (TFM), toplam flavonoid miktarı (TFVM), toplam antioksidan kapasite (TAK), fenolik bileşik miktarı, yağ asitleri kompozisyonu ve uçucu bileşik düzeyleri araştırılmıştır. Tüm yağların depolama sonunda SYA, PD ve ÖS (270 nm) düzeyleri yönünden natürel sızma zeytinyağı için belirlenen yasal limitlere uygun olduğu belirlenmiştir. Melkabazi yağı 4. ay itibariyle, Derik Halhalı ve Nizip Yağlık örnekleri ise depolama sonunda ÖS (232 nm) değerleri bakımından natürel birinci zeytinyağı sınıfına girdiği tespit edilmiştir. Nizip Yağlık ve Derik Halhalı zeytinyağları yağ asit bileşimleri açısından limitlere uygunluk arz etmiştir. Melkabazi yağının oleik ve linoleik asit içeriklerinin depolama boyunca limitlere uymadığı belirlenmiştir. Tüm örneklerde TFM, TFVM, TAK ve toplam klorofil miktarlarının depolama sonunda azaldığı belirlenmiştir. 6 ay sonunda toplam karotenoid miktarı Derik Halhalı ve Melkabazi yağlarında artarken, Nizip Yağlık çeşidinde azalmıştır. L^* (parlaklık) değerleri depolama sonunda Nizip Yağlık>Derik Halhalı>Melkabazi şeklinde sıralanmıştır. Nizip Yağlık ve Derik Halhalı yağlarının Melkabazi yağına göre depolama sonunda daha yeşil bir tonda olduğu belirlenmiştir. Depolama başında en yüksek b^* (sarılık) değerine Melkabazi zeytinyağı sahip iken 6 ayın sonunda Melkabazi yağına ait b^* değeri en düşük bulunmuştur. Oleuropein, kateşin, kafeik asit, vanilik asit, p-kumarik asit, ferulik asit, pinoresinol, luteolin ve apigenin bileşikleri 6 ay süre zarfında azalırken tirosol ve hidroksitirosol bileşiklerinin arttığı tespit edilmiştir. Uçucu aroma bileşenleri depolama sırasında önemli değişimlere uğramıştır.

ANAHTAR KELİMELER: Depolama, fenolik bileşikler, soğuk sıkım, uçucu aroma profili, zeytinyağı.

ABSTRACT

MSc Thesis

DETERMINATION OF CHANGES IN THE QUALITY PROPERTIES OF NATURAL EXTRA OLIVE OIL PRODUCED FROM SOME OIL OLIVE (*Olea Europaea* L.) VARIETIES GROWN IN NIZIP AND MARDIN DURING STORAGE

Tuğba ASLAN

Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Food Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Ahmet Ferit ATASOY
2. Supervisor: Assist. Prof. Dr. Aziz KORKMAZ
Year: 2023, Page: 70

In this study, olive oils produced from *Derik Halhali, Melkabazi* and *Nizip Yaglik* olive varieties by cold pressed (20±2 °C) technique were packaged in 100 ml amber glass bottles and stored at room temperature without light for 6 months. In this context, pomological properties of olives and free fatty acidity (FFA), peroxide value (PD), specific absorption (PS), total chlorophyll-carotenoid, color, total phenolic content (TFM), total flavonoid amount (TFVM), total antioxidant capacity (TAC), phenolic compound, fatty acid composition and volatile compound levels of olive oils were investigated. It was determined that olive oils were in compliance with the legal limits determined for virgin olive oil in terms of FFA, PD and PS (270 nm) levels at the end of storage. It has been determined that Melkabazi oil is natural olive oil class in terms of PS (232 nm) values at the end of storage, and Derik Halhali and Nizip Yaglik samples as of the 4th month. Nizip Yağlık and Derik Halhali olive oils conformed to the limits in terms of fatty acid compositions. It was determined that oleic and linoleic acids content of Melkabazi oil did not comply with the limits during storage. It was determined that the amounts of TFM, TFVM, TAK and total chlorophyll in all samples decreased at the end of storage. At the end of 6 months, the total amount of carotenoids increased in Derik Halhali and Melkabazi oils, while it decreased in Nizip Yağlık varieties. L* (brightness) values were listed as Nizip Yağlık>Derik Halhali>Melkabazi at the end of storage. Nizip Yağlık and Derik Halhali oils were determined to be greener at the end of storage compared to Melkabazi oil. While Melkabazi olive oil had the highest b* (yellowness) value at the beginning of storage, the b* value of Melkabazi oil was found to be the lowest at the end of 6 months. Oleuropein, catechin, caffeic acid, vanillic acid, p-coumaric acid, ferulic acid, pinoresinol, luteolin and apigenin compounds decreased over a 6-month period, while tyrosol and hydroxytyrosol compounds increased. The volatile aroma components showed significant differences with storage time.

KEY WORDS: Storage, phenolic compounds, cold pressed, volatile aroma profile, olive oil.

TEŞEKKÜR

Tez konumun belirlenmesi ve yazımında tecrübeleri ile yol gösteren, Yüksek lisans eğitim sürecimde daima motive eden, akademik konularda bilgi ve tecrübesini aktaran, hocam Sayın Prof. Dr. Ahmet Ferit ATASOY'a teşekkürlerimi sunuyorum.

Analiz sürecinde laboratuvarda bütün bilgi birikimini benimle paylaşan, tez yazım sürecimde desteğini esirgemeyen tecrübesini aktaran, değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Aziz KORKMAZ'a teşekkürlerimi sunuyorum.

Tüm hayatım boyunca her an yanımda olan desteğini esirgemeyen anneme, ablalarım Emine BAYKARA ve Öznur BAYKARA'ya eniştelerim Burhan BAYKARA ve Ferhat BAYKARA'ya teşekkür ederim.

Tez sürecim boyunca her zaman yanımda olan moral ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen kuzenim Leyla YÜCEDAĞ ve dostlarım Güldest GÜNDÜZ ve Laleş SADAK'a çok teşekkür ederim.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 3.1. Melkabazi zeytin çeşidine ait ağaç, yaprak, meyve ve çekirdek görselleri..... 13
Şekil 3.2. Derik Halhalı zeytin çeşidine ait ağaç, meyve, yaprak ve çekirdek görselleri.....14
Şekil 3.3. Nizip Yağlık zeytin çeşidine ait meyve, çekirdek ve yaprak görseli. 14
Şekil 3.4. Zeytinyağı üretimi 15
Şekil 3.5. Melkabazi, Derik Halhalı, Nizip Yağlık zeytinyağı görselleri 16
Şekil 3.6. Laboratuvar ortamında vakum altında zeytinyağların filtrasyon işlemi 16
Şekil 3.7. Zeytinyağların depolanması..... 16
Şekil 4.1. Zeytinyağların depolama süresince SYA değerleri 26
Şekil 4.2. Zeytinyağların depolama süresince peroksit değerleri..... 27
Şekil 4.3. Zeytinyağların depolama süresince $ÖS_{232}$ değerleri 29
Şekil 4.4. Zeytinyağların depolama süresince $ÖS_{270}$ değerleri 29
Şekil 4.5. Zeytinyağların depolama süresince toplam klorofil içerikleri 31
Şekil 4.6. Zeytinyağların depolama süresince toplam karotenoid içerikleri 32
Şekil 4.7. Zeytinyağların depolama süresince L^* değerleri..... 34
Şekil 4.8. Zeytinyağların depolama süresince a* değerleri..... 35
Şekil 4.9. Zeytinyağların depolama süresince b* değerleri 36
Şekil 4.10. Zeytinyağların depolama süresince toplam fenolik miktarları..... 38
Şekil 4.11. Zeytinyağların depolama süresince toplam flavonoid miktarları..... 39
Şekil 4.12. Zeytinyağların depolama süresince toplam antioksidan kapasiteleri 41

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 1.1 Ülkelerin zeytin ekili alanları (x1000 Hektar) ……..…….. 1
Çizelge 1.2. Ülkelere göre dane zeytin üretim miktarları (x1000 ton) 2
Çizelge 1.3. Bölgeler bazında Türkiye'deki zeytinlik alanları (x1000 Dekar) 2
Çizelge 1.4. Bölgeler bazında Türkiye'deki zeytin üretim miktarları (Ton) 3
Çizelge 1.5. Ülkelere göre zeytinyağı üretim miktarları (x1000 Ton) 4
Çizelge 1.6. Ülkelere göre zeytinyağı tüketim miktarları (x1000 Ton) 4
Çizelge 4.1. Zeytinyağı üretiminde kullanılan zeytin çeşitlerinin bazı pomolojik özellikleri 24
Çizelge 4.2. Zeytinyağlarının depolama süresince yasal kalite parametreleri 25
Çizelge 4.3. Zeytinyağların depolama süresince toplam karotenoid ve toplam klorofil içerikleri (mg/kg) 30
Çizelge 4.4. Zeytinyağların depolama süresince renk değerleri 33
Çizelge 4.5. Zeytinyağların depolama süresince biyoaktif özellikleri 37
Çizelge 4.6. Zeytinyağların depolama süresince fenolik bileşik içerikleri 42
Çizelge 4.7. Zeytinyağların depolama süresince yağ asidi kompozisyonları (%) 47
Çizelge 4.8. Zeytinyağların depolama süresince aroma bileşik miktarları (mg/kg) 52

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

%	Yüzde
°C	Santigrat Derece
DPPH	2,2-Diphenyl-1-Picrylhydrazyl
FAO	Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
g	Gram
GC	Gaz kromatografi
HPLC	Yüksek performans sıvı kromatografi
IOC	International Olive Council
Kg	Kilogram
L	Litre
meq	Miliekivalan
mg	Miligram
ml	Mililitre
mmol	Milimol
ÖS	Özgül Soğurma
PD	Peroksit Değeri
SYA	Serbest Yağ Asitliği
TAK	Toplam Antioksidan Kapasite
TÇMYA	Toplam Çoklu Doymamış Yağ Asidi
TFM	Toplam Fenolik Miktarı
TFVM	Toplam Flavonoid Miktarı
UV	Ultra Viyole

1. GİRİŞ

Dünyada yetiştiriciliği yapılan en eski tarımsal ürünlerden biri olan zeytin (*Olea europaea* L.), tarih içerisinde pek çok efsaneye ilham kaynağı olmuş, eski uygarlıklara ait yazıtlarda ve kutsal kitaplarda yer edinmiştir (Efe ve ark., 2016; Özkaya ve ark., 2018; Topaklı ve Hepaksoy, 2019). Geçmişi yaklaşık 8 bin yıl öncesine dayanan bu bitkinin ana vatanı, Mezopotamya olarak bilinen Mardin, Maraş ve Hatay'ı kapsayan Güneydoğu Anadolu Bölgesi toprakları olarak bildirilmektedir. Dünyada, 1200'den fazla çeşidiyle büyük bir genetik zenginliğe sahip olan zeytin, şiltli ve kireçli topraklarda yetişebilmekle beraber kuraklığa ve yüksek sıcaklıklara da dayanıklıdır. Uygun iklim ve çevre koşullarından ötürü Akdeniz iklimine sahip alanlarda yayılım göstermiştir. Sağlık üzerindeki pozitif etkilerinden dolayı ve ekonomik değeri nedeniyle zeytin, günümüzde Akdeniz bölgesinin dışına çıkmış ve Dünyanın değişik coğrafyalarında da yetiştirilmeye başlanmıştır (Bayyiğit, 2018; Kaya, 2010; Topaklı ve Hepaksoy, 2019; Ataman, 2021).

Çizelge 1. 1 Ülkelerin zeytin ekili alanları (x1000 Hektar) (FAOSTAT, 2020)

Ülke Adı	2017	2018	2019	2020
İspanya	2 555	2 579	2 602	2 623
Tunus	948	1 534	1.607	3 642
İtalya	1 142	1 142	1 139	1 145
Fas	1 021	1 045	1 073	1 068
Yunanistan	793	963	903	906
Türkiye	846	864	879	887
Suriye	692	693	693	696
Cezayir	433	431	432	438
Portekiz	358	361	360	379
Libya	205	205	206	238
Arjantin	144	110	119	132
Mısır	92	90	90	100
Lübnan	61	66	62	62
Ürdün	56	57	57	59
Dünya	9 697	10 486	10 578	12 383

Zeytin ekili alanlarının büyük bir kısmı Akdeniz ülkelerinde yer almaktadır. 2017-2019 yılları arasında İspanya, zeytin ekiliş alanlarında ülkeler arasında 1.sırada

yer alırken, 2020 yılında Tunus 1. sırada yer almıştır. Bunu takip eden ülkeler sırasıyla İspanya, İtalya, Fas, Yunanistan ve Türkiye olmuştur (Çizelge 1.1).

Ülkelerin dane zeytin üretim rekoltesi yıldan yıla değişebilmektedir. Son yıllarda dane zeytin üretiminde İspanya açık ara olarak ilk sırada yer alırken, bunu takip eden ülkeler İtalya, Tunus, Fas ve Türkiye olmuştur (Çizelge 1.2).

Çizelge 1. 2. Ülkelere göre dane zeytin üretim miktarları (x1000 ton) (FAOSTAT, 2020)

Ülke Adı	2017	2018	2019	2020
İspanya	6 549	9820	5965	8 138
İtalya	2 598	1 954	2 194	2 207
Yunanistan	2 838	1 188	1 228	-*
Türkiye	2 100	1 500	1 525	1 317
Fas	1 039	1 561	1 912	1 409
Mısır	1 095	1 084	1 080	933
Tunus	500	828	877	2 000
Portekiz	876	739	997	723
Cezayir	684	861	869	1 080
Arjantin	400	304	326	367
Ürdün	145	125	215	173
Lübnan	158	145	135	136
ABD	174	49	152	61
Dünya	21 053	21 882	19 464	20 843

* Verisi bulunmamaktadır.

Ülkemizde Ege Bölgesi zeytinlik alanı ve zeytin üretimi bakımından en büyük paya sahiptir (Çizelge 1.3). 2020 TUİK verilerine göre ekiliş alanı bakımından Ege bölgesi ülke toplamının %52.73'ine sahip iken bunu sırasıyla Marmara, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi izlemiştir (TÜİK, 2020).

Çizelge 1. 3. Bölgeler bazında Türkiye'deki zeytinlik alanları (x1000 Dekar) (TUİK, 2020)

Bölge Adı	2017	2018	2019	2020
Ege	4 531	4 595	4 647	4 678
Marmara	1 661	1 678	1 687	1 692
Akdeniz	1 432	1 507	1 574	1 597
Güneydoğu Anadolu	815	842	862	883
Karadeniz	19	19	19	19
Toplam	8 461	8 644	8 792	8 871

Cumhuriyet kurulduğu yıllardan beri zeytinciliğe çeşitli kanallarla devlet destekleri sunulmuş ve zeytincilik zaman içerisinde büyüme ve gelişme göstermiştir (Tunalıoğlu, 2010). Türkiye'de, 1936 yılında 26,4 milyon olan zeytin ağacı sayısı 2015 yılında 165 milyonu aşmıştır (Efe ve ark., 2016). Ege ve Akdeniz kıyıları başta olmak

üzere Marmara ve Güneydoğu Anadolu'nun birçok yeri zeytin tarımı için uygun iklim özelliklerine sahip olduğu anlaşılmaktadır (Çizelge 1.4).

Çizelge 1. 4. Bölgeler bazında Türkiye'deki zeytin üretim miktarları (Ton) (TÜİK 2020)

Bölge Adı	2017	2018	2019	2020
Ege	1 141 418	676 619	794 172	633 298
Akdeniz	474 009	354 759	367 891	276 996
Marmara	439 920	328 541	303 806	307 432
Güneydoğu Anadolu	40 332	136 209	54 733	94 296
Karadeniz	1 456	1 525	1 551	1 576
Toplam x1000)	2 100	1 500.5	1 525	1 316.6

Türkiye zeytincilik yönünden geniş bir gen kaynağına sahip olup bugüne kadar tescili yapılmış 108 zeytin çeşidine ev sahipliği yapmaktadır. Ancak, bu çeşitlerden 30 kadarı yaygın yetiştirilirken diğerleri daha sınırlı olarak yetiştirilmektedir. Yağlık zeytin çeşitleri olarak üretilen başlıca zeytinler Ayvalık, Memecik, Kilis Yağlık, Nizip Yağlık ve Yağ Çelebi'dir (Efe ve ark., 2016).

Güneydoğu Anadolu Bölgesine ait yaygın zeytin çeşitleri ise; "Kilis yağlık, Nizip Yağlık, Halhalı (Derik), Eğriburun (Nizip), Kan Çelebi gibi çeşitlerdir. Bölgenin diğer çeşitleri; Belluti, Eğriburun (Tatayn), Halhalı Çelebi, Hamza Çelebi, Hırhalı Çelebi, Hursuki, İri Yuvarlak, Kalembezi, Melkabazı, Tespih Çelebi, Yağ Çelebi, Yağlık Çelebi, Yağlık Sarı Zeytin, Yuvarlak Çelebi, Yuvarlak Halhalı, Yün Çelebi, Zoncuk'tur" (Öztürk ve ark, 2019).

Mardin ve Nizip Güneydoğu Anadolu Bölgesinde zeytincilik açısından önemli iki ilimiz olup zeytin üretiminde önemli paylara sahiptir. Mardin'in Derik ilçesinde yetiştiriciliği yapılan yerel çeşitler arasında bulunan ve 1968 yılında Zeytincilik Araştırma Enstitüsü tarafından yapılan ilk seleksiyon çalışması ile korumaya alınarak, Milli Koleksiyonda bulunan Derik Halhalı, Zoncuk, Melkabazi, Belluti, Hursiki, Mavi, Kejik ve Gulliki önemli çeşitler arasında yer almaktadır (Ay, 2018). TUİK verilerine göre 2021 yılında Güneydoğu Anadolu Bölgesinde 72 658 ton zeytin üretimi gerçekleşmiştir. Mardin ilinin zeytin üretim payı 5 421 ton ile %7.46 iken Nizip ilçesinin üretim payı 10 036 ton ile %13.81'dir.

Çizelge 1. 5. Ülkelere göre zeytinyağı üretim miktarları (x1000 Ton) (IOC, 2020)

Ülke Adı	2017	2018	2019	2020
İspanya	1 262	1 790	1 125	1 596
Yunanistan	346	185	275	265
İtalya	429	174	366	255
Türkiye	263	194	225	210
Fas	140	200	145	160
Tunus	325	140	350	120
Portekiz	135	100	141	100
Cezayir	83	97	126	90
Mısır	40	41	42	40
Arjantin	45	28	30	27
Ürdün	21	21	35	25
Toplam	3 379	3 262	3 207	3 197

Zeytin ürünleri arasında ekonomik değeri en fazla olan ürün zeytinyağı olup sektörel olarak giderek büyüme göstermektedir. Son yıllarda zeytinyağı üretim ve tüketim oranları bakımından İspanya Dünyada birinci sırada yer alırken, Türkiye dördüncü sırada yer almıştır (Çizelge 1.5) (FAOSTAT, 2021).

Çizelge 1. 6. Ülkelere göre zeytinyağı tüketim miktarları (x1000 Ton) (IOC, 2020)

Ülke Adı	2016	2017	2018	2019	2020
İspanya	443	478	495	528	542
İtalya	439	580	453	490	511
ABD	315	315	351	400	357
Türkiye	150	177	163	175	170
Fas	120	120	150	140	140
Fransa	109	102	137	120	118
Yunanistan	105	130	121	115	115
Brezilya	60	77	86	104	97
Suriye	98	80	75	90	86
Cezayir	67	83	92	127	85
Portekiz	70	75	56	80	80
Japonya	55	56	69	70	78
Çin	44	44	52	58	66
Almanya	61	61	64	56	58
Avustralya	45	48	50	51	51
İngiltere	70	63	67	23	50
Kanada	40	47	47	58	49
Mısır	22	40	45	40	41
Tunus	21	40	40	50	35
S. Arabistan	28	34	38	38	34
Mısır	22	40	45	40	41
Tunus	21	40	40	50	35
S. Arabistan	28	34	38	38	34
Dünya	2 726	3 039	3 057	3 234	3 186

Tüketici sağlığı üzerindeki olumlu etkilerinden dolayı zeytinyağı tüketimi Dünya'da giderek yaygınlaşmaktadır. Uluslararası Zeytin Konseyi verilerine göre en fazla zeytinyağı tüketen ülkeler sırasıyla İspanya ve İtalya olmuştur. Amerika Birleşik Devletleri zeytinyağı üretiminde ilk 10'da yer almamasına rağmen tüketim konusunda son yıllarda 3. sırada yer aldığı görülmektedir. Ülkemiz ise 2020 itibariyle 4. sırada yer almıştır (Çizelge 1.6).

Zeytin meyve haliyle doğrudan tüketilemediği için farklı üretim yöntemleri kullanılarak yağa ya da sofralığa işlenebilmektedir (Tunalıoğlu ve Bektaş, 2010). Zeytinyağı, zeytin ağacı meyvelerinden sadece mekanik yollarla elde edilip doğal haliyle tüketilebilen tek bitkisel yağ olup şeffaf, yeşilimsi/sarımtırak bir renge sahip ve oldukça aromatik bir sıvıdır (Yorulmaz ve Tekin, 2008; Armutcu ve ark., 2013).

İnsan sağlığı için oldukça önemli olan zeytinyağı; yağ asitleri, E vitamini, karotenoidler, oleorupein, yüksek oleik asit, vitaminler, steroller ve fenolik bileşenler gibi sağlığa faydalı maddeler içermektedir. Zeytinyağı tüketiminin kalp-damar, obezite, metabolik sendrom, tip 2 diyabet, hipertansiyon ve Alzheimer risklerini azaltmakla birlikte, DNA ve RNA'da da oksidatif hasara karşı koruyucu etkilere sahip olduğu bildirmektedirler (Türk, 2015; Uylaser ve Yıldız, 2014; Armutcu ve ark., 2013; Özdoğan ve Tunalıoğlu, 2017). Ayrıca, zeytinyağı tüketiminin kandaki kolestrol seviyesinin düzenlenmesine ve kötü huylu tümörlerin riskinin azaltılmasına katkı sağladığı aktarılmaktadır (Uylaser ve Yıldız, 2014).

Zeytinyağının özellikleri zeytin çeşidi, zeytinin yetiştirildiği coğrafi yöre, iklim, hasat zamanı, hasat şekli, hasat edildikten sonra taşıma, üretim, ambalajlama ve depolama gibi birçok faktör etkileyebilmektedir. Bu nedenle her zeytinyağına ait karakteristik özelliklerin belirlenmesi ve tanımlanması gerekmektedir. Güneydoğu Anadolu Bölgesine ait zeytin çeşitlerinden elde edilen zeytinyağlarının karakterizasyonun belirlenmesine ait bilimsel çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Literatürde *Melkabazi* çeşidinden elde edilen zeytinyağında yapılan bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

Bu tez çalışması ile zeytinlerin pomolojik özellikleri, zeytinyağların ise serbest yağ asitliği (SYA), peroksit değeri (PD), özgül soğurma (ÖS), toplam klorofil-karotenoid, renk, toplam fenolik miktarı (TFM), toplam flavonoid miktarı (TFVM), toplam antioksidan kapasite (TAK), fenolik bileşik miktarı, yağ asitleri kompozisyonu ve uçucu aroma profillerinde meydana gelen değişimler depolama süresince incelenmiştir. Böylelikle;

i. Güneydoğu Anadolu Bölgesine ait başlıca zeytin çeşitlerinden elde edilen zeytinyağların karakteristik özelliklerini ortaya koymak,
ii. Yağların depolama süresince kalite parametrelerinde meydana gelebilecek değişimleri belirlemek,
iii. Bu zeytin ve zeytinyağı çeşitlerinin tanınırlığını artırarak bölge ekonomisinin gelişmesine katkı sağlanması amaçlanmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Zeytin meyvesi üç kısımdan oluşmaktadır. Bu kısımlar; 1. Epikarp: Meyve kabuğu (%1-2), 2. Perikarp: Yağ ve su hücrelerinin yer aldığı kısımdır ve meyve eti ile meyve kabuğu kısımlarından oluşmaktadır. Bu iki kısım meyve ağırlığının yaklaşık %66-85'ine denk gelmektedir. 3. Endokarp: Çekirdek meyve ağırlığının %13-30'unu teşkil etmektedir. Zeytin eti ortalama %50 nem, %22 yağ, %1.6 protein, %19.1 karbonhidrat, %5.8 selüloz ve %1.5 inorganik madde içermektedir. Ancak bu oranlar her zeytin meyvesi için değişmektedir. Zeytin tanesinin kimyasal bileşiminde pektin, organik asitler, pigmentler, fenoller de yer almaktadır. Organik asitler metabolik aktivite göstermektedir ve diğer bileşiklerin oluşumu ve bozunmasından kaynaklanan ara ürünlerdir. Meyvenin olgunlaşma periyodunda lipid biyosentezinden sorumlu öncü maddeler ile yağ içeriği arasında pozitif bir ilişki olduğu öne sürülmüştür (Altunoğlu, 2021).

Zeytinyağı yaklaşık %98 oranında trigliseritleri içermekle beraber %2 oranında da fenolik maddeler, steroller, hidrokarbonlar, alifatik ve triterpenik alkoller, uçucu bileşenler, yağ asitleri ve antioksidanlar gibi 230 farklı minör bileşeni içeren bir karışımdır. Bu nedenlerden dolayı zeytinyağı içeriğini temel bileşenler ve diğer bileşenler olmak üzere 2 bölümde incelemek mümkündür. Temel bileşenler içerisinde yağ asitleri ve trigliseritler yer almaktadır. Diğer bileşenler bakımından ise özellikle fenolik maddeler, steroller, pigmentler, fosfatitler ile tat ve koku maddeleri sayılabilmektedir. Fenolik maddeler, zeytinyağının temel antioksidanları olmakla beraber karotenler ile hidrofilik ve lipofilik fenolleri de içeren maddeler olarak tanımlanmıştır (Yorulmaz ve Tekin, 2008; Bıyıklı, 2009).

Türk Gıda Kodeksi Zeytinyağı ve Pirina Yağı Tebliği'nde (2017), "zeytinyağı; sadece zeytin ağacı, *Olea europaea* L. meyvelerinden elde edilen yağlardır. Çözücü kullanılarak ekstrakte edilen veya reesterifikasyon işlemi ile doğal trigliserid yapısı değiştirilmiş yağlar ve diğer yağlarla karışımı bu tanımın dışındadır. Natürel sızma zeytinyağı; doğrudan tüketime uygun, serbest yağ asidi oleik asit cinsinden her 100

gramda 0.8 gramdan fazla olmayan ve en kaliteli yağ şeklinde tanımlanmıştır" (Türk Gıda Kodeksi, 2017).

Halhalı zeytin çeşidi Mardin, Hatay, Gaziantep, Kahramanmaraş civarında yetiştirilmekte, Nizip yağlık zeytin çeşidi ise Gaziantep iline bağlı Nizip ilçesinde, Kahramanmaraş ve Mardin'de yetiştirilmektedir. Nizip yağlık çeşidi soğuk ve sıcağa karşı dayanıklı olması, verimli üretimi ve birçok bölgeye uyum sağlayabilmiş çeşit özelliği ile Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin önemli bir zeytin çeşidi olarak bilinmektedir (Canözer, 1991; Kesen ve ark., 2013; Berk, 2019).

Depolama süresinin zeytinyağların kalite parametrelerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada cam şişelerde paketlenen yağların SYA değerlerinin (% oleik asit) altı aylık depolama sonunda artış gösterdiği, bu değerin 0.37 ile 0.45 arasında değiştiğini ve bu artışa bağlı olarak oksidatif acılaşmanın yükseldiğini belirlemişlerdir. Araştırmada, bazı yağlara ait PD düzeylerinin (meq O_2 /kg yağ) üçüncü ve altıncı aylar arasında arttığını, bazılarında ise bu sürede azalma olduğu bulunmuştur (Mendez ve Falque; 2007).

Natürel sızma zeytinyağın amber cam şişelerde oda sıcaklığında 12 ay depolayan Sicari ve ark. (2010) SYA (% oleik asit) ve PD (meq O_2 /kg) düzeylerinin depolama sonunda arttığını, depolama başında 579.1 ppm olan TFM düzeyini 12. ayda 419.5 ppm'e düştüğünü tespit etmişlerdir. Ayrıca vanilik asit, p-hidroksibenzoik asit, p-coumaric asit, o-coumaric asit, ferulik asit ve pinoresinol miktarlarının depolama sonunda azaldığı, apigenin, luteolin, cinnamic asit, hidroksitirosol ve tirosol düzeylerinin ise arttığını tespit etmişlerdir. Araştırmacılar zeytinyağında saklama süresinin değişken olduğunu fakat yaklaşık 12-18 ayı geçmemesi gerektiğini önermişlerdir.

Gomez ve ark (2007), 7 farklı zeytin çeşidinden elde edilen natürel sızma zeytinyağlarını oda sıcaklığı ve ışık almayan bir ortamda 21 ay depolayarak incelemişlerdir. Depolama sonunda tüm yağlarda TFM'nin azaldığı, doymamış yağ asidi bileşiminde çok az değişiklik gözlendiği, oleik asitte saptanabilir bir değişikliğin

olmadığını tespit etmişlerdir. Linoleik asidin %2.1 ile %3.8 arasında azaldığı, linolenik asidin %5.8 ile %10.0 arasında değiştiği ve ÖS değerlerinin ise depolama süresince artarak zeytinyağlarında üst limit olan $K_{232} \leqslant 2.60$'ı da aştığını belirlemişlerdir.

2005 ve 2008 üretim sezonunda elde edilen natürel zeytinyağların paslanmaz çelik tanklarda ve oda sıcaklığında depolanarak incelendiği çalışmada (Yılmaz ve Aday, 2011), örneklerin SYA, L^* ve a^* parametreleri ve konjuge dien düzeylerinde depolama süresince önemli bir artışın olduğu buna karşın TFM ve b^* değerlerinde ise düşüş olduğu saptanmıştır. Araştırmacılar sızma zeytinyağlarının pazarlama amacıyla 3 yıldan fazla depolanmaması gerektiğini önermişlerdir.

Ben ve ark. (2013), yaptıkları çalışmada Chemlali (Tunus) ve Coratina (İtalya) zeytin çeşitlerinden elde edilen sızma zeytinyağları farklı depolama koşullarında 9 ay boyunca izlemişlerdir. Bu süre zarfında yağlarda tüm aroma bileşiklerin azaldığı tespit edilmiştir. Zeytinyağı kalite kaybının başlıca nedenlerinden birinin oksidasyon olduğu, zeytinyağı kalitesinin çeşit, çevresel koşullar, kültürel ve hasat uygulamaları gibi çeşitli faktörlerden etkilendiği ayrıca kalite değerlendirilirken C_5-C_6 bileşiklerin varlığının önem arz ettiği araştırmacılar tarafından belirlenmiştir.

Boussahel ve ark (2020), yaptıkları çalışmada Tefahi, Gelb Elfarroudj, Chemlali, Manzanilla ve Zebboudj zeytin çeşitlerinden 30 °C sıcaklığında zeytinyağı elde etmişlerdir. Zeytinyağı ekstraksiyonu için kullanılan tekniklerin zeytinyağı kalitesinde önemli bir rol oynadığı zeytinyağı üretiminde malaksiyon sıcaklığını 30 °C altına düşürmenin daha iyi zeytinyağı kalitesi sağlayabileceklerini önermişlerdir.

2010 ve 2012 hasat yıllarına ait Halhalı çeşit zeytin türünden elde edilen zeytinyağında yapılan bir çalışmada Kesen ve ark. (2013), 44 çeşit uçucu bileşik tespit etmişlerdir. Ayrıca zeytinyağında bulunan en baskın fenolik bileşikler sırasıyla elenolik asit, tirosol ve hidroksitirosol olarak belirlenmiştir.

Zeytinyağlarını karanlık ortamda, renkli cam şişelerde ve oda sıcaklığında (20-30 °C) 12 ay boyunca depolayarak inceleyen Karakuş (2015), zeytinyağlarının SYA

(% oleik asit) düzeylerin depolamada arttığını tespit etmiştir. Depolamanın ilk üç ayında PD, ÖS (232 nm), ÖS (270 nm) değerlerinde hafif artışlar olduğu ve dördüncü ay itibariyle ise önemli artışların meydana gelerek limit değerlerini aştığı tespit edilmiştir. Dikkat çeken bir husus olarak PD 10. aydan sonra azalmıştır. Araştırmacı zeytinyağlarının kalite parametrelerine ambalaj tipinin ve depolama süresinin etki ettiğini vurgulayarak; ışık geçirmeyen, saydam olmayan cam şişelerde veya teneke/paslanmaz çelik ambalajlarda muhafaza edilmesini önermiştir.

Demir (2018), Sarı Ulak ve Saurani zeytin çeşitlerine ait meyve boylarını sırasıyla 24.23 mm, 21.72 mm, meyve enlerini sırasıyla 14.97 mm ve 16.12 mm olarak tespit etmiştir.

Konuşkan ve Mungan (2016), Mardin ve Hatay'da yetiştirilen Halhalı ve Gemlik zeytin çeşitlerinden elde edilen zeytinyağlarını 4 farklı meyve olgunlaşma periyodunda incelemişlerdir. Yağların kalite parametrelerinin zeytin çeşidi, meyve olgunluğu ve yetiştirildiği bölgeye bağlı olarak değiştiğini tespit etmişlerdir.

Türkoğlu ve Kanık (2012), 10 farklı zeytinyağında yaptıkları çalışmada Gemlik, Nizip Yağlık, Derik ve Kızıltepe Yeşili zeytinyağı örneklerinin SYA düzeylerinin (% oleik asit) 1'den küçük olduğunu ve Nizip yağlık çeşidine ait zeytinyağının en yüksek oranda TFM içerdiğini belirlemişlerdir.

Güney Fransa ve İspanya zeytinyağların kimyasal bileşimlerinde depolama süresince (9 ay) meydana gelebilecek değişikliklerin incelendiği bir çalışmada Cavalli ve ark. (2004), C_5 ketonların ve C_6 alkollerin depolamada artış gösterdiğini, trans 2-hekzanal içeriğinin ise azaldığını tespit etmişlerdir. Araştırmacılar bu bileşiklerin zeytinyağı kalitesini değerlendirmekte bir işaret olarak kullanılabileceğini vurgulamışlardır.

Amanpour ve ark. (2019), farklı 3 hasat zamanına ait Nizip Yağlık zeytin çeşidini karakterize ettikleri çalışmada zeytin olgunluğunun zeytinyağı kalitesini değerlendirirken önem arz ettiğini belirlemişlerdir. Ham ve orta olgunluk derecesine

sahip zeytinlerden elde edilen yağların olgun zeytinlere kıyasla daha yüksek oranda aroma bileşiği içerdiğini özellikle yeşil ve meyvemsi aroma bileşiklerinin daha yüksek konsantrasyonda bulunduğunu belirlemişlerdir.

Ghanbarıshendi (2016), Tavşan Yüreği, Beylik, Uslu ve Saurani zeytin çeşitlerinden elde edilen zeytinyağların kalite özelliklerini 12 ay depolama süresince izlemiştir. TFM, luteolin ve apigenin miktarlarının depolama süresince tüm örneklerde azaldığı, bazı zeytinyağlarda ise oleuropeinin hidrolizi nedeniyle tirozol ve hidroksitirozol düzeylerinin artış gösterdiği belirlenmiştir. Filtre edilen ve edilmeyen tüm yağların L^*, a^*, b^* değerlerine bağlı olarak renk tonunun yeşilden sarıya doğru açıldığı ve yağlarda en yüksek oranda bulunan fenolik bileşiğin luteolin olduğu araştırmacı tarafından tespit edilmiştir.

2006/2007, 2007/2008 ve 2008/2009 hasat yıllarına ait 18 farklı zeytin çeşidinden elde edilen zeytinyağların özelliklerini inceleyen Yorulmaz (2009), zeytinyağlarda temel fenolik bileşikleri luteolin, trans sinnamik asit ve luteolin-7-glikozit olarak belirlemiştir. Araştırmacı, zeytinde bulunan fenolik bileşiklerin büyük bir çoğunluğu zeytinyağı üretim aşamasında suyla uzaklaştığı özellikle glikozit yapısında olan fenolik bileşliklerin suda çözünürlüğü daha fazla olduğu için zeytinyağında miktarlarında önemli azalmalar olduğunu belirlemiştir. Araştırmada zeytinyağlarının TFM düzeylerinin yıllara göre farklılık gösterdiği bildirilmiştir.

Morello ve ark. (2004), yaptıkları çalışmada Arbequina zeytin çeşidinden elde edilen sızma zeytinyağlarını oda sıcaklığında, amber cam şişelerde ve karanlık bir ortamda 12 ay depolayarak incelemişlerdir. Depolama sonunda tüm yağların klorofil düzeyinde azalmanın gerçekleştiği erken hasat edilen zeytinlerden üretilen yağların olgunlaşmış zeytinlerden üretilen yağlara göre yaklaşık %10 oranında daha yüksek klorofil içerdiği araştırmacılar tarafından tespit edilmiştir. Depolama süresi boyunca TFM'nin azaldığı, depolama süresinin düşük düzeyde bulunan vanilik asit üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı fakat geri kalan tüm fenolik bileşiklerin konsantrasyonunda önemli bir azalmanın gerçekleştiği bulunmuştur.

Ghanbarıshendi ve ark. (2018), Hatay ilinde yetiştirilen Saurani zeytin çeşidinden soğuk sıkım (27 °C) yöntemiyle elde edilen naturel sızma zeytinyağlarını nitrojen gazı eşliğinde amber cam şişelerde, oda sıcaklığında (18-24 ℃) 12 ay depolama süresince incelemişlerdir. Zeytinyağlarının SYA miktarının depolama sırasında arttığı, ancak yasal sınırları aşmadığı belirlenmiştir. Renk değerlerinin depolamada yeşilden sarıya döndüğü, PD'nin depolamanın 7. Ayında en yüksek değere ulaştığı, oksidasyon göstergesi olan ÖS (232 nm) ve ÖS (270 nm) düzeylerinin depolamada düzensiz değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Ayrıca tirozol düzeyinde 12 aylık sürede önemli bir değişim olmadığı, 3,4-dihidroksibenzoik asit, 4-hidroksibenzoik asit, m-kumarik, o-kumarik, oleuropein, luteolin ve apigenin konsantrasyonlarında depolama sonunda azalma gerçekleştiği buna karşın tirozol düzeyinde artış olduğu belirlenmiştir. Tüm fenolik bileşikler arasında bol miktarda bulunan bileşiğin luteolin olduğu araştırmacılar tarafından bulunmuştur.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Melkabazi, Derik Halhalı ve Nizip Yağlık zeytin çeşitleri materyal olarak kullanılmıştır. Melkabazi (Şekil 3.1) ve Derik Halhalı (Şekil 3.2) zeytinleri Mardin ilinin Derik ilçesinde bulunan zeytin bahçelerinden elde edilmiştir. Nizip Yağlık (Şekil 3.3) ise Nizip'teki bir bahçeden el ile hasat edilerek aynı gün içerisinde zeytinyağına işlenmiştir. Her bir çeşitten erken ve orta olgunluğa (olgunluk indeksi 1-2) sahip olanlar arasından seçilen sağlam taneli zeytinler soğuk sıkım (20±2 °C) koşullarında natürel sızma zeytinyağına işlenmiştir.



Şekil 3. 1. Melkabazi zeytin çeşidine ait ağaç, yaprak, meyve ve çekirdek görselleri



Şekil 3. 2. Derik Halhalı zeytin çeşidine ait ağaç, meyve, yaprak ve çekirdek görselleri



Şekil 3. 3. Nizip Yağlık zeytin çeşidine ait meyve, çekirdek ve yaprak görseli (Canözer, 1991)

3.1.1. Zeytinyağların üretimi ve depolaması

Zeytinyağı üretiminde butik ölçekli makine (Kocamaz Makine, Ekolojik 800) kullanılmıştır. İlk olarak bir fan yardımıyla zeytinlerin dal ve yaprakları temizlenmiştir. Daha sonra su ile yıkanan zeytinler kırıcı yardımıyla hamur kıvamına ezilmiş ve malaksöre alınarak 25 dakika boyunca karıştırılmıştır (20±2 °C). Malaksiyon işleminin ardından zeytin hamuru dekantöre alınarak prina ve yağ fazı ayrılmıştır (Şekil 3.4). *Melkabazi*, *Nizip Yağlık* ve *Derik Halhalı* zeytin çeşitlerinden elde edilen zeytinyağları (Şekil 3.5) laboratuvar ortamında vakum altında basit filtre kağıdıyla süzülmüştür (Şekil 3.6). Zeytinyağları 6 ay boyunca 100 ml'lik koyu renkli (amber) cam şişelerde (Şekil 3.7) paketlenerek oda sıcaklığında ve ışık almayan bir ortamda depolanmıştır.



Şekil 3. 4. Zeytinyağı üretimi



Şekil 3. 5. Melkabazi, Derik Halhalı, Nizip Yağlık zeytinyağı görselleri



Şekil 3. 6. Laboratuvar ortamında vakum altında zeytinyağların filtrasyon işlemi



Şekil 3. 7. Zeytinyağların depolanması

3.2. Yöntem

3.2.1. Zeytinlerin pomolojik özellikleri

Zeytinyağı üretiminde kullanılan zeytin çeşitlerinin pomolojik özellikleri olarak zeytin meyvesi ve çekirdeği için en/boy uzunlukları oranı, meyve eti ağırlığı/çekirdek ağırlığı oranları, 1 kg'da dane sayısı, 100 tane meyve ağırlığı ve çekirdek ağırlıkları belirlenmiştir. Ebat ölçümleri için 20 adet zeytin rastgele seçilmiştir. Bu zeytinlerin en ve boy uzunlukları ölçüldükten sonra bir bıçak yardımıyla meyve eti çekirdekten ayrılmış ve çekirdeklerin de en-boy uzunlukları belirlenmiştir. Ağırlık ölçümleri hassas terazi ile uzunluk ölçümleri ise dijital kumpasla belirlenmiştir (Canözer, 1991).

Zeytinlerin olgunluk indeksi Vinha ve ark. (2005) metoduna göre belirlenmiştir. 100 adet zeytin rastgele seçilerek kabuk rengine göre 0'dan 7'ye kadar numaralandırılmıştır. Bu skalada meyve kabuğu koyu yeşil renkte olan zeytinler 0'a, koyu siyah renge sahip zeytinler ise 7'ye karşılık gelmektedir. Olgunluk indeksi denklem 3.1'de yer alan eşitliğe göre hesaplanmıştır.

$$Oİ = (ax0 + bx1 + cx2 + dx3 + ex4 + fx5 + gx6 + hx7) \quad (3.1)$$

Oİ: Olgunluk indeksi

a-h: Farklı renklerdeki zeytinlerin sayısı

0-7: Zeytinlerin renklerine göre verilen numara (0: En yeşil; 7: en koyu siyah)

Zeytinlerin yağ analizi Shoxhlet Metodu ile belirlenmiştir. Püre haline getirilen 15 g zeytin etüvde 105 °C'de sabit tartıma gelinceye kadar kurutulmuştur. Çözücü olarak n-hekzan kullanılarak tam otomatik soxhlet cihazıyla (Gerhardt SOX-416) ekstraksiyon yapılmıştır (3 saat). Ekstraksiyon sonunda balondaki yağ etüvde sabit tartıma gelinceye kadar (2 saat) 105 °C'de bekletilmiştir. Yağ miktarı denklem 3.2'de yer alan eşitliğe göre belirlenmiştir (Kesen ve ark., 2014).

$$\text{Toplam yağ oranı (\%)} = (M2 – M1/w) \times 100 \quad (3.2)$$

M1: Sabit tartımdaki balonun ağırlığı (dara) (g)

M2: Sabit tartıma gelmiş balonun toplam ağırlığı (g)

w: Tartılan örnek miktarı (g)

3.2.2. Yasal kalite parametreleri analizleri

Zeytinyağlarının yasal parametreleri olarak SYA, PD, ÖS (232 nm) ve ÖS (270 nm) değeri analizleri Türk Gıda Kodeksi Zeytinyağı ve Pirina Yağı Analiz Metotları Tebliği'ne göre yapılmıştır (Türk Gıda Kodeksi, 2014).

3.2.3. Toplam klorofil ve toplam karotenoid analizi

Zeytinyağı örneklerindeki toplam klorofil ve toplam karotenoid içerikleri Minguez-Mosquera ve ark. (1991) metoduna göre yapılmıştır. Bu amaçla, 7.5 g zeytinyağı tartılarak siklohekzan ile hacim 25 ml'ye tamamlanmış ve daha sonra spektrofotometrede (Biochrom Libra S70) 470 nm ve 670 nm dalga boylarında absorbans ölçümleri yapılmıştır. Spektrofotometrede kör okuma için siklohekzan kullanılmıştır. Toplam karotenoid miktarı lutein cinsinden, toplam klorofil içeriği ise feofitin cinsinden denklem 3.3 ve denklem 3.4'de yer alan formüllere göre mg/kg olarak hesaplanmıştır.

$$\text{Toplam karotenoid içeriği} = (A470 \times 10^6) / (2000 \times 100 \times d) \quad (3.3)$$

$$\text{Toplam klorofil içeriği} = (A670 \times 10^6) / (613 \times 100 \times d) \quad (3.4)$$

A: 470 ve 670 nm dalga boyunda okunan absorbans değeri

d: spektrofotometre hücre kalınlığıdır (1 cm).

3.2.4. Renk analizi

Zeytinyağı örneklerinin renk değerleri Hunterlab Color Quest XE cihazı ile incelenmiş ve sonuçlar L* (açıklık), a* (kırmızlık ve yeşillik), b* (sarılık ve mavilik) terimleri kullanılarak ifade edilmiştir (Doğru, 2019).

3.2.5. Toplam fenolik miktarı (TFM) analizi

Zeytinyağlarındaki TFM analizi Uluslararası Zeytin Konseyi (IOC), (2017) fenolik bileşik fraksiyonlarının analizi için önerdiği ekstraksiyon metodu biraz değiştirilerek uygulanmıştır. 3 g zeytinyağı örneği santrifüj tüpü içerisinde tartılarak üzerine 3 ml metanol (%80'lik) 1.5 ml hekzan ve internal standart olarak 0.5 ml şiringik asit (60 ppm) eklenmiştir. Hazırlanan karışım vorteksle 2 dakika karıştırıldıktan sonra 5000 rpm hızda ve 10 C'de 5 dakika süreyle santrifüj edilmiştir. Metanollü üst faz başka bir tüpe alınarak ekstraksiyon bir kez daha tekrarlanmıştır. Daha sonra, üst fazlar birleştirilerek 3 ml hekzan ile 2 kez yıkanmış ve hekzan fazı ekstraktan alındıktan sonra tüplerin son hacimleri metanol ile (%80) 7 ml'ye ayarlanmıştır. Elde edilen ekstrakt TFM, TFVM, TAK (DPPH) ve fenolik bileşik miktarı tayininde kullanılmıştır.

TFM tayini Folin–Ciocalteu metodu ile spektrofotometrik olarak belirlenmiştir. Daha önce hazırlanan ekstraksiyondan 100 µl bir tüpe alınarak üzerine 900 µl saf su ve 5 ml Folin-Ciocalteu Reaktifi (FCR) eklenerek karışım kuvvetlice çalkalanmış ve 8 dakika bekletilmiştir. Sonra üzerine 5 ml sodyum karbonat (%7.5) ilave edilip vortekste karıştırılmıştır (20 saniye). Daha sonra bu karışım oda sıcaklığında karanlık bir ortamda 2 saat bekletilmiş ve spektrofotometrede 765 nm'de absorbans ölçümleri okunmuştur. Gallik asidin farklı konsantrasyonlarında hazırlanmış çözeltileri ile kalibrasyon eğrisi oluşturulmuş ve bu eğriyle elde dilen sonuçlar mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/kg yağ olarak hesaplanmıştır (Capanoglu ve ark., 2013).

3.2.6. Toplam flavonoid miktarı (TFVM) analizi

TFVM tayini için Kiai ve Hafidi (2014) metodu biraz modifiye edilerek kullanılmıştır. Hazırlanan metanolik ekstraktan 0.4 ml bir tüpe alınarak üzerine 4 ml saf su ve 0.3 ml %'lik sodyum nitrit ($NaNO_2$) eklenerek iyice karıştırılmıştır. 5 dakika sonra üzerine 0.5 ml 10'luk alüminyum klorür ($AlCl_3$) ilave edilerek karıştırılmıştır. 6 dakika sonra 2 ml sodyum hidroksit (1 M, NaOH) ve 3 ml saf su eklenerek karışım iyice çalkalanmıştır. Daha sonra spektorofotometrede 510 nm dalga boyunda

absorbans okuması yapılmıştır. Standart olarak kateşin kullanılıp hesaplama bu standardın farklı konsantrasyonlarıyla elde edilmiş kalibrasyon eğrisine göre belirlenerek sonuçlar mg katekşin eşdeğeri (KE)/kg yağ olarak ifade edilmiştir.

3.2.7. Toplam antioksidan kapasite (TAK): DPPH analizi

Zeytinyağların TAK miktarlarının belirlenmesinde Makhlouf-Gafsi (2018) metodu biraz değiştirilerek ve 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radikali temizleme metodu kullanılarak analiz yapılmıştır. Hazırlanan metanolik ekstraktan 0.5 ml bir tüpe alınarak üzerine metanol içerisinde hazırlanmış 3 ml DPPH çözeltisi (60 µM) ilave edilip inkübasyona bırakılmıştır (30 dakika). Daha sonra 517 nm dalga boyunda absorbans okuması yapılmıştır. Bu arada, farklı konsantrasyonlarda hazırlanmış troloks standart çözeltileri kullanılarak DPPH konsantrasyonunu yarıya kadar (%50) azaltan IC_{50} değeri için kalibrasyon eğrisi oluşturulmuştur. Örneklerin metanolik ekstraktlarına ait IC_{50} değerinin belirlenmesinde farklı derişimlerdeki örnek ekstraktları kullanılarak her örnek için bir eğri oluşturulmuştur. Örneklerin TAK değeri troloks cinsinden hesaplanmış ve mg troloks eşdeğeri (TE)/kg yağ olarak ifade edilmiştir.

3.2.8. Fenolik bileşik analizi

Zeytinyağlardaki fenolik bileşiklerin analizi Yüksek Basınç Sıvı Kromatografisi (HPLC) cihazıyla yapılmıştır (Waters Alliance e2695). Hazırlanan metanolik ekstrakt 0.45 µm PVDF enjektör filtreden geçirilerek 1 ml'lik amber renkli cam viale alınmış ve sonrasında HPLC'ye enjekte edilmiştir. Fenolik bileşiklerin ayrılmasında Inerstsustain C18 (4.6x250 mm, 5µm) kolonu kullanılmıştır. HPLC koşulları Veneziani ve ark., (2018) metodu biraz modifiye edilerek uygulanmıştır. Mobil faz olarak pH değeri 2.10 ayarlanmış fosforik asit çözeltisi ile metanol: asetonitril (9:1) karışımı (B) kullanılmış ve akış zamanı 73 dakika olarak ayarlanmıştır. Mobil faz gradient şekilde sisteme verilmiştir. İlk 2 dakika A %95, 8 dakika içerisinde A %75'e, 10 dakikada A %60'a, 16 dakikada A %50'ye ve sonraki 14 dakika içerisinde A %0'a ayarlanmıştır. Mobil fazların bu son oranları (A %0/B %100) 10 dakika sabit kaldıktan

sonra kolonun tekrar dengeye gelebilmesi amacıyla 13 dakikada mobil faz ilk programına (A %95/B %0.5) getirilmiştir. Akış hızı 1 ml/dakika, enjeksiyon hacmi 10 µl ve kolon sıcaklığı 35 °C'ye ayarlanmıştır.

Fenolik bileşikler ticari olarak temin edilebilen standart maddeler kullanılarak Photodiode Array (DAD) detektörü (Waters 2998) ile belirlenmiştir. Bu standart maddelerden oleuropin, hidroksitirosol, tirosol, kateşin, kafeik asit, vanilik asit, şiringik asit (İS), p-qumarik asit, trans-ferrulik asit ve pinoresinol 280 nm'de; apigenin ve luteolin ise 335 nm'de belirlenmiştir. Fenolik bileşiklerin miktar tayinleri her birinin farklı konsantrasyonlarıyla oluşturulan kalibrasyon eğrilerinden hesaplanmış ve sonuçlar mg/kg olarak ifade edilmiştir.

3.2.9. Yağ asitleri kompozisyonu analizi

Örneklerdeki yağ asitleri, metil esterlerine dönüştürülerek belirlenmiştir (European Union Commission, 1991, Regulation EEC 2568/91). Metil esteri oluşturulan yağ asitlerinin kompozisyonu gaz kromatografisi (GC) (Shimadzu QP2020) ve buna bağlı Alev-iyonizasyon dedektörü (FID) ile tayin edilmiştir. 15 ml'lik deney tüpüne 0.1 g zeytinyağı örneği tartılarak üzerine 10 ml n-hekzan eklenmiş ve kapağı kapatılarak kuvvetlice çalkalanmıştır. Sonra, üzerine metanolde hazırlanmış 0.5 ml KOH (2N) eklenmiş ve tekrar kapatılarak iyice karıştırılıp 2 saat karanlık ortamda bekletilmiştir. Daha sonra, berrak üst fazdan 1 µl alınarak GC sistemine enjekte edilmiştir. Enjeksiyon sıcaklığı 250, enjeksiyon modu split (1/100) ve basınç 250 kPa olarak ayarlanmıştır. Yağ asitlerinin tanımlanmasında karışım halindeki yağ asidi standartları (37 adet) baz alınmış ve bunların alıkonma süresine göre tanımlama yapılarak örneklerin yağ asidi kompozisyonu % olarak belirlenmiştir.

3.2.10. Uçucu aroma analizleri

Zeytinyağların uçucu bileşik miktarları katı faz mikro-ekstraksiyonu (Solid Phase Micro-Extraction, SPME) ve bunu takiben gaz kromatografisi-kütle spektrometresi (GC-MS) (Shimadzu QP2020) sisteminin kullanımıyla belirlenmiştir

(Korkmaz ve ark., 2020). Ekstraksiyon için, 20 ml'lik SPME viali (Supelco) içerisinde 2 g zeytinyağı örneği tartılarak üzerine iç standart olarak 10 izobütil asetat (500 mg/L) (Genovese ve ark., 2015) ilave edilerek vialin kapağı sıkıca kapatılmış ve iyice çalkalanmıştır. Sonra, uçucu bileşiklerin vialin tepe boşluğunda toplanarak dengeye gelmesi için vial sürekli karıştırılarak 40 °C sıcaklıkta 30 dakika bekletilmiştir. Daha sonra SPME fiberi (Supelco, 50/30 µm DVB/CAR/PDMS) viale daldırılmış ve 40 °C'de 30 dakika bu şekilde bekletilerek uçucu bileşiklerin fiber üzerine tutunması sağlanmıştır.

Ektraksiyon işleminden sonra, SPME fiberi GC-MS cihazının enjeksiyon portunda 250 °C'de 5 dakika tutularak uçucu bileşiklerin desorbsiyonu sağlanmıştır. DB-Heav Wax kolonuyla (60 m × 0.25 mm × 0.25 µm) uçucu bileşikler ayrıştırılmış ve bu aşamada splitless mod kullanılmıştır. 1.05 mL/dakika hızına sahip helyum gazı taşıyıcı gaz olarak kullanılmıştır. Sıcaklık programı bakımından öncelikle fırın sıcaklığı 40 °C'de 2 dakikada tutulmuştur, daha sonra her dakikada sıcaklık 3 °C artırılarak 80 °C olana dek sıcaklık artırılmış ve bu sıcaklıkta 1 dakika bekletilmiştir. Bu aşamanın ardından sıcaklık, dakikada 5 °C artırılarak 240 °C'ye kadar yükseltilmiş ve bu sıcaklıkta 6 dakika tutulmuştur.

Kütle spektrumlarının Wiley 9 ve NIST05 kütle spektral kütüphaneleri ile karşılaştırma yapılıp uçucu bileşikler tanımlanmıştır. Analiz sonucu tespiti yapılan uçucu bileşiklerin alıkonma indisleri (Retention Indice, RI) denklem 3.5'de yer alan formüle göre hesaplanmıştır. Alıkonma indisleri literatür verileriyle karşılaştırılarak doğrulama yapılmıştır. Uçucu bileşiklerin alıkonma indisleri, aynı kromatografik şartlarda GC-MS sistemine n-alkan serisinin (C10-C26) verilmesiyle, Van Den Dool ve Kratz (1963) metodu kullanılarak hesaplanmıştır. Uçucu bileşiklerin miktar tespitinde, her bir örnek için GC-MS'den elde edilen elektronik pik alanının iç standart metoduna göre hesaplanmasıyla bağıl olarak elde edilmiş ve mg/kg örnek olarak belirlenmiştir.

$$RI = 100 \times [(T_{bileşik}-T_n) / (T_{n+1} - T_n) + n] \quad (3.5)$$

RI: Alıkonma İndisi

n: Bileşiğin karbon sayısı

Tbileşik: Alıkonma indeksi hesaplanan bileşiğin alıkonma zamanı

Tn: Aynı karbon sayısına sahip alkan bileşiğinin alıkonma zamanı

Tn+1: Bir sonraki alkanın alıkonma zamanı

3.2.11. İstatistiksel analizler

Çalışma 2 tekerrürlü ve 2 paralelli olarak yapılmıştır. İstatistiksel analizlere ilişkin hesaplamalar SPSS (SPSS 16.0 for Windows, IBM, New York, USA) paket programıyla yapılmıştır. Ortalamalar arasındaki farklar Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile analiz edilmiştir ($P<0.05$).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Zeytinlerin Pomolojik Özellikleri

Zeytinyağı üretiminde kullanılan Derik Halhalı, Melkabazi ve Nizip Yağlık zeytin çeşitlerinin bazı pomolojik özellikleri Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4. 1. Zeytinyağı üretiminde kullanılan zeytin çeşitlerinin bazı pomolojik özellikleri

Zeytin çeşidi	100 meyve ağırlığı, g	Dane sayısı, 1 kg	Meyve eni/boy	Çekirdek eni/boy	Ortalama ağırlık, g/adet
Derik Halhalı	226.85±1.12^{b}	440.81±3.25^{a}	0.75±0.05^{a}	0.53±0.02^{a}	2.26±0.05^{b}
Melkabazi	299.1±2.24^{a}	334.39±2.84^{b}	0.58±0.04^{b}	0.44±0.05^{b}	2.99±0.06^{a}
Nizip yağlık	219.0±2.91^{b}	455.01±3.64^{a}	0.82±0.03^{a}	0.57±0.04^{a}	2.15±0.04^{b}
Zeytin çeşidi	Çekirdek ağırlığı, g/adet	Et ağırlığı/Çekirdek ağırlığı	% Et	Yağ, %	Nem, %
Derik Halhalı	0.38±0.02^{b}	3.76±0.21^{a}	83.75±1.32^{a}	22.38±0.04^{c}	57.05±0.05^{c}
Melkabazi	0.81±0.05^{a}	2.67±0.19^{b}	72.78±0.92^{b}	26.65±0.05^{a}	59.87±0.15^{b}
Nizip yağlık	0.38±0.03^{b}	3.55±0.14^{a}	78.01±2.01^{a}	24.10±0.02^{b}	62.35±0.21^{a}

a-c: Her biri özellik için aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (P<0.05)

Melkabazi zeytininin 100 dane ağırlığı, ortalama dane ağırlığı ve çekirdek ağırlığı bakımından en yüksek değerlere sahiptir (P<0.05). Diğer iki zeytin çeşidinde ise bu parametreler arasında istatistiksel olarak önemli farklar bulunmamıştır (P>0.05). Melkabazi çeşidinin dane sayısı (1 kg'da), meyve eni/boyu ve çekirdek eni/boyu değerleri en düşük iken (P<0.05), Nizip Yağlık ve Derik Halhalı zeytinlerinde bu değerler arasında önemli farklar tespit edilmemiştir (P<0.05). Çeşitlerde meyve etinin tüm dane ağırlığı içerisindeki oranlarına bakıldığında, benzer şekilde Derik Halhalı ve Nizip Yağlık zeytinleri arasındaki farkın önemli olmadığı (P>0.05), Melkabazi çeşidinin ise bu oranının daha düşük olduğu belirlenmiştir (P<0.05). En yüksek yağ içeriğine Melkabazi (%26.65) ve en düşük yağ içeriğine ise Derik Halhalı çeşidinin sahip olduğu saptanmıştır (P<0.05). Çeşitlerin rutubet içerikleri Nizip Yağlık>Melkabazi>Derik Halhalı olarak sıralandığı tespit edilmiştir (P<0.05).

Zeytinlerde pomolojik özellikleri; genetik karakterler, yetiştirme koşulları, yetiştirme sezonu ve olgunluk düzeyi gibi etmenlere bağlı olarak değişebilmektedir. (Gündoğdu, 2018). Derik Halhalı ve Melkabazi çeşitleri için elde edilen değerler Ay

(2018) tarafından yapılan çalışmadaki verilerde genel olarak benzerlik göstermektedir. Nizip yağlık zeytinine ait yağ ve rutubet oranları, daha önce Amanpour ve ark. (2019) tarafından yapılan çalışmada tespit edilen zeytin yağ ve rutubet oranlarına yakın iken, dane ağırlığının bu çalışmada bildirilen değerden daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

4.2. Depolama Süresince Zeytinyağlarda Yasal Kalite Parametreleri

Zeytinyağında yasal kalite parametreleri olarak SYA, PD ve ÖS değerlerine ait analiz verileri Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4. 2. Zeytinyağlarının depolama süresince yasal kalite parametreleri

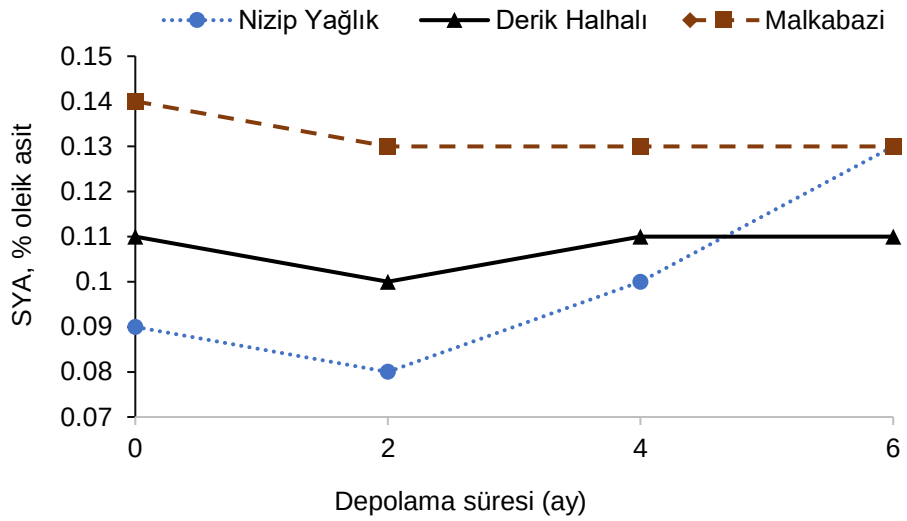
Yağ çeşidi	Depolama (ay)	SYA (% oleik asit)	PD (meq O_2/kg)	ÖS (232 nm)	ÖS (270 nm)
Nizip Yağlık	0	0.09 ± 0.01^{aB}	7.44 ± 0.33^{cAB}	1.70 ± 0.01^{cC}	0.15 ± 0.01^{aA}
	2	0.08 ± 0.01^{aB}	14.85 ± 0.00^{abA}	1.53 ± 0.07^{dA}	0.07 ± 0.02^{bA}
	4	0.10 ± 0.01^{aA}	13.62 ± 0.55^{bA}	1.92 ± 0.05^{bC}	0.11 ± 0.00^{bC}
	6	0.13 ± 0.04^{aA}	16.03 ± 0.59^{aA}	2.74 ± 0.01^{aB}	0.16 ± 0.00^{aB}
Derik Halhalı	0	0.11 ± 0.02^{aAB}	8.20 ± 0.68^{cA}	1.82 ± 0.01^{cB}	0.16 ± 0.01^{aA}
	2	0.10 ± 0.00^{aB}	9.04 ± 0.13^{cB}	1.43 ± 0.00^{dA}	0.04 ± 0.01^{cA}
	4	0.11 ± 0.01^{aA}	13.48 ± 0.07^{bA}	2.18 ± 0.00^{bB}	0.13 ± 0.00^{bB}
	6	0.11 ± 0.00^{aA}	17.98 ± 0.56^{aA}	2.88 ± 0.01^{aA}	0.17 ± 0.00^{aB}
Melkabazi	0	0.14 ± 0.01^{aA}	5.57 ± 0.31^{cB}	1.96 ± 0.01^{cA}	0.17 ± 0.01^{bA}
	2	0.13 ± 0.01^{aA}	7.94 ± 0.64^{bB}	1.59 ± 0.05^{dA}	0.12 ± 0.02^{cA}
	4	0.13 ± 0.01^{aA}	10.35 ± 0.52^{aB}	2.55 ± 0.01^{bA}	0.17 ± 0.00^{bA}
	6	0.13 ± 0.00^{aA}	11.69 ± 0.06^{aB}	2.95 ± 0.05^{aA}	0.22 ± 0.00^{aA}

a-d: Her bir örnek için aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$); A-C: Farklı örneklerin aynı depolama süresi için farklı büyük harflerle gösterilen değerler istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$)

4.2.1. Serbest yağ asitliği (SYA)

Zeytinyağlarının kalitesinin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan SYA, zeytinde bulunan lipaz enziminin aktivitesi sonucu trigliseritlerin hidroliz edilmesi ve buna bağlı olarak yağ asitlerinin serbest hale gelmesiyle yükselmektedir (Pristouri ve ark., 2010). Zeytinlerin yağa işlenme (malaksiyon) sıcaklığındaki artış (>35 °C) veya zeytinlerin hasat zamanı ile yağa dönüşmesi arasındaki sürenin uzaması lipaz enziminin aktivitesini arttırabilmekte ve buna bağlı olarak SYA düzeyi yükselebilmektedir (Kabaran, 2015).

Depolamanın başında en yüksek SYA değerine Melkabazi (% 0.14) örneği sahip iken (P<0.05), Nizip Yağlık (% 0.09) ve Derik Halhalı (% 0.11) yağlarının SYA'ları arasında önemli bir fark bulunmamıştır (P>0.05). Melkabazi yağındaki yüksek SYA daha çok çeşit özelliğiyle ilişkili iken diğer iki yağ örneğinin SYA değerleri arasındaki benzerliğin üretim koşullarıyla ilgili olduğu düşünülmektedir (Ben ark., 2013). Altı aylık depolama süresince, Derik Halhalı yağının SYA miktarında istatistiksel olarak önemli bulunmayan kısmi bir artış olduğu (P>0.05) belirlenmiştir (Şekil 4.1). Benzer olarak, diğer iki zeytinyağı örneklerinin SYA değerlerinde de meydana gelen değişimler önemli bulunmamıştır (P>0.05). Bu durumun, zeytinlerin kısa süre içinde yağa dönüşmesi, zeytinyağı üretiminde malaksiyon sıcaklığının düşük (20±2 °C) olması ve depolama koşullarının uygunluğundan kaynaklandığı düşünülmektedir (Boussahel ve ark., 2020).



Şekil 4. 1. Zeytinyağların depolama süresince SYA değerleri

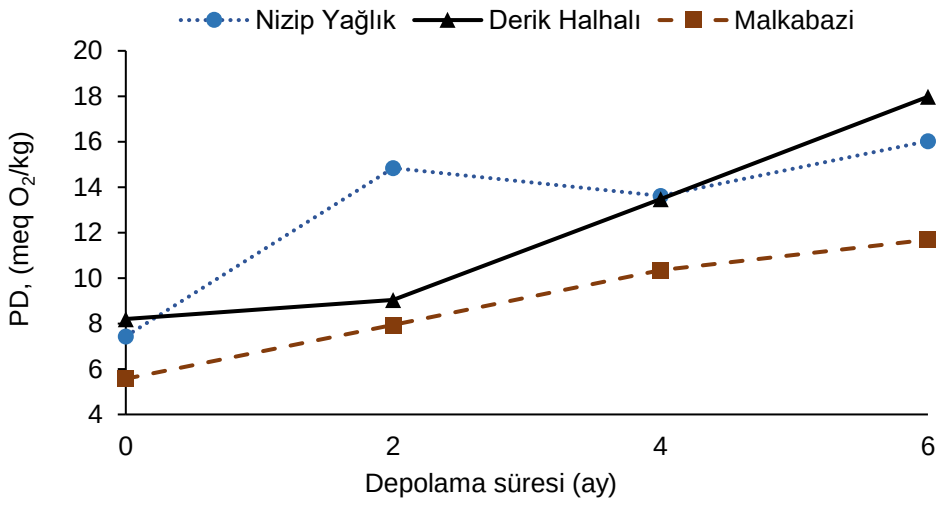
Karakuş (2015), altı ay depolanan Gemlik çeşidi zeytinyağının SYA değerinin 2.15 kat yükseldiğini belirlemiştir. Başka bir çalışmada Tavşan Yüreği ve Uslu çeşidi yağlarda depolamanın ilk dört ayında SYA'da önemli değişimler olmadığı, ancak, sonraki aylarda bahsedilen yağlarda bu değerin yükseldiği, Saurani ve Beylikdüzü yağlarının SYA düzeylerinin ise depolamanın ilk 1-2 ayından itibaren yükseldiği belirlenmiştir (Ghanbarıshendi ve ark., 2018).

Çalışma kapsamında elde edilen zeytinyağlarının altı aylık depolama süresince SYA yönünden TGK Zeytinyağı ve Pirina Yağı Tebliği'ne göre natürel sızma zeytinyağı kalitesinde olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.1) (Türk Gıda Kodeksi, 2017).

4.2.2 Peroksit değeri (PD)

PD, yağlarda kalite belirlenmesinde kullanılan özelliklerden biridir. Bu değer, yağların oksidasyonuyla oluşan hidroksiperoksitlerin miktarının belirlenmesine dayanmaktadır (Ben ark., 2013).

Depolamanın başında Derik Halhalı zeytinyağına ait PD en yüksek iken ($P<0.05$), diğer iki zeytinyağı örneklerinin PD'leri arasında önemli bir fark bulunmamıştır ($P>0.05$). Nizip yağlık çeşidine ait zeytinyağlarının PD düzeyi depolama süresince düzenli olmayan bir değişim göstermiştir ($P<0.05$). Derik Halhalı çeşidine ait zeytinyağlarında bu parametrenin ilk 2 ay değişmediği, daha sonraki depolama süresince artış gösterdiği tespit edilmiştir ($P<0.05$). Melkabazi çeşidine ait zeytinyağlarında ise PD'nin depolamanın ilk 4 ayında artarken, sonraki depolama süresinde sonra önemli bir değişim göstermemiştir ($P<0.05$) (Şekil 4.2). Ayrıca, depolama süresince her üç yağ çeşidinin PD düzeyleri, TGK Zeytinyağı ve Pirina Yağı Tebliği'ndeki natürel sızma zeytinyağı için belirlenen düzeyde ($PD\leq20$) olduğu saptanmıştır (Türk Gıda Kodeksi, 2014).



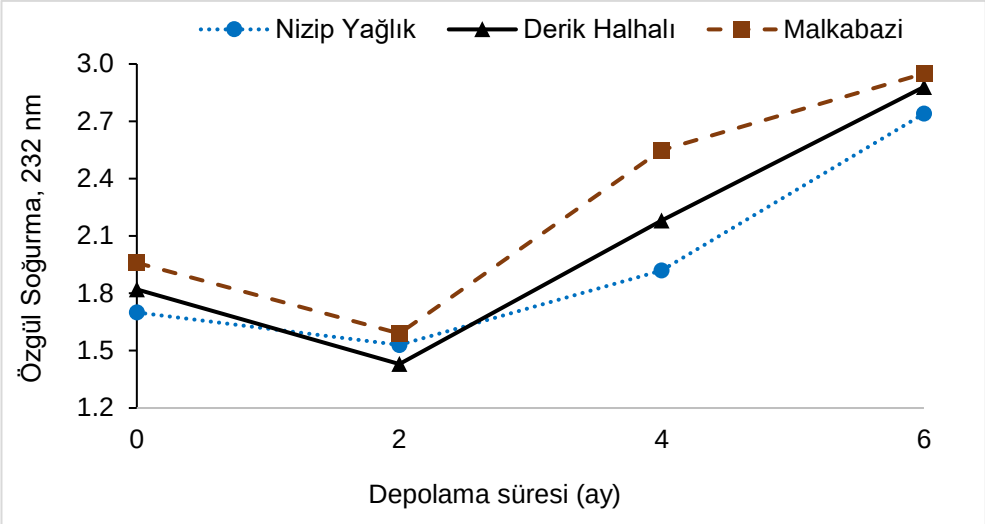
Şekil 4. 2. Zeytinyağların depolama süresince peroksit değerleri

Zeytinyağlarında PD, üretim koşullarına bağlı olmakla birlikte daha çok depolama şartlarından etkilenmektedir. Özellikle, paketlemede yağın oksijenle temas etmesi ve depolama süresinin uzun olması, PD'nin yükselmesine sebep olabilmektedir (Sicari ve ark, 2010). Yapılan bir çalışmada, Tavşan Yüreği ve Beylik çeşidi zeytinyağlarının PD'leri altı aylık depolama sonunda yaklaşık ikişer kat yükseldiği, Uslu çeşidinin zeytinyağında ise PD, bu süre sonunda yaklaşık 4 kat artış gösterdiği bildirilmiştir (Ghanbarishendi, 2016).

4.2.3 Özgül soğurma (ÖS)

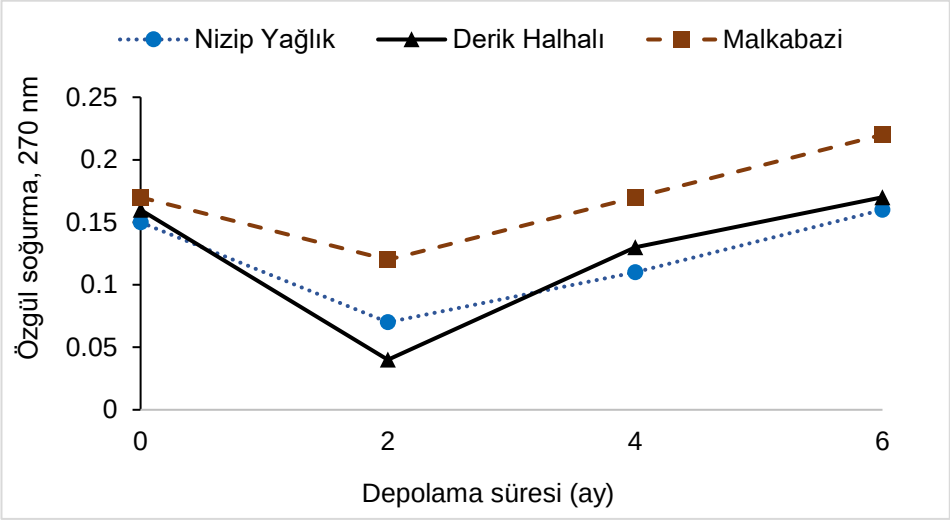
Özgül soğurma (ÖS), oto-oksidasyonuyla oluşan hidroksiperoksitlerden dienler (232 nm) ve trienlerin (270 nm) miktarları hakkında bilgi vermektedir (Türk Gıda Kodeksi, 2017). "Konjuge dien oluşumu arttıkça 232 nm'deki özgül soğuma değeri ($ÖS_{232}$) artış gösterir. 270 nm'de özgül soğurma değeri ($ÖS_{270}$) ise aldehit ve ketonların oluşumuna (acılık, istenmeyen lezzet bileşenleri) paralel olarak artış göstermektedir" (Karakuş, 2015).

Depolama başında, her üç yağ örneğinin $ÖS_{232}$ değerlerinin birbirinden farklı olarak Melkabazi>Derik Halhalı>Nizip Yağlık şeklinde sıralandığı ($P<0.05$), $ÖS_{270}$ değerlerinin ise birbirinden farklı olmadığı belirlenmiştir ($P>0.05$). $ÖS_{232}$ değeri depolama süresince tüm zeytinyağlarında ilk 2 ay azalmış, daha sonra sürekli artmıştır ($P<0.05$) (Şekil 4.3). Depolamanın sonunda en düşük $ÖS_{232}$ Nizip Yağlık çeşitte bulunurken ($P<0.05$), Melkabazi ve Derik Halhalı zeytinyağlarının bu değerleri arasındaki fark önemli bulunmamıştır ($P<0.05$).



Şekil 4. 3. Zeytinyağların depolama süresince $ÖS_{232}$ değerleri

$ÖS_{270}$ değeri depolamanın ilk iki ayında her üç örnekte de azalırken, bu süreden sonra artış olmuştur ($P<0.05$). (Şekil 4.4). Depolama süresince yağlar, $ÖS_{270}$ değerleri yönünden natürel sızma zeytinyağı kalitesinde olduğu belirlenmiştir. Melkabazi zeytinyağının 4. aydan itibaren ve diğer iki zeytinyağının da 6. aydan itibaren $ÖS_{232}$ değerlerinin natürel birinci zeytinyağı sınıfına girdiği saptanmıştır (Türk Gıda Kodeksi, 2017).



Şekil 4. 4. Zeytinyağların depolama süresince $ÖS_{270}$ değerleri

Yapılan çalışmalarda genel olarak olarak depolama süresince $ÖS_{232}$ ve $ÖS_{270}$ değerlerinin artış gösterdiği belirtilmektedir (Gomez ve ark., 2007; Karakuş, 2015).

Zeytinyağlarında kalitenin belirlenmesinde genelde yasal kalite kriterleri bir arada değerlendirilmektedir. Bu parametrelerden herhangi birinin tek başına ele alınması, zeytinyağı kalitesinin belirlenmesi açısından yeterli görülmemektedir.

4.3. Depolama Süresince Zeytinyağlarda Toplam Klorofil ve Toplam Karotenoid İçerikleri

Klorofiller zeytin ve zeytinyağındaki yeşil renklerden sorumluyken karotenoidler sarı tonlardan sorumlu pigmentlerdir (Jolayemi, 2016; Jabeur ve ark., 2015). Zeytinyağlarındaki bu renk bileşiklerinin miktarları, zeytin çeşidine ve hasat zamanına (Criado ve ark., 2007) bağlı olarak değişebilmektedir.

Zeytinyağı örneklerinin toplam klorofil ve toplam karotenoid içerikleri Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4. 3. Zeytinyağların depolama süresince toplam karotenoid ve toplam klorofil içerikleri (mg/kg)

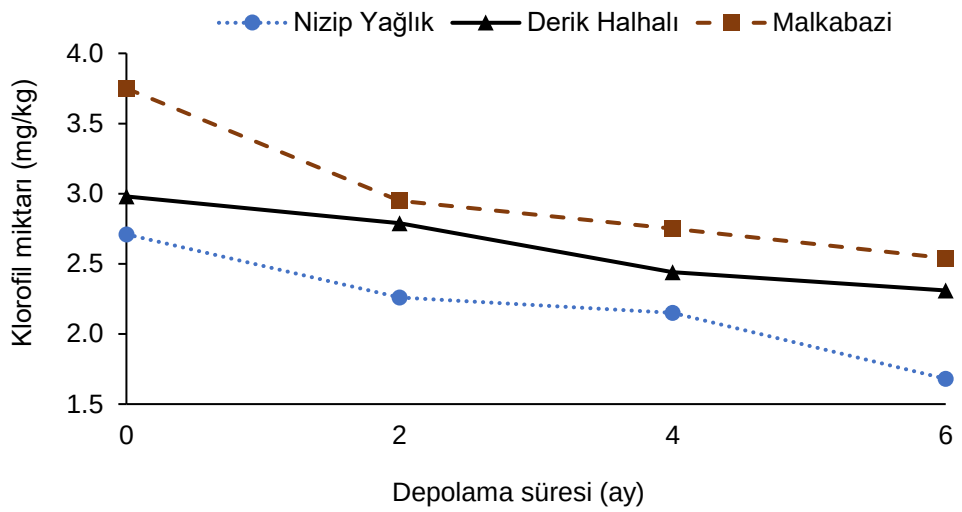
Yağ çeşidi	Depolama, ay	Karotenoid miktarı	Klorofil miktarı
Nizip Yağlık	0	1.75 ± 0.129^{aB}	2.71 ± 0.06^{aC}
	2	1.54 ± 0.02^{abB}	2.26 ± 0.06^{bB}
	4	1.30 ± 0.05^{bC}	2.15 ± 0.01^{bC}
	6	1.42 ± 0.00^{bC}	1.68 ± 0.13^{cB}
Derik Halhalı	0	1.51 ± 0.04^{bB}	2.98 ± 0.03^{aB}
	2	1.58 ± 0.01^{bB}	2.79 ± 0.05^{bA}
	4	1.63 ± 0.05^{abB}	2.44 ± 0.05^{cB}
	6	1.71 ± 0.01^{aB}	2.31 ± 0.05^{cA}
Melkabazi	0	2.73 ± 0.06^{cA}	3.75 ± 0.08^{aA}
	2	3.20 ± 0.02^{aA}	2.95 ± 0.05^{bA}
	4	2.94 ± 0.05^{bcA}	2.75 ± 0.03^{bA}
	6	3.05 ± 0.09^{abA}	2.54 ± 0.03^{cA}

a-d: Her bir örnek için aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$); A-C: Farklı örneklerin aynı depolama süresi için farklı büyük harflerle gösterilen değerler istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$)

4.3.1. Toplam klorofil içeriği

Depolamanın başlarında toplam klorofil içeriğinin en yüksek olduğu yağ Melkabazi çeşidine ait iken (3.75±0.08 mg/kg), bu aşamada toplam klorofil miktarı en düşük olarak Nizip Yağlık zeytinyağında (2.71±0.06 mg/kg) bulunmuştur ($P<0.05$). Zeytinyağlarındaki klorofil içerikleri zeytinlerin olgunluk düzeyi ve çeşidinden

etkilenmektedir (Konuşkan ve Mungan, 2016). Bütün yağ örneklerinin toplam klorofil miktarı depolama boyunca azaldığı ve bu azalmaların Nizip Yağlık, Derik Halhalı ve Melkabazi yağları için sırasıyla %38, %22 ve %32 olarak gerçekleştiği belirlenmiştir (P<0.05) (Şekil 4.5).



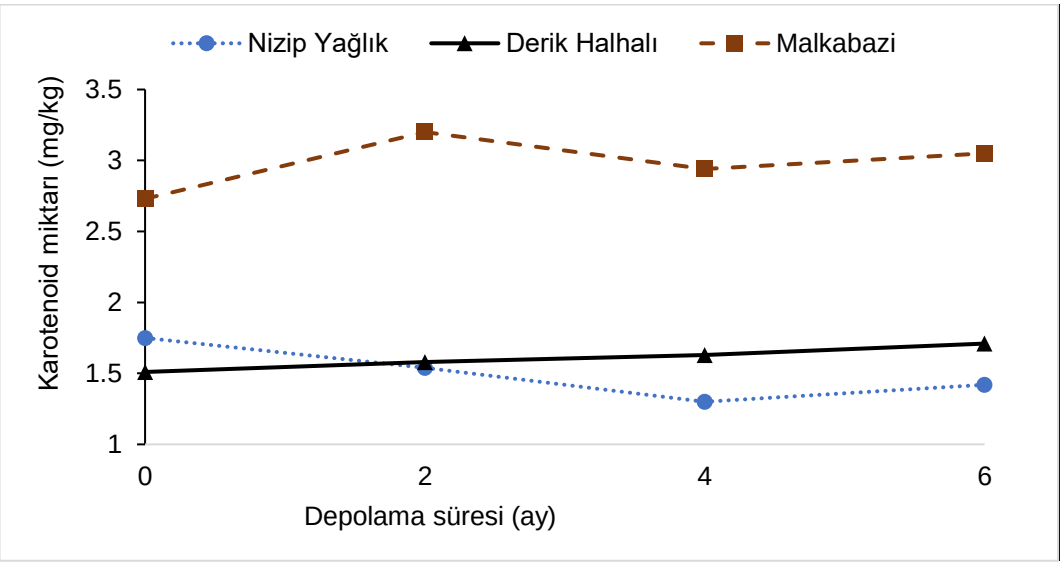
Şekil 4. 5. Zeytinyağların depolama süresince toplam klorofil içerikleri

Zeytinyağındaki klorofil pigmentleri raf ömrü sırasında bozunma reaksiyonları sonucunda karakteristik yeşil renk daha koyu yeşil bir tona dönüşmektedir (Garcia ve ark., 2013). Jabeur ve ark. (2015), iki farklı ambalajda depoladıkları zeytinyağı örneklerinde toplam klorofil miktarlarının depolama süresince kademeli olarak azaldığı ve 12 aylık depolama sonunda ortalama olarak %45 oranında azaldığını belirtmişlerdir.

4.3.2. Toplam karotenoid içeriği

Depolamanın başında toplam karotenoid içeriklerine bakıldığında, Melkabazi zeytinyağında bu miktarın en yüksek (2.73±0.06 mg/kg) (P<0.05) olduğu belirlenmiştir. Derik Halhalı (1.51±0.04 mg/kg) ve Nizip Yağlık (1.75±0.129 mg/kg) örneklerinde ise toplam karotenoid miktarları arasındaki farkın önemli olmadığı görülmektedir (P>0.05). Depolama esnasında toplam karotenoid içeriği Nizip Yağlık

zeytinyağında azalarak depolama sonunda 1.42±00 mg/kg'a düştüğü belirlenmiştir (P<0.05) (Şekil 4.6).



Şekil 4. 6. Zeytinyağların depolama süresince toplam karotenoid içerikleri

Derik Halhalı ve Melkabazi yağlarında toplam karotenoid içeriği depolama sonunda artmıştır (P<0.05). Depolama sonunda, bu içerik Melkabazi yağında en yüksek iken, Nizip Yağlık zeytinyağında ise en düşük olarak bulunmuştur (P<0.05). Toplam karotenoid içeriğinin depolama sonundaki artışlarının klorofil pigmentlerinin depolamada azalma göstermesiyle ilgili olabileceği tahmin edilmektedir. Jabeur ve ark., (2015) depolama sırasında zeytinyağında toplam karotenoid miktarının azaldığını belirlemişlerdir.

4.4. Depolama Süresince Zeytinyağlarda Renk Değerleri

Zeytinyağlarının önemli duyusal özelliklerden biri de renk olup tüketici tercihi üzerinde kilit bir öneme sahiptir. Gıdalarda renk analizi veya ölçümü L^*, a^* ve b^* parametrelerinin ölçülmesiyle yapılmaktadır. L^* değeri, gıdanın koyuluk ve açık tonları hakkında bilgi verip sıfır değerinde gıdanın en koyu tonda, 100 olması halinde ise gıdanın açık renkte olduğunu göstermektedir. Gıdadaki yeşil-kırmızı tonlarının derecesini ölçmekte olan a^* değeri negatif değerde yeşil rengi, pozitif olması durumunda ise kırmızı rengi temsil etmektedir. b^* değeri mavi-sarı tonları ifade

etmekte olup negatif değerde mavi rengi, pozitif değerde ise sarı rengi temsil etmektedir (Mol, 2016). L^*, a^* ve b^* değerleri zeytinyağında bulunan pigmentlerin miktarından etkilenmektedir. Bu değerler depolamayla birlikte değişebildiğinden zeytinyağlarının tazeliği veya depolama süresi hakkında bilgi verebilmektedir (Yılmaz ve Aday, 2011).

Depolama süresince zeytinyağı örneklerinin görünür renk parametrelerine ait değerler Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4. 4. Zeytinyağların depolama süresince renk değerleri

Yağ çeşidi	Depolama, ay	L^*	a^*	b^*
Nizip Yağlık	0	26.06 ± 0.07^{cA}	1.48 ± 0.12^{bC}	8.74 ± 0.03^{bB}
	2	24.82 ± 0.33^{dA}	2.20 ± 0.12^{aB}	8.11 ± 0.50^{bA}
	4	26.79 ± 0.05^{bB}	1.84 ± 0.08^{abC}	7.83 ± 0.40^{bB}
	6	27.92 ± 0.10^{aA}	2.14 ± 0.01^{aB}	10.93 ± 0.21^{aA}
Derik Halhalı	0	25.60 ± 0.40^{bA}	2.06 ± 0.06^{bB}	8.56 ± 0.02^{bcC}
	2	22.78 ± 0.04^{cA}	2.47 ± 0.01^{aB}	8.60 ± 0.04^{cA}
	4	27.49 ± 0.06^{aA}	2.14 ± 0.03^{bB}	9.47 ± 0.01^{bA}
	6	27.33 ± 0.03^{aB}	2.22 ± 0.12^{abB}	10.28 ± 0.25^{aA}
Melkabazi	0	24.87 ± 0.39^{abA}	3.72 ± 0.05^{aA}	9.80 ± 0.02^{aA}
	2	24.34 ± 0.86^{bA}	3.59 ± 0.15^{abA}	8.79 ± 0.76^{aA}
	4	26.52 ± 0.13^{aB}	3.35 ± 0.05^{bA}	8.53 ± 0.26^{aAB}
	6	26.50 ± 0.12^{aC}	3.48 ± 0.02^{abA}	9.04 ± 0.12^{aB}

a-d: Her bir örnek için aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$); A-C: Farklı örneklerin aynı depolama süresi için farklı büyük harflerle gösterilen değerler istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$)

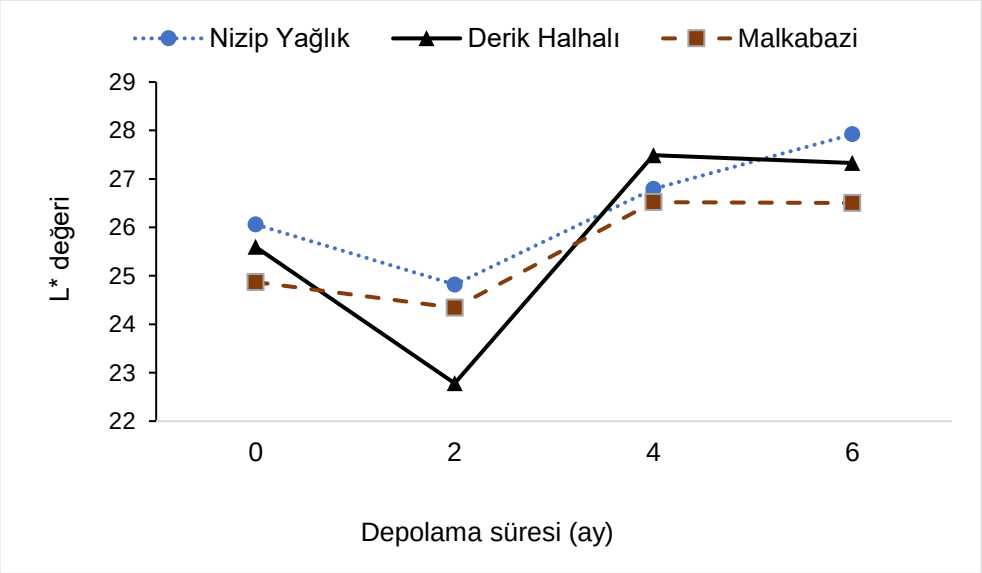
4.4.1. L^* değerindeki değişimler

Depolamanın başında örneklerin L^* değerleri arasında istatistiksel olarak önemli farklar bulunmamıştır ($P>0.05$). Bu bilgiye dayanarak yağ örneklerinin parlaklığı arasında önemli bir fark olmadığını yorumu yapılabilir. Depolama sonunda ise yağların L^* değerleri Nizip Yağlık>Derik Halhalı>Melkabazi şeklinde sıralanmıştır.

Nizip yağlık çeşidine ait yağın L^* değeri depolamanın ilk iki ayında azalma eğilimi gösterirken daha sonraki süreçte artmıştır. Derik Halhalı yağı L^* değeri ise depolamanın ilk iki ayında azalarak daha sonra artış göstermiştir ($P<0.05$), dördüncü ay ve altıncı ay arasında gerçekleşen artış istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($P>0.05$). Melkabazi yağının L^* değerinde depolamanın ilk iki ayında istatistiksel

açıdan önemli olmayan bir azalma tespit edilirken (P>0.05) ikinci ve dördüncü ay arasında artış gerçekleşmiş olup (P<0.05) (Şekil 4.7), depolama sonuna kadar bu artış sabit kalmıştır (P>0.05).

Ghanbarıshendi ve ark. (2018), tarafından yapılan çalışmada Saurani çeşit natürel zeytinyağı numunelerine ait en yüksek L* değerini depolamanın 6. ve 7. aylarında, en düşük L* değerini ise 10. ayda tespit etmişlerdir.



Şekil 4. 7. Zeytinyağların depolama süresince L* değerleri

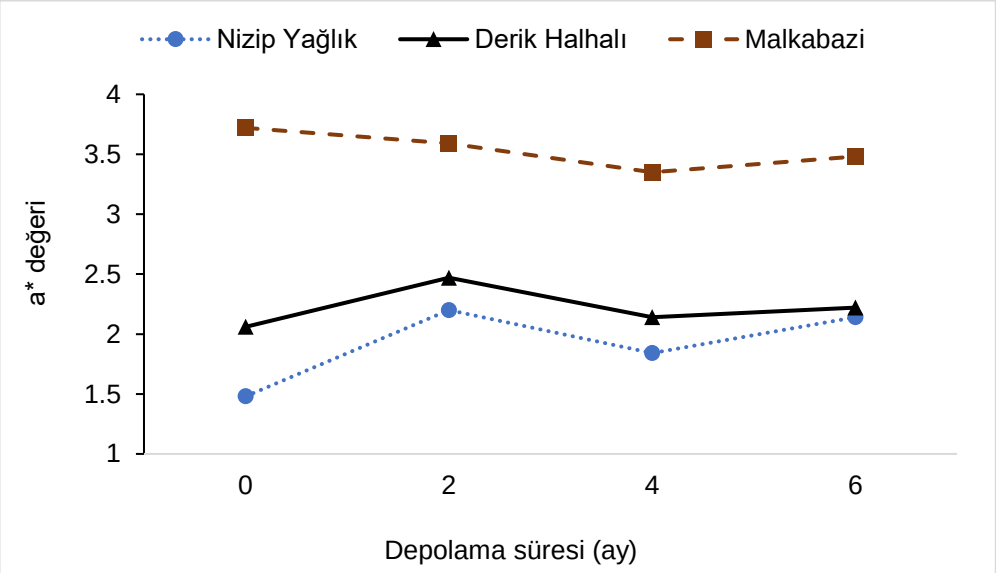
4.4.2. a* değerindeki değişimler

Zeytinyağların a* değerlerine bakıldığında, depolamanın başında en düşük değerin Nizip Yağlık örneğinde (1.48±0.12,) en yüksek değerin ise Melkabazi örneğinde (3.72±0.05) olduğu görülmektedir (P<0.05). Depolama sonunda en düşük a* değeri Nizip Yağlık ve Derik Halhalı yağlarında iken en yüksek a* değeri Melkabazi yağlarında olmuştur. Bu durumda depolama başında Nizip Yağlık zeytin çeşidinden elde edilen yağ örneğinin diğer iki çeşidin yağına göre daha yeşil bir tona sahip olduğu, depolama sonunda ise Nizip Yağlık ve Derik Halhalı yağlarının Melkabazi yağına göre daha yeşil bir tonda olduğu yorumu yapılabilir.

Depolama süresince Nizip Yağlık yağ örneğine ait a* değeri ilk iki ay artış gösterirken (P<0.05), 2. ay ve 4. ay arasında istatistiksel olarak önemli bulunmayan

bir azalma (P>0.05) ve sonrasında istatistiksel olarak önemli bulunmayan bir artış tespit edilmiştir (P>0.05). Derik Halhalı yağ örneği de depolamanın ilk iki ayında artış gösterirken dördüncü ayına doğru azalma göstermiştir (P<0.05). Dördüncü ay itibariyle depolama sonuna kadar gerçekleşen artış istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (P>0.05). Melkabazi çeşidine ait yağ örneğine ait a* değeri ise depolama başında 3.72±0.05 iken depolama sonunda bu değer 3.48±0.02 değerinde olmuştur (Şekil 4. 8).

Yapılan bir çalışmada zeytinyağı örneklerine ait a* değerlerinin 12 aylık depolama boyunca dalgalı bir yol izlediği altıncı ve yedinci aylarda yüksek bir değere ulaştığı bildirilmiştir (Ghanbarıshendi ve ark., 2018).



Şekil 4. 8. Zeytinyağların depolama süresince a* değerleri

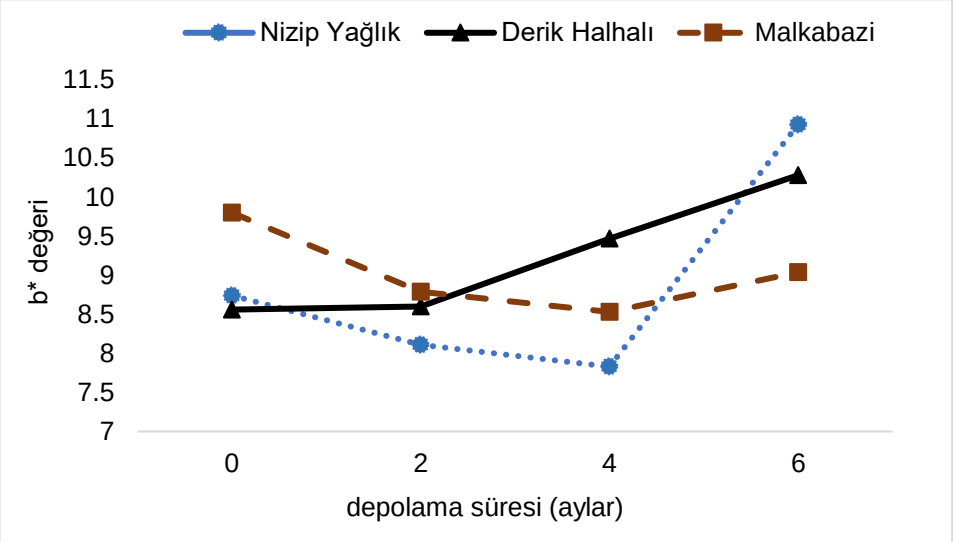
4.4.3. b* değerindeki değişimler

Sarı renk tonu hakkında bilgi veren b* değerine (Ghanbarishendi, 2016) bakıldığında depolama başında en yüksek b* değerinin Melkabazi zeytinyağında (9.80±0.02), en düşük değerin ise Derik Halhalı zeytinyağında (8.56±0.02) olduğu tespit edilmiştir (P<0.05). Bu durumda Melkabazi zeytinyağının diğer iki çeşidin yağına göre daha sarı tonda olduğunu yorumu yapılabilir. Depolamanın altıncı ayında Melkabazi yağına ait b* değeri en düşükken (P<0.05) (Şekil 4.9), Derik Halhalı ve

Nizip Yağlık yağlarının b* değeri en yüksek olup aralarında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır (P>0.05).

Melkabazi yağına ait b* değerinde depolama süresi boyunca istatistiksel olarak önemli bir değişim gerçekleşmemiştir (P>0.05). Derik Halhalı örneğinde depolamanın ilk 2 ayında önemli bir artış tespit edilmezken (P>0.05) 2. aydan sonra artış olduğu belirlenmiştir (P<0.05). Nizip Yağlık çeşidine ait yağda ise b* değerinde depolamanın ilk 4 ayında istatistiksel olarak önemli bir fark tespit edilmemiştir (P>0.05). Bundan sonraki süreçte depolama sonuna kadar arttığı belirlenmiştir (P<0.05). Saurani çeşit natürel sızma zeytinyağlarının 12 ay oda sıcaklığında depolandığı bir çalışmada depolama süresince renk değerinin yeşilden sarıya döndüğü bildirilmiştir (Ghanbarıshendi ve ark., 2018).

Örneklerin renk parametreleri arasındaki bu ilişki Çizelge 4. 3'te yer alan toplam karotenoid içeriğiyle ilgili olabileceği tahmin edilmektedir (Pristouri, ve ark., 2010).



Şekil 4. 9. Zeytinyağların depolama süresince b* değerleri

4.5. Depolama Süresince Zeytinyağlarda Biyoaktif Özellikler

Zeytinyağı örneklerinin toplam fenolik miktarı (TFM), toplam flavonoid miktarı (TFVM) içerikleri ve toplam antioksidan kapasiteleri (TAK) Çizelge 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4. 5. Zeytinyağların depolama süresince biyoaktif özellikleri

Yağ çeşidi	Depolama, ay	TFM (mg GAE/ kg yağ)	TFVM (mg KE/ kg yağ)	TAK (mg TE/ kg yağ)
Nizip Yağlık	0	625.99±10.67^{aC}	370.12±10.16^{aB}	138.72±0.36^{aC}
	2	516.23±7.90^{bA}	179.26±3.81^{bB}	97.55±1.16^{bC}
	4	442.31±10.95^{cB}	85.08±5.00^{cC}	66.35±1.02^{cC}
	6	340.72±8.86^{dA}	60.35±7.22^{cC}	46.85±1.52^{dB}
Derik Halhalı	0	709.16±16.56^{aA}	445.83±15.59^{aA}	227.55±8.53^{aB}
	2	530.51±5.26^{bA}	190.21±9.57^{bB}	127.16±7.63^{bB}
	4	385.6±14.55^{cB}	113.03±0.37^{cB}	116.38±4.18^{bB}
	6	312.46±12.67^{dAB}	92.10±1.76^{cB}	110.40±2.06^{bA}
Melkabazi	0	674.15±19.38^{aB}	336.68±11.61^{aC}	416.54±25.34^{aA}
	2	534.00±0.01^{bA}	270.60±13.31^{bA}	242.99±8.38^{bA}
	4	510.57±13.49^{bA}	203.45±8.88^{cA}	239.86±0.46^{bA}
	6	284.50±11.44^{cB}	171.86±8.36^{cA}	131.96±9.09^{cA}

a-d: Her bir örnek için aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (P<0.05); A-C: Farklı örneklerin aynı depolama süresi için farklı büyük harflerle gösterilen değerler istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0.05)

4.5.1. Depolama süresince toplam fenolik miktarı (TFM)

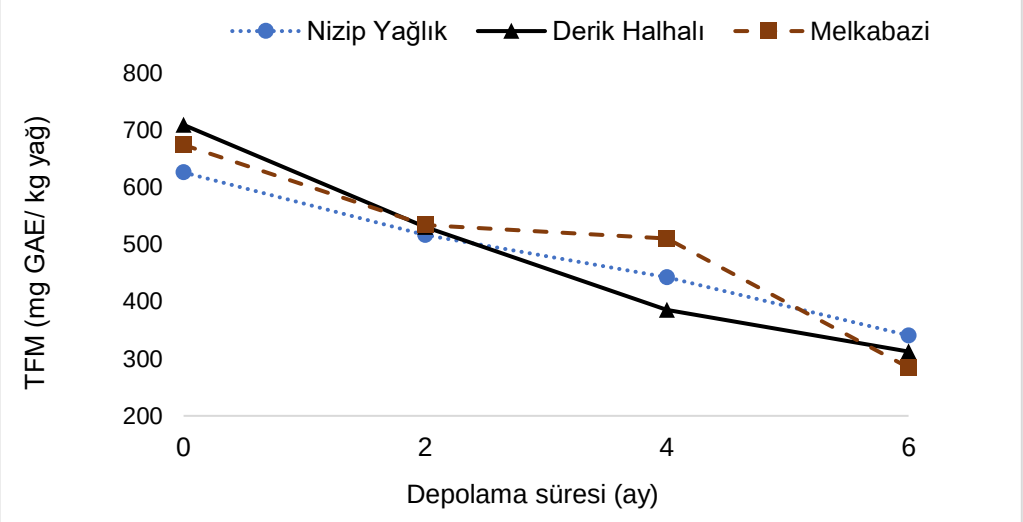
Natürel sızma zeytinyağları fenolik bileşikler açısından zengin içeriklere sahiptirler. Yapılan çalışmalar, zeytinyağında bulunan fenolik bileşiklerin yüksek antioksidan etkilerinden dolayı çeşitli hastalıklara karşı koruyucu etkiye sahip olduğunu bildirmektedir (Garcia ve ark., 2013). Bu bileşiklerin, özellikle kalp-damar hastalıklarının ve bazı kanser türlerinin önlenmesinde önemli rollere oynadığı bildirilmektedir (Bajoub ve ark., 2015). Bu nedenle son yıllarda natürel sızma zeytinyağlarının genel kalitesi, duyusal özelliklerle beraber fenolik bileşik içeriklerine göre de değerlendirilmeye başlanmıştır. Ayrıca, duyusal özellikler olarak zeytinyağlarının ağızda bıraktığı tipik acımsı tadın ve genizde oluşturduğu yakıcılık hissinin TFM ile ilişkisi bulunmakta ve yüksek TFM'ye sahip zeytinyağlarında bu duyusal özellikler daha belirgin hissedilmektedir (Servili ve ark., 2007).

Depolama başında TFM'si en yüksek ve en düşük olan örnekler mg GAE/ kg yağ birim cinsinden sırasıyla Derik Halhalı (709.16±16.56) ve Nizip Yağlık (625.99±10.67) olmuştur (P<0.05). Depolama sonunda ise en yüksek TFM değeri Nizip Yağlık zeytinyağında bulunurken (P<0.05) diğer 2 yağ örneğine ait TFM değerinde istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığı belirlenmiştir (P>0.05).

Nizip Yağlık ve Derik Halhalı yağlarında TFM miktarı depolama süresince azalmıştır (P<0.05) (Şekil 4.10). Melkabazi yağına ait TFM değeri ise depolamanın ilk 2 ayında azalıp (P<0.05) daha sonra 4. aya kadar sabit kalarak (P>0.05) 4. ay itibariyle depolamanın 6.ayına kadar azaldığı belirlenmiştir (P<0.05).

Yapılan bir çalışmada natürel sızma zeytinyağlarını amber cam şişelerde oda sıcaklığında 12 ay boyunca depolayan Sicari ve ark. (2010), TFM miktarını başlangıçta 579.1 ppm tespit etmiş ve depolama sonunda 419.5 ppm'e düştüğünü belirlemişlerdir.

Tavşan Yüreği, Beylik, Uslu ve Saurani çeşit zeytinyağlarının 12 ay depolamada izlendiği bir çalışmada Ghanbarıshendi (2016), tüm zeytinyağı örneklerinde depolama süresince TFM miktarının azaldığını tespit etmiştir.



Şekil 4. 10. Zeytinyağların depolama süresince toplam fenolik miktarları

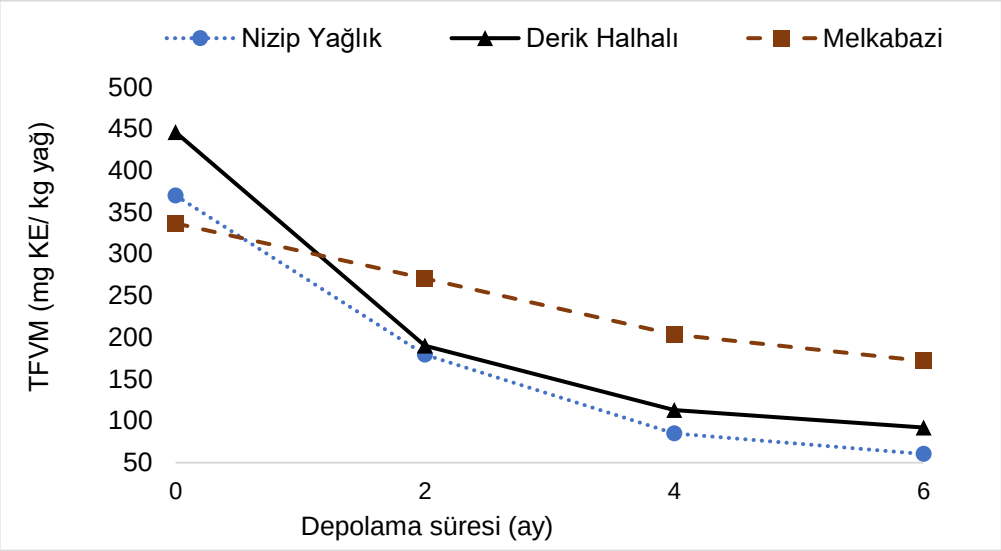
4.5.2. Depolama süresince toplam flavonoid miktarı (TFVM)

Zeytinyağlarında en çok bulunan fenolik bileşik gruplarından biri de flavonoidlerdir. Bu bileşik gruplarının antinflamatör, antialerjik, antikanser ve antiviral gibi sağlık üzerinde birçok farklı etkilerinin olduğunu açıklayan çeşitli

çalışmalar bulunmaktadır (Tarchoune ve ark., 2019). Zeytinyağındaki flavonoid bileşikleri güçlü antioksidan etkiye sahiptirler (Bayram ve Özçelik, 2012).

Depolamanın 0. ayında örnekler arasında en yüksek TFVM'ye sahip zeytinyağının Derik Halhalı çeşidi, en düşük TFVM'ye sahip yağın da Melkabazi çeşidine ait olduğu belirlenmiştir ($P<0.05$) (Şekil 4.11). Depolamanın sonunda ise bu değer Melkabazi>Derik Halhalı>Nizip Yağlık şeklinde sıralanmıştır ($P<0.05$).

Depolama boyunca tüm örneklerde TFVM'nin ilk dört ay azaldığı ($P<0.05$) daha sonra depolama sonuna kadar istatistiksel olarak önemli bir farkın olmadığı tespit edilmiştir ($P>0.05$).



Şekil 4. 11. Zeytinyağların depolama süresince toplam flavonoid miktarları

4.5.3. Depolama süresince toplam antioksidan kapasite (TAK)

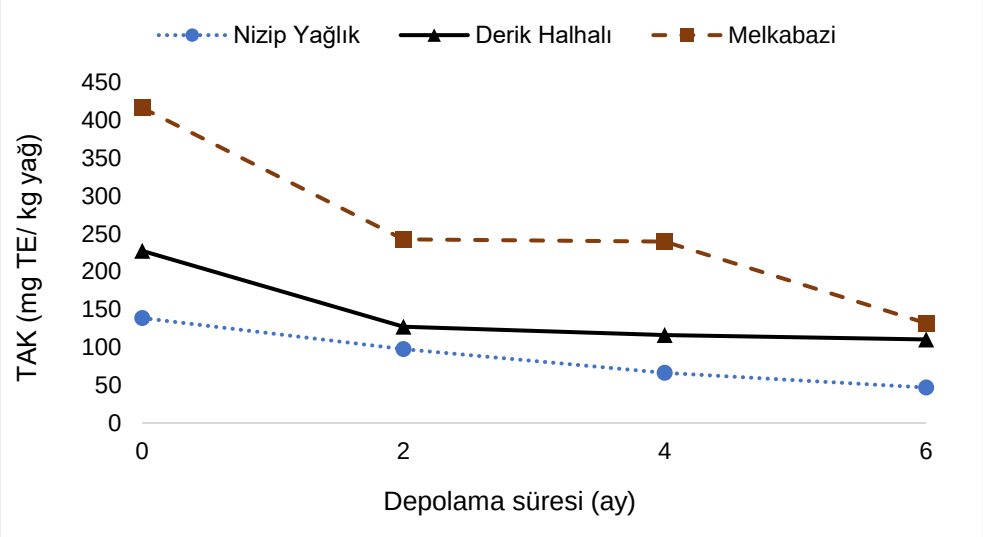
Natürel sızma zeytinyağlarının fonksiyonel özellikleri, kalitesinin değerlendirilmesi antioksidan nitelikleriyle doğrudan ilişkilidir. Zeytinyağında doğal olarak bulunan antioksidan bileşikleri; zeytinyağı raf ömrünü uzatmakta ve oksidasyona karşı korumakta önemli bir rol oynamaktadır. Zeytinyağlarının antioksidan özelliklerinin değerlendirilmesinde, çoğunlukla yağların TFM, TFVM ve toplam TAK kullanılmaktadır. TAK ölçülmesinde yaygın olarak, zeytinyağının

metanol ile elde edilen ekstraktının bir serbest radikal olan DPPH bileşiği ile muamele edilmesi ve ekstraktın bu bileşiği temizleme kapasitesinin ölçülmesi metodu kullanılmaktadır. Bu yöntemde, zeytinyağı ekstraktının TAK değeri, E vitaminin bir analoğu olan troloks bileşiğinin antioksidan kapasitesine göre değerlendirilmekte ve TAK sonucu da troloksun eşdeğeri (TE) olarak verilmektedir (Makhlouf-Gafsi, 2018; Eker, 2016).

Depolama başında en yüksek TAK düzeyine sahip örneğin Melkabazi zeytinyağı olduğu ve bu yağ örneğinin en düşük TAK değerine sahip örnek olan Nizip Yağlık zeytinyağına göre yaklaşık 3 kat daha yüksek TAK'e sahip olduğu tespit edilmiştir ($P<0.05$). Depolama sonunda en düşük TAK değeri Nizip Yağlık zeytinyağında bulunurken ($P<0.05$), diğer 2 yağ örneğinde istatistiksel olarak önemli bir fark tespit edilmemiştir ($P>0.05$). Bu durumun, örneklerdeki fenolik bileşik fraksiyonlarının farklılığından veya örneklerin antioksidan etkiye sahip E vitamini ve karotenoidler gibi diğer bileşenlerin içerik farklılıklarından ileri geldiği tahmin edilmektedir (Restuccia ve ark., 2011).

Nizip Yağlık çeşidine ait yağ örneğinin TAK miktarı depolama süresince azalmıştır ($P<0.05$) (Şekil 4.12). Derik Halhalı yağına ait TAK miktarı depolamanın ilk 2 ayında azalarak ($P<0.05$), daha sonra istatistiksel olarak önemli olmayan bir azalma tespit edilmiştir ($P>0.05$). Melkabazi yağ örneğinde ise depolamanın ilk iki ayında azalma tespit edilmiştir ($P<0.05$). Daha sonra dördüncü aya kadar istatistiksel açıdan önemli bir fark bulunmamış olup ($P>0.05$), depolama sonuna kadar azalma gerçekleşmiştir ($P<0.05$).

Tavşan Yüreği, Beylik, Uslu ve Saurani çeşit zeytinyağlarının 12 ay depolandığı bir çalışmada Ghanbarıshendi (2016), tüm zeytinyağı örneklerinde depolama süresince antioksidan miktarının azaldığını tespit etmiştir.



Şekil 4. 12. Zeytinyağların depolama süresince toplam antioksidan kapasiteleri

4.6. Depolama Süresince Fenolik Bileşik Miktarları

Zeytinyağlarında keskin acı tadın oluşmasında fenolik bileşiklerin miktarı rol oynamaktadır. Ayrıca zeytinyağların oksidasyona karşı direncine de olumlu katkı sağlayarak yağlarının raf ömrünü uzatmaktadır. Bu nedenle zeytinyağlarında kaliteyi değerlendirirken içerdikleri fenolik bileşiklerin miktarı önemli rol oynamaktadır. Özellikle hidroksitirosol ve kafeik asitin oksidasyona karşı önemli direnç gösterdiği, ayrıca zeytinyağlarında acılık hissi veren fenolik maddenin Oleuropein aglikonunun aldehit formu olduğu bildirilmektedir (Cinquanta ve ark., 1997; Morello ve ark., 2004; Mateos ve ark., 2004; Yorulmaz, 2009).

Son yıllarda yapılan çalışmalar Natürel sızma zeytinyağlarının sağlık üzerindeki pozitif etkilerinin (kardiyovasküler hastalıklar gibi) fenolik bileşik içeriklerinin zengin olmasıyla ilişkili olduğunu göstermektedir (Marx ve ark., 2021).

Bu tez çalışmasında araştırılan zeytinyağı örneklerinde 11 farklı fenolik bileşik tayini yapılmıştır. Bu bileşiklerin ikisi fenolik alkol (hidroksitirosol, tirosol), dördü fenolik asit (kafeik, vanilik, p-kumarik ve ferulik asit), üç flavonoid (kateşin, luteolin ve apigenin), bir secoiridoid (oleuropein) ve bir lignandan (pinoresinol) ibarettir.

Zeytinyağı örneklerinin fenolik bileşik içerikleri Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Zeytinyağların depolama süresince fenolik bileşik içerikleri

Fenolik Bileşik (mg/kg)	Depolama, ay	Nizip Yağlık	Derik Halhalı	Melkabazi
Oleuropein	0	13.453±0.075^{aA}	8.878±0.196^{aC}	12.735±0.122^{aB}
	2	11.506±0.042^{bA}	7.529±0.100^{bC}	8.426±0.283^{bB}
	4	8.693±0.103^{cA}	3.790±0.037^{cC}	7.425±0.101^{cB}
	6	5.677±0.046^{dA}	2.341±0.008^{dB}	5.465±0.178^{dA}
Hidroksitirosol	0	8.879±0.180^{cC}	11.957±0.346^{dB}	10.457±0.222^{cA}
	2	11.959±0.082^{bC}	18.274±0.230^{bB}	24.023±0.751^{bA}
	4	16.914±0.207^{aB}	14.506±0.083^{cC}	27.716±0.368^{bA}
	6	16.429±0.127^{aB}	19.234±0.086^{aB}	45.848±3.056^{aA}
Tirosol	0	2.992±0.417^{dA}	2.628±0.092^{dA}	1.927±0.121^{cB}
	2	4.031±0.050^{cB}	4.893±0.067^{cA}	4.055±0.154^{bB}
	4	5.276±0.053^{bB}	6.483±0.106^{bA}	4.335±0.006^{bC}
	6	7.143±0.192^{aB}	10.072±0.242^{aA}	6.502±0.103^{aB}
Kateşin	0	1.025±0.026^{aA}	0.935±0.028^{aA}	0.972±0.011^{aA}
	2	0.688±0.016^{bB}	0.885±0.011^{aA}	0.918±0.009^{bA}
	4	0.300±0.010^{cC}	0.410±0.019^{bB}	0.884±0.014^{bA}
	6	0.124±0.001^{dB}	0.096±0.009^{cB}	0.501±0.006^{cA}
Kafeik asit	0	0.229±0.004^{aA}	0.150±0.001^{aC}	0.191±0.010^{aB}
	2	0.083±0.003^{bA}	0.063±0.003^{bB}	0.089±0.002^{bA}
	4	0.061±0.002^{cA}	0.015±0.001^{cC}	0.042±0.002^{cB}
	6	0.008±0.002^{dB}	0.011±0.00^{cB}	0.030±0.002^{cA}
Vanilik asit	0	2.001±0.078^{aA}	1.869±0.033^{aA}	1.877±0.004^{aA}
	2	1.760±0.037^{bA}	1.720±0.019^{bAB}	1.604±0.028^{bB}
	4	1.604±0.024^{bAB}	1.721±0.036^{bA}	1.542±0.024^{bB}
	6	0.751±0.050^{cC}	1.568±0.024^{cA}	1.307±0.007^{cB}
p-Kumarik asit	0	0.682±0.011^{aB}	0.715±0.001^{aB}	1.666±0.042^{aA}
	2	0.173±0.009^{bC}	0.220±0.008^{bB}	1.400±0.008^{bA}
	4	0.126±0.007^{cB}	0.150±0.002^{cB}	1.236±0.013^{cA}
	6	0.103±0.001^{cB}	0.130±0.016^{cB}	0.926±0.007^{dA}
Ferulik asit	0	0.275±0.014^{aB}	0.245±0.032^{aB}	0.758±0.004^{aA}
	2	0.174±0.006^{bB}	0.098±0.005^{bB}	0.331±0.029^{bA}
	4	0.124±0.004^{cB}	0.050±0.013^{cC}	0.206±0.016^{cA}
	6	0.048±0.004^{dB}	0.00±0.00^{dB}	0.162±0.021^{cA}
Pinoresinol	0	26.353±0.129^{aA}	21.104±0.347^{aB}	6.651±0.208^{aC}
	2	22.586±0.460^{bA}	19.645±0.022^{aB}	5.728±0.164^{bC}
	4	19.381±0.580^{cA}	17.814±0.542^{bA}	5.211±0.053^{bcB}
	6	18.433±0.068^{cA}	13.788±0.493^{cB}	4.761±0.171^{cC}

Çizelge 4.6. (devam)

Fenolik Bileşik (mg/kg)	Depolama, ay	Nizip Yağlık	Derik Halhalı	Melkabazi
Luteolin	0	1.003 ± 0.046^{aB}	0.667 ± 0.021^{aC}	1.727 ± 0.017^{aA}
	2	0.373 ± 0.018^{bC}	0.595 ± 0.026^{bB}	1.615 ± 0.014^{aA}
	4	0.296 ± 0.006^{bC}	0.544 ± 0.001^{bcB}	1.548 ± 0.009^{aA}
	6	0.159 ± 0.004^{cC}	0.522 ± 0.002^{cB}	1.270 ± 0.107^{bA}
Apigenin	0	0.819 ± 0.003^{aC}	1.220 ± 0.016^{aB}	5.167 ± 0.094^{aA}
	2	0.573 ± 0.022^{bC}	0.951 ± 0.037^{bB}	4.304 ± 0.029^{bA}
	4	0.419 ± 0.005^{cC}	0.871 ± 0.00^{cB}	3.918 ± 0.077^{bcA}
	6	0.294 ± 0.017^{dB}	0.764 ± 0.002^{dB}	3.391 ± 0.400^{cA}

a-d: Her bir örnek için aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$); A-C: Farklı örneklerin aynı depolama süresi için farklı büyük harflerle gösterilen değerler istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$)

Oleuropein, zeytine özgü bir fenolik bileşiktir. Hiroksitirosol, elenolik asit ve bir glikoz molekülünün birleşmesinden oluşmaktadır. Zeytinler yağa işlenirken bu bileşik, enzimlerin (ß-glikozidaz) etkisiyle hidroliz olmakta ve hidroksitirosol ile birlikte elenolik asidin aglikon (veya glikozidik) formu oluşmaktadır. Dolayısıyla hidroksitirosol, oleuropeinin bir türevi olarak oluşmaktadır. Ayrıca, secoiridoid bileşiklerinin zeytinyağlarındaki toplam miktarları bu yağlardaki toplam polifenolik içeriklerinin çoğuna (%70-92) tekabül etmektedir (Kesen ve ark., 2017).

Hidroksitirosol, güçlü antioksidan özellik gösteren bir bileşiktir. Tüketiminin LDL'nin oksidatif bozulmasını engelleyici etki gösterdiği ve HDL seviyesinin de korunmasına katkı sağladığı bildirilmektedir (Jolayemi ve ark., 2016).

Depolamanın başında; tüm yağ örneklerinde miktar olarak en fazla bulunan fenolik bileşikler; oleuropein, pinoresinol ve hidroksitirosol olmuştur. Oleuropein miktarı en fazla olan örnek Nizip Yağlık (13.453±0.075 mg/kg), en düşük ise Derik Halhalı (8.878±0.196 mg/kg) zeytinyağı olarak tespit edilmiştir ($P<0.05$). Hidroksitirosol içerikleri bakımından ise en yüksek içeriğe Melkabazi, en düşük içeriğe ise Nizip Yağlık örneğinin sahip olduğu bulunmuştur ($P<0.05$). Örneklerin pinoresinol miktarları ise Nizip Yağlık>Derik Halhalı>Melkabazi şeklinde sıralanmış olup; depolama başında Nizip Yağlık zeytinyağının Melkabazi zeytinyağına oranla yaklaşık 4 kat daha fazla pinoresinol miktarına sahip olduğu tespit edilmiştir ($P<0.05$).

Kesen ve ark. (2013), yaptıkları çalışmada zeytinyağındaki en baskın fenolik bileşiklerin elenolik asit ardından tirosol ve hidroksitirosol olduğunu belirlemişlerdir.

Flavonoid bir bileşik olan olan apigenin miktarının depolama başlangıcında Melkabazi yağındaki miktarının Nizip Yağlık'taki miktarından 6.30 kat daha fazla olduğu bulunmuştur. Ayrıca, diğer bir flavonoid olan luteolin bileşiğinin Melkabazi zeytinyağındaki miktarının da diğer iki zeytinyağı örneğindeki luteolin içeriklerinden belirgin olarak fazla olduğu tespit edilmiştir ($P<0.05$). Luteolin, antioksidan özelliğiyle beraber sarı renge sahip bir fenolik bileşiktir. Melkabazi zeytinyağındaki baskın sarı rengin oluşmasında bu bileşiğin de katkısının olduğu tahmin edilmektedir (Ali ve Siddique, 2019).

Depolamanın başında vanilik asit her üç yağ örneğinde de fenolik asitler arasında miktarı en fazla olan bileşik olmuştur. Yağların bu bileşik içerikleri arasındaki farkları da istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($P>0.05$). Ayrıca kafeik ve ferulik asit miktarları depolamanın 0. ayında örneklerdeki en düşük fenolik bileşikler olarak tespit edilmiş olup; kafeik asit miktarı Nizip Yağlık>Melkabazi>Derik Halhalı şeklinde sıralanmıştır ($P<0.05$). Ferulik asit miktarı en yüksek Melkabazi örneğinde bulunurken ($P<0.05$), Nizip Yağlık ve Derik Halhalı yağlarında istatiksel olarak bir fark bulunmadığı belirlenmiştir ($P>0.05$).

Depolama süresince oleuropein miktarının 3 zeytinyağı örneğinde de azaldığı tespit edilmiştir ($P<0.05$). Pinoresinol miktarı Nizip Yağlık ve Melkabazi zeytinyağlarında depolamanın ilk 4 ayında azalarak ($P<0.05$), sonrasında depolama sonuna kadar istatiksel olarak önemli bir değişim gözlenmemiştir ($P>0.05$). Derik Halhalı örneğinde Pinoresinol miktarı depolamanın ilk 2 ayında istatiksel olarak değişim göstermeyip ($P>0.05$), sonrasında azaldığı tespit edilmiştir ($P<0.05$). Hidroksitirosol içerikleri bakımından ise Nizip Yağlık depolamanın ilk dört ayında artış göstererek ($P<0.05$) depolama sonuna kadar sabit kaldığı tespit edilmiştir ($P>0.05$). Derik Halhalı yağının hidroksitirosol miktarı depolama süresince düzenli olmayan bir değişim göstermiştir ($P<0.05$). Melkabazi örneğinde ise depolamanın ilk 2 ayında hidroksitirosol miktarının artış gösterdiği ($P<0.05$), sonrasında dördüncü aya

kadar istatiksel olarak değişim göstermeyerek (P>0.05) 4. aydan sonra artış gösterdiği tespit edilmiştir (P<0.05).

Depolama boyunca apigenin miktarı tüm yağ örneklerinde azalma eğilimi göstermiştir (P<0.05). Luteolin miktarı bakımından Melkabazi yağında ilk dört ay istatiksel olarak önemli bir farka rastlanmamıştır (P>0.05) sonrasında depolamanın 6. ayına kadar azalmıştır (P<0.05). Derik Halhalı ve Nizip Yağlık örneklerinde ise Luteolin miktarı depolamanın ilk iki ayında azalırken (P<0.05), sonrasında dördüncü aya kadar istatiksel olarak önemli bir fark tespit edilmeyip (P>0.05) dördüncü ay itibariyle tekrar azalmıştır (P<0.05).

Nizip Yağlık örneğinde kafeik ve ferulik asit miktarları depolama süresince azalmıştır (P<0.05). Melkabazi zeytinyağında ise kafeik ve ferulik asit miktarları depolamanın ilk dört ayında azaldığı (P<0.05) sonrasında ise istatiksel olarak önemli bir farkın bulunmadığı belirlenmiştir (P>0.05). Derik Halhalı örneğinde depolama boyunca ferulik asit miktarının azaldığı tespit edilmiştir (P<0.05). Kafeik asit miktarının ise depolamanın ilk dört ayında azalıp (P<0.05) sonrasında istatiksel olarak önemli bir değişimin olmadığı tespit edilmiştir (P>0.05). Vanilik asit miktarına bakılacak olursa her 3 yağ örneğinde de depolamanın ilk iki ayında azalırken (P<0.05), sonrasında dördüncü aya kadar istatiksel olarak önemli bir fark tespit edilmeyip (P>0.05) dördüncü ay itibariyle tekrar azaldığı tespit edilmiştir (P<0.05).

Depolama sonunda; Melkabazi ve Nizip Yağlık yağ örneklerinin Oleuropein miktarı en yüksek olup aralarında istatistiksel olarak önemli bir fark tespit edilmemiştir (P>0.05). Hidroksitirosol miktarı bakımından en yüksek içeriğe Melkabazi örneği sahipken (45.848±3.056 mg/kg) (P<0.05), Nizip Yağlık ve Derik Halhalı yağlarında istatistiksel olarak önemli bir fark tespit edilmemiştir (P>0.05). Örneklerin pinoresinol miktarları ise Nizip Yağlık>Derik Halhalı>Melkabazi şeklinde sıralanmış olup; depolama sonunda Nizip Yağlık zeytinyağının Melkabazi zeytinyağına oranla yaklaşık 3,87 kat daha fazla pinoresinol miktarına sahip olduğu tespit edilmiştir (P<0.05).

Depolamanın altıncı ayında apigenin miktarı Derik Halhalı ve Nizip Yağlık örneklerinde miktar olarak en düşük olup aralarında istatistiksel olarak önemli bir fark tespit edilmemiştir ($P>0.05$). Depolama sonunda Melkabazi örneğinin kalan iki yağ örneğinin apigenin miktarı toplamınından yaklaşık 3,20 kat fazla apigenin içerdiği dikkat çekmiştir. Yine benzer şekilde Luteolin miktarının da Melkabazi örneğinde depolama sonunda belirgin olarak fazla olduğu ve bu miktarın Melkabazi>Derik Halhalı>Nizip Yağlık şeklinde sıralandığı belirlenmiştir ($P<0.05$).

Ferulik asit ve kafeik asit miktarları depolama sonunda en yüksek Melkabazi örneğinde bulunurken ($P<0.05$), Nizip Yağlık ve Derik Halhalı yağlarında istatiksel olarak bir fark bulunmadığı belirlenmiştir ($P>0.05$). Vanilik asit miktarı ise depolamanın altıncı ayında Derik Halhalı>Melkabazi>Nizip Yağlık şeklinde sıralandığı tespit edilmiştir ($P<0.05$).

Doğanuz (2022), yaptığı çalışmada tirosol, hidroksitirosol ve luteolin miktarı üzerine filtrasyon işleminin azaltıcı bir etkisi olduğunu bildirmiştir.

Tavşan Yüreği, Beylik, Uslu ve Saurani çeşit zeytinyağlarının incelendiği Ghanbarıshendi (2016) tarafından yapılan çalışmada Tavşan Yüreği, Beylik, Uslu ve Saurani çeşit zeytinyağlarında 12 ay depolama süresince luteolin'in en fazla miktarda bulunan fenolik bileşik olduğu ayrıca luteolin ve apigenin miktarlarının bu süre zarfında azaldığı buna karşılık bazı zeytinyağlarında oleuropeinin hidrolizi nedeni ile tirozol ve hidroksitirozol miktarlarının arttığı tespit edilmiştir.

4.7. Depolama Süresince Yağ Asitleri Kompozisyonu

Zeytinyağlarının yağ asidi bileşimleri genetik özelliklere göre değişmektedir. Bununla beraber, hasat zamanı, coğrafi konum ve yetiştirme koşulları da zeytinyağlarında yağ asidi kompozisyonunu etkileyebilmektedir. Yağ asidi bileşimleri, zeytinyağlarının sınıflandırılmasında da bir parametre olarak değerlendirilmektedir. Zeytinyağların tekli doymamış yağ asitleri, diyet üzerindeki olumlu etkileri ve yağların raf ömrünü etkileyen oksidatif stabiliteye katkısı

bakımından önem arz etmektedir. Oleik asit (18:1), zeytinyağındaki esas tekli doymamış yağ asidi olup diğer yağ asitlerinden daha yüksek konsantrasyonlarda bulunmaktadır. Zeytinyağını oluşturan trigliseritlerin yapısında genel olarak oleik asit, palmitik asit, linoleik asit ve stearik asitler bulunmaktadır (Doğanuz, 2022; Haddada ve ark., 2008; Türkoğlu ve Kanık, 2012).

Zeytinyağı örneklerinin yağ asitleri kompozisyonu (%) Çizelge 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Zeytinyağların depolama süresince yağ asidi kompozisyonları (%)

Yağ asidi	Depolama, ay	Nizip Yağlık	Derik Halhalı	Melkabazi
Palmitik asit (16:0)	0	16.66±0.10^{bB}	16.77±0.01^{bB}	17.89±0.05^{cA}
	2	17.59±0.17^{aA}	17.63±0.34^{aA}	18.42±0.02^{aA}
	4	16.52±0.01^{bC}	16.62±0.03^{bB}	18.12±0.01^{bA}
	6	16.30±0.04^{bC}	18.09±0.01^{aB}	18.41±0.01^{aA}
Palmitoleik asit (16:1n-7)	0	1.83±0.01^{aB}	1.54±0.02^{aC}	1.89±0.01^{aA}
	2	1.35±0.01^{bB}	1.48±0.11^{aB}	1.90±0.02^{aA}
	4	1.61±0.23^{abA}	1.55±0.01^{aA}	1.89±0.00^{aA}
	6	1.84±0.00^{aB}	1.50±0.02^{aC}	1.88±0.00^{aA}
Heptadekanoik asit (C17:0)	0	0.11±0.00^{bA}	0.11±0.01^{abA}	0.04±0.00^{aB}
	2	0.13±0.00^{aA}	0.11±0.00^{abA}	0.03±0.03^{aB}
	4	0.12±0.00^{abA}	0.11±0.00^{bA}	0.03±0.03^{aB}
	6	0.12±0.00^{abA}	0.11±0.00^{aA}	0.03±0.03^{aB}
Cis-10 heptadesenoik asit (C17:1n-7 cis)	0	0.17±0.00^{aA}	0.14±0.01^{aA}	0.10±0.00^{aB}
	2	0.17±0.00^{aA}	0.15±0.02^{aA}	0.10±0.00^{aB}
	4	0.17±0.01^{aA}	0.17±0.00^{aA}	0.09±0.01^{aB}
	6	0.17±0.01^{aA}	0.15±0.01^{aA}	0.10±0.00^{aB}
Stearik asit (C18:0)	0	3.37±0.01^{aA}	1.88±0.20^{aA}	2.38±0.02^{aA}
	2	3.55±0.18^{aA}	3.40±0.05^{aA}	2.40±0.02^{aB}
	4	3.44±0.02^{aA}	3.32±0.01^{aB}	2.36±0.01^{aC}
	6	3.42±0.02^{aB}	3.65±0.03^{aA}	2.39±0.01^{aC}
Elaidik asit	0	te	0.00±0.00^{a}	
	2	0.00^{bA}	0.03±0.03^{aA}	0.00^{bA}
	4	te	0.00±0.00^{a}	
	6	te	0.00±0.00^{a}	
Oleik asit (C18:1n9c)	0	67.81±0.01^{aA}	65.72±0.05^{bB}	51.41±0.03^{aC}
	2	66.79±0.13^{bA}	64.93±0.05^{cB}	51.37±0.21^{aC}
	4	67.83±0.06^{aA}	66.03±0.04^{aB}	51.56±0.02^{aC}
	6	68.01±0.03^{aA}	64.76±0.01^{dB}	51.4±0.13^{aC}
Linoleidik asit(C18:2n6t)	0	0.00±0.00^{C}	0.01±0.00^{aB}	0.02±0.00^{aA}
	2	0.00±0.00^{A}	0.03±0.03^{aA}	0.00±0.00^{bA}
	4	0.00±0.00	0.00±0.00^{a}	0.00±0.00^{b}
	6	0.00±0.00	0.00±0.00^{a}	0.00±0.00^{b}

Çizelge 4.7. (devam)

Yağ asidi	Depolama, ay	Nizip Yağlık	Derik Halhalı	Melkabazi
Linoleik asit (C18:2n6c)	0	7.93±0.06^{aC}	9.69±0.02^{aB}	23.88±0.03^{aA}
	2	7.70±0.04^{bC}	9.69±0.03^{aB}	23.40±0.09^{cA}
	4	7.95±0.01^{aC}	9.66±0.00^{aB}	23.66±0.03^{bA}
	6	7.91±0.01^{aC}	9.15±0.02^{bB}	23.58±0.01^{bcA}
Araşidik asit (C20:0)	0	0.59±0.00^{bA}	0.56±0.01^{abB}	0.39±0.01^{aC}
	2	0.63±0.00^{aA}	0.53±0,02^{bB}	0.41±0.01^{aC}
	4	0.60±0.00^{bA}	0.58±0.00^{aA}	0.37±0.03^{aB}
	6	0.60±0.01^{bA}	0.60±0.01^{aA}	0.39±0.00^{aB}
Alfa-linolenik (C18:3n3)	0	0.74±0.01^{aC}	0.79±0.02^{aB}	0.94±0.02^{aA}
	2	0.68±0.00^{bB}	0.70±0.09^{aAB}	0.93±0.00^{bA}
	4	0.73±0.01^{aC}	0.77±0.00^{aB}	0.91±0.00^{cA}
	6	0.69±0.01^{bC}	0.72±0.00^{aB}	0.92±0.00^{bcA}
Cis-11- Eicosenik asit (C20:1n9)	0	0.26±0.01^{aA}	0.24±0.00^{aB}	0.18±0.01^{aC}
	2	0.25±0.00^{bA}	0.25±0.00^{aA}	0.19±0.01^{aB}
	4	0.26±0.00^{bA}	0.24±0.00^{aB}	0.18±0.00^{aC}
	6	0.25±0.00^{bA}	0.22±0.01^{bB}	0.18±0.00^{aC}
Heneikosenik asit (C21:0)	0	te^{a}	0.01±0.00^{bA}	0.01±0.00^{aA}
	2	0.01±0.01^{aB}	0.08±0.01^{aA}	0.00±0.00^{bB}
	4	0.00±0.00^{a}	0.00±0.00^{c}	0.00±0.00^{b}
	6	0.00±0.00^{a}	0.00±0.00^{c}	0.00±0.00^{b}
Behenik asit (C22:0)	0	0.15±0.01^{bA}	0.15±0.01^{aA}	0.10±0.00^{aB}
	2	0.17±0.01^{aA}	0.17±0.02^{aA}	0.12±0.01^{aB}
	4	0.17±0.00^{abA}	0.16±0.00^{aB}	0.11±0.00^{aC}
	6	0.17±0.00^{abA}	0.16±0.00^{aA}	0.10±0.00^{aB}
Trikosanik asit (C23:0)	0	0.84±0.02^{aA}	0.73±0.02^{aB}	0.72±0.01^{aB}
	2	0.68±0.01^{dA}	0.73±0.04^{aA}	0.70±0.15^{aA}
	4	0.73±0.00^{cA}	0.69±0.01^{aB}	0.62±0.01^{aC}
	6	0.78±0.00^{bA}	0.75±0.00^{aB}	0.69±0.00^{aC}
Lignoserik asit (C24:0)	0	0.13±0.00^{aA}	0.12±0.01^{aB}	0.09±0.00^{aC}
	2	0.13±0.00^{aA}	0.10±0.01^{aA}	0.04±0.04^{aA}
	4	0.12±0.00^{bA}	0.11±0.00^{aA}	0.08±0.00^{aB}
	6	0.12±0.00^{bA}	0.11±0.00^{aA}	0.08±0.00^{aB}
Nervoik asit (C24:1n9)	0	0.02±0.00^{cA}	0.02±0.00^{aA}	0.01±0.00^{aB}
	2	0.03±0.00^{aA}	0.00±0.00^{aB}	0.00±0.00^{bB}
	4	0.00±0.00^{d}	0.00±0.00^{a}	0.00±0.00^{b}
	6	0.03±0.00^{bA}	0.02±0.02^{aA}	0.00±0.00^{bA}
Toplam doymuş (TDYA)	0	21.85±0.10^{bA}	20.33±2.12^{bA}	21.62±0.09^{bA}
	2	22.89±0.34^{aA}	22.75±0.24^{abA}	22.11±0.11^{aA}
	4	21.69±0.04^{bA}	21.59±0.03^{abA}	21.68±0.03^{bA}
	6	21.51±0.06^{bC}	23.49±0.01^{aA}	22.09±0.03^{aB}
Toplam tekli doymamış (TTMYA)	0	70.1±0.04^{abA}	67.67±0.06^{bB}	53.59±0.04^{aC}
	2	68.58±0.13^{cA}	66.84±0.15^{cB}	53.56±0.20^{aC}
	4	69.86±0.17^{bA}	67.99±0.03^{aB}	53.73±0.03^{aC}
	6	70.29±0.03^{aA}	66.64±0.02^{cB}	53.56±0.13^{aC}

Çizelge 4.7. (devam)

Yağ asidi	Depolama, ay	Nizip Yağlık	Derik Halhalı	Melkabazi
Toplam çoklu doymamış (TÇMYA)	0	8.67±0.09^{aC}	10.49±0.03^{aB}	24.83±0.04^{aA}
	2	8.38±0.04^{bC}	10.42±0.09^{aB}	24.33±0.09^{cA}
	4	8.67±0.02^{aC}	10.43±0.00^{aB}	24.57±0.03^{bA}
	6	8.60±0.00^{aC}	9.86±0.02^{bB}	24.50±0.01^{bcA}
Toplam doymamış (TMYA)	0	78.77±0.13^{aA}	78.15±0.03^{aC}	78.42±0.01^{aB}
	2	76.97±0.17^{bB}	77.26±0.24^{bAB}	77.89±0.10^{cA}
	4	78.53±0.18^{aA}	78.41±0.03^{aA}	78.30±0.00^{abA}
	6	78.89±0.03^{aA}	76.50±0.00^{cC}	78.06±0.12^{bcB}
TTMYA/TÇMYA	0	8.09±0.08^{abA}	6.45±0.03^{bcB}	2.16±0.01^{bC}
	2	8.18±0.02^{aA}	6.42±0.04^{cB}	2.20±0.02^{aA}
	4	8.06±0.00^{bA}	6.52±0.00^{bB}	2.19±0.00^{abC}
	6	8.17±0.00^{aA}	6.76±0.02^{aB}	2.19±0.01^{abC}
Oleik/Linoleik C18:1/C18:2	0	8.56±0.09^{aC}	6.78±0.03^{bB}	2.15±0.01^{bA}
	2	8.67±0.02^{aA}	6.70±0.01^{cB}	2.20±0.02^{aC}
	4	8.53±0.02^{aA}	6.83±0.00^{bB}	2.18±0.00^{abC}
	6	8.60±0.00^{aA}	7.08±0.01^{aB}	2.18±0.01^{abC}

te: Tespit edilmedi; TDYA: Toplam doymuş yağ asidi; TTMYA: Toplam tekli doymamış yağ asidi; TÇMYA: Toplam Çoklu doymamış yağ asidi; TMYA: Toplam doymamış yağ asidi
a-d: Her bir örnek için aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (P<0.05); A-C: Farklı örneklerin aynı depolama süresi için farklı büyük harflerle gösterilen değerler istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0.05)

Depolama başında zeytinyağı örneklerinin yağ asitleri bileşimleri arasında önemli farklılıklar olduğu saptanmıştır (P<0.05). Oleik asit, her üç zeytinyağı içerisinde en yüksek içeriğe sahip yağ asidi olarak Nizip Yağlık, Derik Halhalı ve Melkabazi zeytinyağları için sırasıyla %67.81, 65.72 ve 51.41 oranında bulunmuştur. Her üç zeytinyağı örneğinde de oleik asitten sonra oranı en fazla olan diğer yağ asitleri palmitik ve linoleik asittir.

Nizip Yağlık örneğine ait % oleik asit ve linoleik asit (18:2) içerikleri depolamanın ilk 2 ayında azalmış, daha sonra dördüncü aya kadar artarak (P<0.05) bu süreden sonra depolama sonuna kadar istatistiksel olarak sabit kalmıştır (P>0.05). Palmitik asit içeriği ise depolamanın ilk 2 ayında artmış, daha sonra dördüncü aya kadar azalarak (P<0.05) bu süreden sonra depolama sonuna kadar istatistiksel olarak sabit kalmıştır (P>0.05).

Derik Halhalı yağ örneğine ait % oleik asit ve palmitik asit içeriği depolama süresince düzenli olmayan bir değişim göstermiştir (P<0.05). Linoleik asit (18:2)

içeriğinde ise depolamanın ilk 4 ayında istatistiksel olarak önemli bir fark tespit edilmeyip ($P>0.05$) daha sonra depolama sonuna kadar bir azalma gerçekleşmiştir ($P<0.05$).

Melkabazi zeytinyağının % oleik asit değerindeki değişim depolama süresince istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($P>0.05$). Linoleik asit (18:2) ve palmitik asit içerikleri ise depolama boyunca düzenli olmayan bir değişim göstermiştir ($P<0.05$).

Depolama sonunda örneklerin % oleik asit değeri Nizip Yağlık>Derik Halhalı>Melkabazi şeklinde sıralanmıştır ($P<0.05$). Linoleik asit (18:2) ve palmitik asit içerikleri ise Melkabazi>Derik Halhalı>Nizip Yağlık şeklinde sıralandığı tespit edilmiştir ($P<0.05$).

Dikkat çeken bir durum olarak Melkabazi zeytinyağının oleik ve linoleik asit (18:2) içeriklerinin depolama süresince Türk Gıda Kodeksi Zeytin Zeytinyağı ve Pirina Yağı Tebliğinde (Tebliğ no 2017/26) yer alan limitlere uymadığı belirlenmiştir. Söz konusu Tebliğe göre oleik asit oranı en az %55 oranında olması gerekirken Melkabazi zeytinyağında bu oran depolamanın 0. ayında %51.4, depolama sonunda ise %51.40 olarak tespit edilmiştir. Söz konusu Tebliğe göre Linoleik asit oranının en fazla %21 olması gerekirken Melkabazi zeytinyağındaki oran depolama başında %23.88, depolama sonunda ise %23.58 olarak tespit edilmiştir.

Doymamış yağ asitleri, çift bağlarda meydana gelen kimyasal reaksiyonlar nedeniyle yağların stabilitesinde önem arz etmektedir. Bu oksidasyon reaksiyonlarının oranları, karbon zincirindeki çift bağların sayısına bağlıdır (Morello ve ark., 2004).

Melkabazi zeytinyağının yüksek linoleik asit içeriğine bağlı olarak toplam çoklu doymamış yağ asidi (TÇMYA) içeriği depolama başı ve sonunda en yüksek bulunmuşken, toplam tekli doymamış yağ asidi (TTMYA) miktarının toplam çoklu doymamış yağ asidi (TÇMYA) miktarına oranı ve oleik/linoleik oranı ise depolama başında en düşük, depolama sonunda ise en yüksek olarak tespit edilmiştir ($P<0.05$). Oleik/linoleik oranı, zeytinyağlarının stabilitelerinin ölçülmesinde kullanılan bir

parametredir, yüksek olması yüksek oksidatif stabiliteye işaret etmektedir ve bu oran meyve olgunluğuna bağlı olarak değişmektedir (Yang ve ark., 2013; Doğanuz, 2022).

Omega 3 olarak bilinen linolenik (C18:3) asit ve omega 6 olarak bilinen linoleik (C18:2) asit, diğer omega 3 (n-3) ve omega 6 (n-6) yağ asitlerinin sentezi için de gereklidir. Diğer taraftan, TÇMYA'nın fazla tüketimi, faydalı kolesterol olan HDL'nin kandaki seviyesinin azalmasına ve kötü kolesterol olarak bilinen LDL'nin oksitlenmesini hızlandırmaktadır. Bu nedenle, çoklu doymuş yağ asitlerinin günlük alımına dikkat edilmesi gerekmektedir. Buna karşı tekli doymamış yağ asitleri (TTMYA), kandaki HDL seviyesini artırabildiğinden bu yağ asitlerinin zeytinyağında fazla bulunması istenen bir durumdur (Yang ve ark., 2013). Bu nedenle, Melkabazi zeytinyağının diğer iki zeytinyağı örneğine oranla depolama süresince yüksek TÇMYA ve düşük TTMYA içerikleri ($P<0.05$) bu yağın besin kalitesini azaltıcı bir özellik olduğu tahmin edilmektedir.

Doğanuz (2022), yaptığı çalışmada yağ asidi kompozisyonunun depolama boyunca (12 ay) limit değerlerini aşmayarak natürel sızma zeytinyağı kalitesinde olduğunu ve bu değerlerin hasat ve depolamadan etkilendiği belirtilmiştir.

Yapılan bir çalışmada natürel sızma zeytinyağlarında 93 haftalık depolama süre zarfında oleik asitte önem arz eden bir değişimin olmadığı, linoleik asidin %2.1 ile %3.8 arasında azaldığı ve linolenik asidin ise %5.8 ile %10.0 arasında değiştiği belirlenmiştir (Gomez ve ark., 2007).

4.8. Depolama Süresince Uçucu Aroma Profilleri

Uçucu bileşikler zeytinyağların kalitesini etkileyen duyusal özelliklerinden sorumlu aroma bileşiklerdir. Uçucu aroma bileşikleri yaklaşık 180 uçucu bileşenden (aldehitler, alkoller, esterler, ketonlar, hidrokarbonlar ve asitler gibi) oluşmaktadır (Çevik ve ark., 2015). Zeytinyağlarının bu uçucu bileşik grupları, lipoksigenaz iz yolu üzerinden oluşanlar, mikrobiyal aktiviteye dayalı olanlar, yağların oksidasyon ürünleri ve zeytin meyvesinin içeriğinden gelen bileşiklerden ibarettir. Zeytinyağlarındaki

uçucu bileşikler zeytin çeşidi başta olmak üzere yetiştirme koşulları, olgunluk derecesi, malaksasyon süresi ve sıcaklık gibi faktörlere bağlı olarak değişebilmektedir (Çevik ve ark., 2015; Malheiro ve ark., 2018; Türkay, 2022).

Zeytinlerin yağa işlenmesi amacıyla tanelerin ezilip hamur haline getirildiği sırada LOX iz yolu üzerinden uçucu bileşikler oluşmaya başlamaktadır. Bu esnada veya öncesinde zeytin hamurunda bulunan ve çoklu doymamış yağ asitleri olarak bilinen linoleik ve linolenik asit lipoksijenaz (LOX) enziminin başlattığı bir dizi reaksiyonlar sonucunda sentezlenmektedir (Doğanuz, 2022; Tome-Rodriguez ve ark., 2022). Bu bileşiklerin zeytinyağlarındaki miktarı, zeytinlerin yağa dönüşmesi sırasında kullanılan malaksasyon işleminin süresi ve sıcaklığına, ayrıca zeytin çeşidi, yetiştirildiği bölge, yetiştirme koşulları, depolama süresi gibi faktörlere göre değişebilmektedir (Vichi ve ark., 2009; Veneziani ve ark., 2015).

Zeytinyağı örneklerinin uçucu aroma bileşikleri Çizelge 4.8'de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Zeytinyağların depolama süresince aroma bileşik miktarları (mg/kg)

No	Aroma bileşiği	Rİ	Depolama, ay	Nizip Yağlık	Derik Halhalı	Melkabazi
B1	Etanol	993	0	0.59 ± 0.05^{cB}	0.82 ± 0.03^{cB}	1.86 ± 0.15^{abA}
			2	1.37 ± 0.36^{bA}	1.99 ± 0.05^{abA}	1.54 ± 0.28^{abA}
			4	3.25 ± 0.04^{aA}	2.10 ± 0.06^{aB}	2.09 ± 0.08^{aB}
			6	1.82 ± 0.10^{bA}	1.77 ± 0.10^{bA}	1.24 ± 0.27^{bA}
B2	3-Pentanon	1029	0	te	te	0.21 ± 0.06^{aA}
			2	te	te	te^{b}
			4	te	te	te^{b}
			6	te	te	te^{b}
B3	Pentanal		0	te^{b}	te^{b}	te^{b}
			2	te^{bB}	0.46 ± 0.08^{aA}	te^{bB}
			4	0.25 ± 0.05^{abB}	te^{bC}	1.16 ± 0.04^{aA}
			6	0.48 ± 0.18^{aA}	te^{bC}	te^{bB}
B4	3-Etil-1,5-oktadien	1053	0	0.29 ± 0.04^{aB}	0.44 ± 0.02^{aA}	0.37 ± 0.03^{bAB}
			2	0.57 ± 0.21^{aA}	0.56 ± 0.10^{aA}	0.75 ± 0.14^{aA}
			4	0.76 ± 0.07^{aA}	0.67 ± 0.26^{aA}	0.58 ± 0.08^{abA}
			6	0.63 ± 0.21^{aA}	0.31 ± 0.01^{aA}	0.33 ± 0.04^{bA}
B5	1-Penten-3-one	1065	0	0.45 ± 0.04^{cB}	0.72 ± 0.08^{cA}	0.81 ± 0.05^{bA}
			2	1.00 ± 0.01^{bA}	1.25 ± 0.14^{abA}	1.04 ± 0.15^{abA}
			4	1.39 ± 0.05^{aA}	1.52 ± 0.07^{aA}	1.25 ± 0.09^{aA}
			6	1.01 ± 0.05^{bB}	1.02 ± 0.08^{bcB}	1.32 ± 0.03^{aA}
B6	Metilbenzen	1040	0	te	te	0.26 ± 0.03^{aA}
			2	te	te	te^{b}
			4	te	te	te^{b}
			6	te	te	te^{b}

Çizelge 4.8. (devam)

No	Aroma bileşiği	Rİ	Depolama, ay	Nizip Yağlık	Derik Halhalı	Melkabazi
B7	Hekzanal	1080	0	1.78±0.07^{bB}	2.05±0.01^{dB}	3.22±0.17^{bA}
			2	6.35±0.77^{aA}	3.47±0.05^{cB}	3.67±0.64^{bB}
			4	3.49±0.14^{bB}	4.81±0.16^{bAB}	8.43±1.65^{aA}
			6	3.03±0.81^{bC}	5.43±0.23^{aB}	11.66±0.24^{aA}
B8	1,2-Dimetil benzen	1183	0	0.24±0.04^{aA}	te	te
			2	te^{b}	te	te
			4	te^{b}	te	te
			6	te^{b}	te	te
B9	3-Hekzenal	1132	0	2.64±0.13^{aB}	3.41±0.03^{aA}	3.65±0.06^{aA}
			2	te^{b}	te^{b}	te^{b}
			4	te^{b}	te^{b}	te^{b}
			6	te^{b}	te^{b}	te^{b}
B10	1-Penten-3-ol	1179	0	1.55±0.23^{aA}	2.23±0.24^{aA}	te
			2	te^{c}	te^{b}	te
			4	0.86±0.25^{bA}	te^{bB}	te^{B}
			6	0.47±0.01^{bcA}	te^{bB}	te^{B}
B11	(E)-2-Hekzenal	1228	0	13.84±0.15^{bA}	6.43±0.24^{bcB}	4.62±0.04^{aC}
			2	15.55±0.75^{bA}	7.89±0.18^{bB}	3.97±0.86^{aC}
			4	22.79±1.60^{aA}	9.72±0.69^{aB}	5.01±0.16^{aC}
			6	13.30±1.14^{bA}	6.28±0.09^{cB}	5.65±0.08^{aB}
B12	1-Pentanol	1243	0	0.36±0.07^{aB}	0.72±0.02^{bB}	6.75±0.87^{aA}
			2	te^{bC}	1.78±0.13^{aAB}	6.71±2.49^{aA}
			4	te^{bB}	1.95±0.08^{aB}	10.02±1.24^{aA}
			6	te^{bC}	1.90±0.12^{aB}	11.39±0.36^{aA}
B13	Hekzil asetat	1291	0	te	te	0.22±0.01^{bA}
			2	te^{B}	te^{B}	0.52±0.03^{aA}
			4	te^{B}	te^{B}	0.28±0.05^{bA}
			6	te	te	te^{c}
B14	Oktanal	1305	0	0.16±0.03^{cA}	0.14±0.02^{bA}	0.13±0.01^{aA}
			2	0.55±0.02^{abA}	te^{bB}	te^{aB}
			4	0.45±0.09^{bA}	0.64±0.04^{aA}	1.78±1.30^{aA}
			6	0.72±0.06^{aA}	0.57±0.09^{aA}	te^{aB}
B15	(E)-4,8-Dimetil-1,3,7 nonatrien	1322	0	te^{c}	0.26±0.08^{bA}	0.35±0.07^{bA}
			2	1.16±0.05^{abA}	0.91±0.15^{aA}	0.82±0.04^{abA}
			4	1.70±0.15^{aA}	1.25±0.15^{aA}	0.85±0.26^{abA}
			6	0.61±0.45^{bcA}	0.87±0.00^{aA}	0.92±0.11^{aA}
B16	(Z)-2-Penten-1-ol	1331	0	0.50±0.06^{abA}	0.49±0.10^{aA}	0.38±0.01^{dA}
			2	0.65±0.07^{abA}	0.84±0.17^{aA}	0.70±0.01^{bA}
			4	0.99±0.08^{aA}	0.88±0.21^{aA}	0.54±0.02^{cA}
			6	0.38±0.27^{bA}	0.68±0.06^{aA}	0.82±0.05^{aA}
B17	(E)-3-Hekzen-1-ol, asetat	1334	0	te	te	0.61±0.04^{abA}
			2	te	te	te^{b}
			4	te^{B}	te^{B}	1.06±0.32^{aA}
			6	te	te	te^{b}
B18	(E)-2-Heptenal	1341	0	te^{c}	0.21±0.02^{bA}	te^{c}
			2	0.61±0.06^{abB}	1.14±0.10^{aA}	0.93±0.01^{bA}
			4	0.42±0.02^{bA}	1.04±0.25^{aA}	0.93±0.02^{bA}
			6	0.77±0.08^{aB}	1.41±0.06^{aA}	1.73±0.11^{aA}
B19	1-Hekzanol	1361	0	0.68±0.03^{bB}	0.77±0.03^{cB}	2.09±0.16^{aA}
			2	0.72±0,05^{bB}	0.95±0.07^{bAB}	1.71±0.30^{aA}
			4	1.12±0,07^{aB}	1.24±0.00^{aB}	2.54±0.25^{aA}
			6	0.72±0,11^{bB}	0.63±0.00^{dB}	2.35±0.04^{aA}

Çizelge 4.8. (devam)

No	Aroma bileşiği	Rİ	Depolama, ay	Nizip Yağlık	Derik Halhalı	Melkabazi
B20	(Z)-3-Hexen-1-ol	1392	0	1.75±0.04^{bA}	1.78±0.12^{bA}	1.65±0.06^{aA}
			2	2.20±0.37^{bA}	2.81±0.42^{aA}	1.81±0.32^{aA}
			4	3.27±0.15^{aA}	2.89±0.11^{aA}	2.19±0.05^{aB}
			6	1.78±0.17^{bA}	2.13±0.16^{abA}	2.25±0.02^{aA}
B21	Nonanal	1408	0	0.50±0.20^{aA}	0.34±0.05^{bA}	0.51±0.03^{bA}
			2	1.69±0.37^{aA}	1.66±0.14^{aA}	1.50±0.18^{bA}
			4	1.81±0.02^{aB}	1.76±0.04^{aB}	8.29±1.49^{aA}
			6	12.23±7.72^{aA}	2.26±0.27^{aA}	3.90±1.70^{abA}
B22	(E)-2-Hekzen-1-ol	1413	0	0.39±0.05^{aA}	te	0.47±0.03^{aA}
			2	te^{b}	te	te^{b}
			4	0.14±0.14^{abA}	te^{A}	0.50±0.15^{aA}
			6	0.05±0.05^{bA}	te	te^{bA}
B23	2,4-Hekzanedienal	1413	0	2.00±0.30^{aA}	1.39±0.12^{aA}	1.20±0.16^{aA}
			2	te^{b}	te^{b}	te^{c}
			4	te^{b}	te^{b}	te^{c}
			6	te^{bB}	te^{bB}	0.50±0.02^{bA}
B24	(E,E)-2,4-Heptadienal		0	te^{b}	te	te
			2	0.63±0.16^{aA}	te	te
			4	te^{b}	te	te
			6	te^{b}	te	te
B25	Siklosativen	1499	0	te	te	0.15±0.04^{aA}
			2	te	te	te^{b}
			4	te	te	te^{b}
			6	te	te	te^{b}
B26	α-Kopaen	1506	0	0.33±0.06^{bB}	0.32±0.03^{aB}	0.62±0.09^{aA}
			2	0.70±0.12^{abA}	0.67±0.03^{aA}	0.93±0.06^{aA}
			4	0.99±0.18^{aA}	0.77±0.09^{aA}	1.02±0.06^{aA}
			6	0.54±0.03^{abA}	0.74±0.28^{aA}	1.18±0.28^{aA}
B27	Benzaldehit	1541	0	0.39±0.06^{bA}	0.33±0.03^{bcA}	0.23±0.01^{aA}
			2	3.70±0.77^{aA}	1.61±0.03^{aB}	0.91±0.05^{aB}
			4	0.44±0.44^{bA}	0.84±0.05^{bA}	1.48±0.54^{aA}
			6	0.30±0.30^{bA}	te^{cA}	1.50±0.58^{aA}
B28	1-Oktanol	1559	0	0.21±0.05^{bA}	te^{b}	0.36±0.04^{aA}
			2	0.84±0.10^{aA}	0.76±0.07^{aA}	0.74±0.02^{aA}
			4	1.11±0.17^{aA}	0.68±0.07^{aA}	1.71±0.73^{aA}
			6	0.97±0.05^{aAB}	0.79±0.04^{aB}	1.05±0.05^{aA}
B29	5-Etil-2(5H)-furanon	1610	0	te^{a}	0.15±0.00^{bA}	te^{a}
			2	4.21±0.50^{aA}	2.16±2.16^{abA}	0.57±0.57^{aA}
			4	4.36±0.92^{aA}	5.11±0.40^{aA}	2.24±1.37^{aA}
			6	2.79±2.79^{aA}	te^{bA}	te^{aA}
B30	α-Bergamoten	1596	0	0.27±0.01^{aB}	0.36±0.04^{bB}	3.64±0.16^{aA}
			2	te^{bB}	0.73±0.12^{aA}	3.42±1.46^{aA}
			4	te^{bB}	0.89±0.07^{aB}	4.77±0.42^{aA}
			6	te^{bB}	0.76±0.08^{aB}	5.14±0.62^{aA}
B31	Piran aldehit	1611	0	te^{c}	te^{c}	0.27±0.01^{bA}
			2	2.40±0.50^{bB}	4.72±0.39^{bA}	1.82±0.20^{bB}
			4	te^{c}	te^{c}	te^{b}
			6	5.23±0.65^{aA}	7.89±0.28^{aA}	6.76±1.04^{aA}
B32	Butanoic acid		0	te^{a}	te	te^{b}
			2	0.46±0.46^{aA}	te^{A}	0.99±0.24^{aA}
			4	0.51±0.51^{aA}	te^{A}	0.74±0.26^{aA}
			6	te^{a}	te	te^{b}

Çizelge 4.8. (devam)

No	Aroma bileşiği	Rİ	Depolama, ay	Nizip Yağlık	Derik Halhalı	Melkabazi
B33	(E)-2-Decenal		0	te^{b}	te	te
			2	te^{b}	te	te
			4	te^{b}	te	te
			6	1.55±0.20^{aA}	te^{B}	te^{B}
B34	β-Seskuifellanderen	1730	0	te	0.25±0.02^{bB}	2.69±0.01^{aA}
			2	te^{A}	0.80±0.02^{aA}	3.88±1.94^{aA}
			4	te^{B}	0.82±0.02^{aB}	4.84±0.51^{aA}
			6	te^{B}	0.66±0.17^{aB}	4.93±0.68^{aA}
B35	Zingiberen	1735	0	te	te	0.40±0.02^{aA}
			2	te^{A}	te^{A}	0.35±0.35^{aA}
			4	te^{B}	te^{B}	0.66±0.10^{aA}
			6	te^{A}	te^{A}	0.34±0.34^{aA}
B36	α-Muurolen	1741	0	te	te	0.36±0.10^{aA}
			2	te	te	te^{b}
			4	te^{B}	te^{B}	0.48±0.06^{aA}
			6	te	te	te^{b}
B37	ß-Curcumen	1755	0	te^{b}	te	0.59±0.16^{bcA}
			2	te^{bB}	te^{B}	0.97±0.09^{abA}
			4	0.59±0.13^{aA}	te^{A}	te^{cB}
			6	te^{bB}	te^{B}	1.55±0.42^{aA}
B38	α-Farnesene		0	te^{b}	te^{b}	te
			2	te^{b}	te^{b}	te
			4	0.78±0.12^{aA}	0.59±0.14^{aA}	te^{B}
			6	te^{b}	te^{b}	te
B39	Pentanoik asit	1773	0	0.33±0.04^{aA}	te	0.39±0.01^{aA}
			2	te^{b}	te	te^{b}
			4	te^{b}	te	te^{b}
			6	te^{b}	te	te^{b}
B40	α-Curcumen	1788	0	0.50±0.15^{aA}	te^{b}	0.89±0.33^{aA}
			2	te^{bB}	0.07±0.01^{aA}	te^{bB}
			4	te^{b}	te^{b}	te^{b}
			6	te^{b}	te^{b}	te^{b}
B41	Hekzanoik asit	1877	0	4.91±0.65^{aA}	0.34±0.02^{aB}	0.38±0.03^{aB}
			2	2.79±1.16^{abA}	0.57±0.57^{aA}	te^{aA}
			4	0.44±0.44^{bA}	1.08±0.28^{aA}	8.91±8.91^{aA}
			6	0.44±0.44^{bA}	1.21±0.12^{aA}	1.31±0.45^{aA}
B42	Fenilmetanol		0	te^{b}	te	te
			2	1±0,24^{aA}	te^{B}	te^{B}
			4	te^{b}	te	te
			6	te^{b}	te	te
B43	Feniletanol	1922	0	0.2±0.04^{bcA}	0.17±0.02^{aA}	0.25±0.01^{aA}
			2	te^{cB}	te^{bB}	0.29±0.08^{aA}
			4	0.71±0.10^{aA}	te^{bB}	0.21±0.21^{aAB}
			6	0.29±0.03^{bA}	te^{bA}	0.20±0.20^{aA}
B44	Tanımlanmayan	1698	0	0.32±0.04^{bA}	0.26±0.02^{aB}	te
			2	0.77±0.11^{aA}	te^{bB}	te^{B}
			4	te^{c}	te^{b}	te
			6	te^{c}	te^{b}	te
B45	Oktanoik asit	2094	0	3.75±0.49^{aA}	0.38±0.01^{aB}	0.38±0.02^{bB}
			2	0.69±0.02^{bA}	te^{bB}	te^{cB}
			4	te^{bB}	te^{bB}	1.18±0.15^{aA}
			6	te^{b}	te^{b}	te^{c}

Çizelge 4.8. (devam)

No	Aroma bileşiği	Rİ	Depolama, ay	Nizip Yağlık	Derik Halhalı	Melkabazi
B46	Nonanoik asit	2185	0	0.29 ± 0.01^{bA}	te	te^{b}
			2	te^{b}	te	te^{b}
			4	te^{bB}	te^{B}	2.08 ± 0.06^{aA}
			6	4.47 ± 1.31^{aA}	te^{B}	te^{bB}
B47	Dekanoik asit	2228	0	1.80 ± 0.11^{aA}	0.18 ± 0.04^{aB}	0.24 ± 0.02^{aB}
			2	te^{b}	te^{b}	te^{b}
			4	te^{b}	te^{b}	te^{b}
			6	te^{b}	te^{b}	te^{b}

a-d: Her bir örnek için aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$); A-C: Farklı örneklerin aynı depolama süresi için farklı büyük harflerle gösterilen değerler istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$); te: Tespit edilmedi

Depolama başında Derik Halhalı, Nizip Yağlık ve Melkabazi zeytinyağlarında sırasıyla 25, 27 ve 33 uçucu bileşik tespit edilmiştir. Her üç yağ örneğinde de lipoksigenaz aktivitesiyle oluşan 5 ve 6 karbonlu bileşiklerin yaygın olduğu belirlenmiştir. Bu gruptan 1-hekzanol, (E)-2-hekzenal, 3-hekzenal, (Z)-3-hexen-1-ol, 1-penten-3-ol ve (E)-2-hekzen-1-ol, 2,4-hekzanedienal, 1-penten-3-one ve (Z)-2-penten-1-ol bileşikleri tespit edilmiştir. Bu bileşikler zeytinyağların tipik aroması olan keskin, meyvemsi, yeşil-çimen ve zeytin kokusundan sorumlu bileşikler olduğu belirtilmektedir (Çevik ve ark., 2015; Guerrini ve ark., 2021).

Kesen ve ark. (2013), tarafından yapılan bir çalışmada Halhalı çeşidine ait zeytinyağında 44 çeşit uçucu bileşik tanımlamıştır.

Zeytinyağların karakteristik kokusuna olumlu katkıda bulunan ve badem, yeşil-çimen, acı ve meyveli kokularla ilişkilendirilen (E)-2-hekzenal bileşiğinin (Çevik ve ark., 2015; Guerrini ve ark., 2021) depolamanın başında Nizip Yağlık çeşide ait zeytinyağında en yüksek (13.84±0.15 mg/kg), Melkabazi örneğinde ise en düşük (4.62±0.04 mg/kg) olduğu tespit edilmiştir ($P<0.05$).

Zeytinyağı örneklerinde meyvemsilik kokularına olumlu etki sağlayan ve terpen grubuna giren (E)-4,8-dimetil-1,3,7-nonatrien, α-kopaen α-bergamoten, β-seskuifellanderen, zingiberen, α-muurolen, ß-curcumen ve α-curcumen bileşikleri bulunmuştur. Depolamanın başında bu bileşikler yoğun olarak Melkabazi zeytinyağında tespit edilmiştir ($P<0.05$).

Zeytinyağlarında istenmeyen aromalar olan; ransit ve küflü kokuya neden olan bazı bileşikler de depolamanın ilk ayında tespit edilmiştir. Çoğunlukla hasat ve işleme hatalarına bağlı olarak oluşan bu bileşikler grubundan (E)-2-heptenal, oktanal, nonanal ve hekzanal saptanmıştır. Bunlar, zeytinyağı üretiminde hamurun yoğrulması sırasında sıcaklığa bağlı olarak oleik asidin oksidasyonuyla oluşan bileşiklerdir (Çevik ve ark., 2015; Giuffre ve ark., 2020; Spadafora ve ark., 2022).

Depolama başında ransit aromaya sebep olan oktanoik, pentanoik ve nonanoik (Aparicio-Ruiz ve ark., 2022) gibi uçucu yağ asitleri belirlenmiştir ve bu asitlerden oktanoik asit miktarı Nizip Yağlık örneğinde en yüksek bulunurken ($P<0.05$) diğer 2 yağ örneği arasında istatiksel olarak önemli bir fark olmadığı belirlenmiştir ($P>0.05$). Pentanoik asit miktarı ise sadece Nizip Yağlık ve Melkabazi yağlarında tespit edilmiştir ve aralarında istatiksel olarak önemli bir fark olmadığı belirlenmiştir ($P>0.05$). Nonanoik asit depolama başında sadece Nizip Yağlık örneğinde tespit edilmiştir ($P<0.05$).

Hekzil asetat, etanol ve feniletanol bileşikleri de tespit edilen bazı bileşikler olmuştur ve depolamanın başında etanol bileşiği en yüksek Melkabazi örneğinde bulunurken ($P<0.05$) Nizip Yağlık ve Derik Halhalı yağlarında istatiksel olarak önemli bir fark olmadığı belirlenmiştir ($P>0.05$). Feniletanol bileşiği bakımından her üç yağ örneğinde istatiksel olarak önemli bir farkın olmadığı bulunmuştur ($P>0.05$). Hekzil asetat ise depolamanın 0. ayında sadece Melkabazi örneğinde tespit edilmiştir ($P<0.05$). Bu durumun zeytinlerin olgunluğu ve yağa dönüşümü sırasında yapılan yanlış uygulamalar kaynaklı olduğu tahmin edilmektedir. Bu bileşiklerin konsantrasyonlarının fazla olması durumunda kusurlu aroma (sirkemsi, olgun elma) belirgin olarak hissedebilir (Çevik ve ark., 2015).

Melkabazi yağında (E)-2-hekzenal bileşiği depolama süresince istatiksel olarak önemli bir değişim göstermezken ($P>0.05$) Derik Halhalı ve Nizip yağlık çeşitlerine ait yağlar düzensiz bir değişim göstermiştir ($P<0.05$).

Depolamanın ilk iki ayında (E)-2-heptenal bileşiği Nizip Yağlık ve Melkabazi örneklerinde artış gösterirken ($P<0.05$) Derik Halhalı örneğinde azalma göstermiştir ($P<0.05$). Her 3 yağ örneği de (E)-2-heptenal bileşiği bakımından depolamanın ikinci ayından dördüncü ayına kadar istatiksel olarak bir değişim göstermeyip ($P>0.05$) sonrasında artmıştır ($P<0.05$).

Nonanal bileşiği Nizip Yağlık çeşidinde depolama süresi boyunca istatiksel olarak önemli bir değişim göstermemiştir ($P>0.05$). Melkabazi örneğinde söz konusu bileşik depolama sonuna kadar yaklaşık 7,64 kat, Derik Halhalı çeşidinde ise 6,64 kat artış gösterdiği belirlenmiştir.

Depolama süresince etanol bileşiği Nizip Yağlık ve Derik Halhalı yağlarında düzensiz bir değişim gösterirken ($P<0.05$), Melkabazi yağında ise depolamanın ilk 4 ayında istatiksel olarak önemli bir farkın olmadığı ($P>0.05$), daha sonra azaldığı ($P<0.05$) tespit edilmiştir. Feniletanol bileşiği bakımından Melkabazi örneğinde depolama boyunca istatiksel olarak önemli bir farkın olmadığı belirlenirken ($P>0.05$), Nizip Yağlık örneğinde dalgalı bir seyir izlemiştir ($P<0.05$). Ayrıca Derik Halhalı yağında sadece depolamanın ilk ayında tespit edilmiştir. Hekzil asetat bileşiği depolamanın ilk dört ayında sadece Melkabazi örneğinde tespit edilmiştir ve düzensiz bir değişim göstermiştir ($P<0.05$).

Depolamanın sonunda nonanal bileşiği bakımından her üç yağ örneği arasında istatiksel olarak önemli bir farkın olmadığı tespit edilmiştir ($P>0.05$).

Zeytinyağı örneklerinde (E)-4,8-dimetil-1,3,7-nonatrien, α-kopaen bileşikleri depolama sonunda her üç yağ örneğinde de tespit edilerek aralarında istatiksel olarak bir farkın olmadığı belirlenmiştir ($P>0.05$). Depolamanın sonunda β-seskuifellanderen ve α-bergamoten bileşiği en yüksek Melkabazi örneğinde bulunurken ($P<0.05$) Nizip Yağlık çeşidinde tespit edilmemiştir.

Depolama sonunda zingiberen ve ß-curcumen bileşikleri sadece Melkabazi yağında bulunmuştur ($P<0.05$). Ayrıca α-muurolen ve α-curcumen bileşikleri her üç yağda da tespit edilmemiştir.

Depolama sonunda (E)-2-hekzenal bileşiği Nizip yağlık çeşidinde en yüksek (13.30±1.14) bulunurken Melkabazi ve Derik Halhalı çeşitlerinde istatiksel olarak önemli bir farkın olmadığı belirlenmiştir ($P>0.05$).

Cavalli ve ark. (2004), Güney Fransa ve İspanya zeytinyağlarının C_5 ketonlarının ve C_6 alkollerinin içeriğinin depolamada arttığını, trans 2-hekzanal içeriğinin ise azaldığını tespit etmişlerdir. Bu bileşiklerin zeytinyağı kalitesini değerlendirmekte önemli bir husus olarak kullanılabileceğini bildirmiştir.

Doğanuz (2022), yaptığı çalışmada zeytinyağların uçucu bileşik konsantrasyonunun zeytin çeşidi, ekstraksiyon işlemi, depolama koşulları ve süresi, hasat zamanı, filtrasyon durumu ve ambalaja göre önemli değişim gösterdiğini bildirmiştir.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmada Melkabazi, Derik Halhalı ve Nizip Yağlık zeytin çeşitlerinden soğuk sıkım (20-22 C°) tekniğiyle üretilen zeytinyağları 100 ml'lik koyu renkli (amber) cam şişelerde paketlenerek oda sıcaklığında ve ışık almayan bir ortamda 6 ay depolanarak, depolama süresince kalite parametrelerindeki değişim araştırılmıştır. Bu amaçla zeytinyağların yasal kalite parametreleri (SYA, PD, ÖS değerleri), toplam klorofil-karotenoid, renk, TFM, TFVM, TAK, fenolik bileşik miktarı, yağ asitleri kompozisyonu ve uçucu bileşik analizleri yapılmıştır.

Tüm yağ örnekleri 6 aylık depolama boyunca SYA (% oleik asit) ve PD ve ÖS (270 nm) düzeyleri yönünden TGK Zeytinyağı ve Pirina Yağı Tebliği'ne göre natürel sızma zeytinyağı için belirlenen aralıklarda olduğu belirlenmiştir. Fakat Melkabazi örneği 4. ay itibariyle, Derik Halhalı ve Nizip Yağlık örnekleri ise 6. ay itibariyle ÖS (232 nm) değerleri bakımından natürel birinci zeytinyağı sınıfına girdiği belirlenmiştir.

Aynı olgunluk derecesine rağmen, çeşitler içerisinde Melkabazi örneğinin depolama boyunca hem klorofil hem de karotenoid miktarı yönünden diğer çeşitlere oranla daha yüksek içeriklere sahip olduğu tespit edilmiştir. Toplam klorofil miktarı Nizip Yağlık, Derik Halhalı ve Melkabazi yağlarında sırasıyla %38, %22 ve %32 olarak azalmanın gerçekleştiği, Derik Halhalı ve Melkabazi yağlarında toplam karotenoid miktarının depolama sonunda arttığı, Nizip yağlık çeşidinde ise toplam karotenoid miktarının azaldığı tespit edilmiştir.

Zeytinyağı örneklerinde L^* değerleri depolama sonunda Nizip Yağlık>Derik Halhalı>Melkabazi şeklinde bulunmuştur. a^* değerleri bakımından depolama başında Nizip Yağlık zeytin çeşidinden elde edilen yağ örneğinin diğer iki çeşidin yağına göre daha yeşil bir tona sahip olduğu, depolama sonunda ise Nizip Yağlık ve Derik Halhalı yağlarının Melkabazi yağına göre daha yeşil bir tonda olduğu belirlenmiştir. Ayrıca b^* değeri depolama başında en yüksek Melkabazi zeytinyağında tespit edilmiştir.

Depolama sonunda ise bu durumun tersi olarak Melkabazi yağına ait b^* değeri en düşük bulunmuştur.

Tüm yağlarda TFM, TFVM ile TAK düzeylerinin altı aylık depolama süresi sonunda azaldığı tespit edilmiştir.

Depolama başında her üç yağ örneğinde de miktar olarak en fazla bulunan fenolik bileşikler sırasıyla oleuropein, pinoresinol ve hidroksitirosol olurken depolama sonunda ise pinoresinol, hidroksitirosol ve tirosol şeklinde belirlenmiştir. Oleuropein, kateşin, kafeik asit, vanilik asit, p-kumarik asit, ferulik asit, pinoresinol, luteolin ve apigenin bileşikleri 6 ay süre zarfında azalırken tirosol ve hidroksitirosol bileşiklerinin ise arttığı tespit edilmiştir.

Nizip Yağlık ve Derik Halhalı zeytinyağları yağ asit bileşimleri açısından depolama süresince yasal limitlere uygun bulunmuştur. Melkabazi zeytinyağının oleik ve linoleik asit içeriklerinin ise depolama süresince yasal limitlere uymadığı dikkat çeken bir durum olmuştur. Söz konusu Tebliğe göre oleik asit oranı en az %55 oranında olması gerekirken Melkabazi zeytinyağında bu oran depolama boyunca limitin altında kalmıştır. Söz konusu Tebliğe göre Linoleik asit oranının en fazla %21 olması gerekirken Melkabazi zeytinyağında bu oranın depolama süresince limiti aştığı tespit edilmiştir.

Depolama başında Derik Halhalı, Nizip Yağlık ve Melkabazi zeytinyağlarında sırasıyla 25, 27 ve 33 uçucu bileşik tespit edilmiştir. Depolama başında 3-Pentanon, metilbenzen, siklosativen uçucu bileşikleri sadece Melkabazi yağında bulunurken, 1,2-dimetil benzen bileşiği ise sadece Nizip Yağlık çeşidinde tespit edilmiştir. Tüm uçucu aroma bileşenleri depolama süresine göre önemli farklılıklar göstermiştir.

Elde edilen bulgular doğrultusunda; zeytinyağının kalite özellikleri zeytin çeşidi ve depolama süresi etkisinin önemli olduğu söylenebilir. Natürel sızma zeytinyağları amber cam şişede ve oda sıcaklığında 6 ay güvenle depolanabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca;

- Melkabazi ve Derik Halhalı zeytinlerinin de Nizip Yağlık gibi zeytinyağına işlenerek bölge ekonomisine katkı sağlanması,
- Özellikle Melkabazi ve Derik Halhalı zeytinlerinden farklı sıkımlarla üretilen zeytinyağlarının farklı ambalaj ve depolama şartlarıyla ilgili araştırmaların gerçekleştirilmesi,
- Nizip Yağlık, Melkabazi ve Derik Halhalı zeytinyağlarıyla ilgili daha fazla araştırma çalışmaları yapılması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

ALTUNOĞLU, Y., 2021. Zeytin Meyvesi ve Yağlarındaki Polisiklik Aromatik Hidrokarbon (PAH) Kontaminasyonunun Farklı Pah Kaynaklarından Olan Uzaklıkla Değişimi ve Rafinasyon Kademelerinde Uygulanan İşlem Parametrelerinin Pirina Yağının PAH İçeriği Üzerine Etkisi. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Ensititüsü, Doktora Tezi, İzmir, 304s.

ALI, F., ve SIDDIQUE, Y. H., 2019. Bioavailability and Pharmaco-Therapeutic Potential of Luteolin in Overcoming Alzheimer's Disease. CNS and Neurological Disorders-Drug Targets (Formerly Current Drug Targets-CNS and Neurological Disorders), 18(5): 352-365.

AMANPOUR, A., KELEBEK, H., and SELLİ, S., 2019. Characterization of Aroma, Aroma-Active Compounds and Fatty Acids Profiles of cv. Nizip Yaglik Oils as Affected by Three Maturity Periods of Olives. Journal of The Science of Food and Agriculture, 99(2): 726-740.

APARICIO-RUIZ, R., ROMERO, C. O., CASADEI, E., GARCIA-GONZALEZ, D. L., SERVILI, M., SELVAGGINI, R., and TOSCHI, T. G., 2022. Collaborative Peer Validation of a Harmonized SPME-GC-MS Method for Analysis of Selected Volatile Compounds in Virgin Olive Oils. Food Control, 135, 108756.

ARMUTCU, F., NAMUSLU, M., YÜKSEL, R., ve KAYA, M., 2013. Zeytinyağı ve Sağlık: Biyoaktif Bileşenleri, Antioksidan Özellikleri ve Klinik Etkileri. Konuralp Medical Journal, 5(1): 60-68.

ATAMAN, E., 2021. Kilis İlinde Yetiştirilen Bazı Zeytin Çeşitlerinin Farklı Hasat Zamanlarına Göre Tane Özellikleri ile Yağ Veriminin Araştırılması. Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kilis, 58s.

AY, M., 2018. Derik İlçesinde (Mardin) Yetiştirilen Yerel Zeytin Çeşitlerinin Bazı Morfolojik, Fenolojik, Pomolojik ve Kimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa, 82s.

BAJOUB, A., CARRASCO-PANCORBO, A., AJAL, E. A., OUAZZANI, N., and FERNÁNDEZ-GUTIÉRREZ, A., 2015. Potential of LC-MS Phenolic Profiling Combined with Multivariate Analysis as an Approach for the Determination of the Geographical Origin of North Moroccan Virgin Olive Oils. Food Chemistry. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.05.153

BAYRAM, B., ve ÖZÇELİK, B., 2012. Zeytinyağının Biyoaktif Bileşenleri ve Sağlık Üzerine Yararları. Akademik Gıda, 10(1): 77-84.

BAYYİĞİT, İ., 2018. Mardin İli Zeytin Yetiştiriciliğinde İyi Tarım Uygulamaları Potansiyelinin Değerlendirilmesi. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa, 94s.

BEN-HASSINE, K., TAAMALLI, A., FERCHICHI, S., MLAOUAH, A., BENINCASA, C., ROMANO, E., and HAMMAMI, M., 2013. Physicochemical and Sensory Characteristics of Virgin Olive Oils in Relation to Cultivar, Extraction System and Storage Conditions. Food Research İnternational, 54(2): 1915-1925.

BERK, G., 2019. Bazı Zeytin Çeşitlerinde Hasat Dönemlerinin Zeytin ve Zeytinyağı Kalitesine Etkileri. Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Hatay, 139s.

BIYIKLI, K., 2009. Türk Zeytinyağlarının Saflık Derecelerinin Belirlenmesi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 83s.

BOUSSAHEL, S., DI STEFANO, V., MUSCARA, C., CR ISTANI, M., and MEL ILL I, M. G., 2020. Phenolic Compounds Characterization and Antioxidant Properties of Monocult Ivar Olive Oils From Northeast Algeria. Agriculture, 10(11): 494.

CAVALLİ, J. F., FERNANDEZ, X., LİZZANİ-CUVELİER, L., and LOİSEAU, A. M., 2004. Characterization of Volatile Compounds of French and Spanish Virgin Olive Oils by HS-SPME: Ident Ification of Quality-Freshness Markers. Food Chemistry, 88(1): 151 157.

CANÖZER, Ö., 1991. Standart Zeytin Çeşitleri Kataloğu. T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Mesleki Yayınlar Serisi, Genel, 334.

CAPANOGLU, E., DE VOS RIC, C. H., HALL, R. D., BOYACIOGLU, D., and BEEKWILDER, J., 2013. Changes in Polyphenol Content During Production of Grape Juice Concentrate, Food Chemistry, 139: 521-526.

CINQUANTA, L., ESTI, M., and NOTTE, E. L., 1997. Evolution of Phenolic Compounds in Virgin Olive Oil During Storage. Journal of The American Oil Chemists Society, 74(10): 1259-1264.

CRIADO, M. N., MOTILVA, M. J., GONI, M., and ROMERO, M. P., 2007. Comparative Study of the Effect of the Maturation Process of the Olive Fruit on the Chlorophyll and Carotenoid Fractions of Drupes and Virgin Oils from Arbequina and Farga Cultivars. Food Chemistry, 100: 748-755.

ÇEVİK, Ş., ÖZKAN, G., ve KİRALAN, M., 2015. Çeşit, Olgunluk ve Yoğurma Şartlarının Zeytinyağı Verimi, Bazı Kalite Parametreleri ve Aroma Profili Üzerine Etkisi. Akademik Gıda, 13(4): 335-347.

DEMİR, G., 2018. Yöresinde Yetiştirilen Zeytin Çeşitlerinin Pomolojik ve Biyokimyasal Olarak İncelenmesi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 64s.

DOĞANUZ, G. G., 2022. Farklı Filtrasyon İşlemleri ve Ambalaj Malzemelerinin Farklı Hasat Dönemlerinde Elde Edilen Natürel Sızma Zeytinyağının Özelliklerinin Korunmasına ve Kalitesine Etkilerinin Belirlenmesi. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Tekirdağ, 379s.

DOĞRU, E., 2019. Zeytin Yaprağı İlavesi ile Ayvalık Çeşidi Zeytin Meyvesinden Üretilen Natürel Zeytinyağının Oksidatif Stabilitesinin Belirlenmesi. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa, 50s.

EFE, R., SOYKAN, A., CÜREBAL, İ., ve SÖNMEZ, S., 2016. Türkiye'de Yetişen Zeytin Çeşitlerinin Özellikleri ve Coğrafi Dağılışı. Zeytin Kitabı, 37-80.

EKER, T., 2016. Zeytinlerin Depolanmasında Gaz Uygulamalarının Zeytinyağının Fenol Bileşikleri, Yağ Asidi Profili ve Kalitesi Üzerine Etkisi. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 97s.

EUROPEAN UNION COMMISSION, 1991. Regulation EEC 2568/91 on the Characteristics of Olive Oil and Olive-Residue Oil and on the Relevant Methods of Analysis. Official Journal of European Communities, 1248.

FAO, 2019. United Nations Food and Agricultural Organization. FAOSTAT–FAO's Corporate Database. www.fao.org (Erişim Tarihi: 06.05.2021).

FAO, 2021. Food and Agriculture Organization of the United Nations. http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC (Erişim Tarihi: 13/04/2021).

GARCIA, R., MARTINS, N., and CABRITA, M. J., 2013. Putative Markers of Adulteration of Extra Virgin Olive Oil with Refined Olive Oil: Prospects and Limitations. Food Research International. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.05.008.

GENOVESE, A., CAPORASO, N., and SACCHI, R., 2015. Temporal Changes of Virgin Olive Oil Volatile Compounds in a Model System Simulating Domestic Consumption: The Role of Biophenols, Food Research International, 77: 670-674.

GHANBARISHENDI, E., 2016. Ülkemiz Yerel Zeytin Çeşitlerinden Elde Edilen Zeytinyağların Karakteristik Özelliklerin Belirlenmesi. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul, 258s.

GHANBARISHENDI, E., SIVRI OZAY, D., OZKAYA, M. T., and USTUNEL, N. F., 2018. Changes Occurring in Chemical Composition and Oxidative Stability of Virgin Olive Oil During Storage. Oilseeds & fats Crops and Lipids (OCL), 25(6): A602.

GIUFFRE, A. M., CAPOCASALE, M., MACRI, R., CARACCIOLO, M., ZAPPIA, C., and POIANA, M., 2020. Volatile Profiles of Extra Virgin Olive Oil, Olive Pomace Oil, Soybean Oil and Palm Oil in Different Heating Conditions. LWT. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108631

GOMEZ-ALONSO, S., MANCEBO-CAMPOS, V., SALVADOR, M. D., and FREGAPANE, G., 2007. Evolution of Major and Minor Components and Oxidation İndices of Virgin Olive Oil During 21 Months Storage at Room Temperature. Food Chemistry, 100(1): 36-42.

GUERRINI, L., CORTI, F., CECCHI, L., MULINACCI, N., CALAMAI, L., MASELLA, P., ANGELONI, G., SPADI, A., and PARENTI, A., 2021. Use of Refrigerated Cells for Olive Cooling and Short-Term Storage: Qualitative Effects on Extra Virgin Olive Oil. International Journal of Refrigeration. https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2021.03.002

GÜNDOĞDU, M. A., 2018. Bazı Zeytin Çeşitlerinin Farklı Olgunluk Dönemlerinde Pomolojik ve Biyokimyasal Özelliklerindeki Değişim, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Çanakkale, 265s.

HADDADA, F. M., KRICHÈNE, D., MANAI, H., OUESLATI, I., DAOUD, D., and ZARROUK, M., 2008. Analytical Evaluation of Six Monovarietal Virgin Olive Oils from Northern Tunisia. European Journal of Lipid Science and Technology. https://doi.org/10.1002/ejlt.200700251.

IOC, INTERNATIONAL OLIVE COUNCIL, 2017. Method for the Sensory Analysis of Olive Oil.

JABEUR, H., ZRIBI, A., ABDELHEDI, R., and BOUAZIZ, M., 2015. Effect of Olive Storage Conditions on Chemlali Olive Oil Quality and the Effective Role of Fatty Acids Alkyl Esters in Checking Olive Oils Authenticity. Food Chemistry, 169: 289–296. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.07.118.

JOLAYEMI, O. S., 2016. Effect of Harvest Time, Malaxation Temperature and Olive Variety on The Chemical Characteristics of Olive Oils, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Doktora Tezi, İzmir, 186s.

JOLAYEMI, O. S., TOKATLI, F., and OZEN, B., 2016. Effects of Malaxation Temperature and Harvest Time on the Chemical Characteristics of Olive Oils. Food Chemistry. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.05.134

KABARAN, S., 2015. KKTC Güzelyurt Bölgesi'nde Üretilen Zeytinyağı ile Olası Ağır Metal Alımı Arasındaki İlişkiyi İncelemeye Yönelik Bir Çalışma. Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara, 189s.

KARAKUŞ, M., 2015. Farklı Ambalajlarda Depolanan Zeytinyağlarının Uçucu Aroma Bileşenleri ile Bazı Kalite Özelliklerindeki Değişimin Belirlenmesi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Ensititüsü, Doktora Tezi, Ankara, 159s.

KAYA, Ü., 2010. Zeytin ürün rekoltesinin belirlenmesinde çok parametreli yaklaşım: Urla (İzmir) örneği. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Ensititüsü, Doktora Tezi, İzmir, 139s.

KESEN, S., AMANPOUR, A., SONMEZDAG, A. S., KELEBEK, H. and SELLİ, S., 2017. Effects of Cultivar, Maturity İndex and Growing Region on Fatty Acid Composition of Olive Oils. Eurasian Journal of Food Science and Technology, 1(2): 18-28.

KESEN, S., KELEBEK, H. and SELLİ, S., 2013. Characterization of the Volatile, Phenolic and Antioxidant Properties of Monovarietal Olive Oil Obtained From cv. Halhali. Journal of the American Oil Chemists Society, 90(11): 1685-1696.

KESEN, S., KELEBEK, H., and SELLI, S., 2014. Characterization of the Key Aroma Compounds in Turkish Olive Oils from Different Geographic Origins by Application of Aroma Extract Dilution Analysis (AEDA). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 62: 391−401.

KIAI, H., and HAFIDI, A., 2014. Chemical Composition Changes in Four Green Olive Cultivars During Spontaneous Fermentation. LWT-Food Science and Technology. 57(2): 663-670.

KONUŞKAN, D. B., and MUNGAN, B., 2016. Effects of Variety, Maturation and Growing Region on Chemical Properties, Fatty Acid and Sterol Compositions of Virgin Olive Oils. Journal of the American Oil Chemists Society, 93(11): 1499-1508.

KORKMAZ, A., ATASOY, A. F., ve HAYALOGLU, A. A., 2020. Changes in Volatile Compounds, Sugars and Organic Acids of Different Spices of Peppers (Capsicum annuum L.) During Storage, Food Chemistry, 311: 125910.

MAKHLOUF-GAFSI, I., KRICHEN, F., MANSOUR, R. B., MOKNI, A., SILA, A., BOUGATEF, A., and BESBES, S., 2018. Ultrafiltration and Thermal Processing Effects on Maillard Reaction Products and Biological Properties of Date Palm Sap Syrups (Phoenix Dactylifera L.). Food Chemistry, 256: 397-404.

MALHEIRO, R., CASAL, S., RODRIGUES, N., RENARD, C. M., and PEREIRA, J. A., 2018. Volatile Changes in cv. Verdeal Transmontana Olive Oil: From the Drupe to the Table, İncluding Storage. Food Research International, 106: 374-382.

MARX, I. M. G., CASAL, S., RODRIGUES, N., PINHO, T., VELOSO, A. C. A., PEREIRA, J. A., and PERES, A. M., 2021. Impact of The Malaxation Temperature on the Phenolic Profile of cv. Cobrançosa Olive Oils and

Assessment of the Related Health Claim. Food Chemistry. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127726

MATEOS, R., CERT, A., PEREZ-CAMİNO, M. C., and GARCIA, J. M., 2004. Evaluation of Virgin Olive Oil Bitterness by Quantification of Secoiridoid Derivatives. Journal of the American Oil Chemists Society, 81(1): 71-75.

MENDEZ, A. I., and FALQUE, E., 2007. Effect of Storage Time and Container Type on the Quality of Extra-Virgin Olive Oil. Food control, 18(5): 521-529.

MINGUEZ-MOSQUERA, M. I., REJANO, L., GANDUL, A., SANCHEZ, B. H., and GARRIDO, J., 1991. Color-Pigment Correlation in Virgin Olive Oil. Journal of American Oil Chemist Society, 68: 322–337.

MOL, Z., 2016. Kırmızı Lahana (Brassica Olerecea L.)'dan Ekstrakte Edilen Antosiyaninler ile Doğal Mavi Renk Maddesi Üretimi ve Enkapsülasyon Tekniği ile Stabilitesinin Artırılması. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Ensititüsü, Yüksek Lisans Tezi, 95s.

MORELLO, J. R., MOTİLVA, M. J., TOVAR, M. J., and ROMERO, M. P., 2004. Changes in Commercial Virgin Olive Oil (cv Arbequina) During Storage, With Special Emphasis on the Phenolic Fraction. Food Chemistry, 85(3): 357-364.

ÖZDOĞAN, D., ve TUNALIOĞLU, R., 2017. Zeytinyağında kalite. Zeytin Bilimi, 7(1): 25 31.

ÖZKAYA, F. D., ÖZKAYA, M. T., TUNALIOĞLU, R., BAYAR, R., ve TUNALIOĞLU, E., 2018. Anadolu'da Zeytin ve Zeytinyağlı Yemekler Rotası. Journal of Tourism and Gastronomy Studies, 6(3): 263-274.

ÖZTÜRK, İ., İKİNCİ, A., ve BOLAT, İ., 2019. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Zeytin Yetiştiriciliğinin Mevcut Durumu ve Karşılaşılan Problemler. 1. Uluslararası Harran Multidisipliner Çalışmalar Kongresi, Şanlıurfa, 578-586.

PRISTOURI, G., BADEKA, A., and KONTOMINAS, M. G., 2010. Effect of Packaging Material Headspace, Oxygen and Light Transmission, Temperature and Storage Time on Quality Characteristics of Extra Virgin Olive Oil. Food Control, 21(4): 412-418.

RESTUCCIA, D., SPIZZIRRI, U. G., CHIRICOSTA, S., PUOCI, F., ALTIMARI, I., and PICCI, N., 2011. Antioxidant Properties of Extra Virgin Olive Oil from Cerasuola CV Olive Fruit: Effect of Stone Removalal. Italian Journal of Food Science.

SERVILI, M., ESPOSTO, S., LODOLINI, E., SELVAGGINI, R., TATICCHI, A., URBANI, S., MONTEDORO, G., SERRAVALLE, M., and GUCCI, R., 2007. Irrigation Effects on Quality, Phenolic Composition, and Selected Volatiles of Virgin Olive Oils CV. Leccino. Journal of Agricultural and Food Chemistry. https://doi.org/10.1021/jf070599n

SICARI, V., GIUFFRE, A. M., LOUADJ, L., and POIANA, M., 2010. Evolution of Phenolic Compounds of Virgin Olive Oil During 12 Months Storage. Rivista Italiana Delle Sostanze Grasse, 87(2): 109-115.

SPADAFORA, N. D., MASCREZ, S., MCGREGOR, L., and PURCARO, G., 2022. Exploring Multiple-Cumulative Trapping Solid-Phase Microextraction Coupled to Gas Chromatography–Mass Spectrometry for Quality and Authenticity Assessment of Olive Oil, Food Chemistry, 383: 132438

TARCHOUNE, I., SGHERRI, C., EDDOUZI, J., ZINNAI, A., QUARTACCI, M. F., and ZARROUK, M., 2019. Olive Leaf Addition Increases Olive Oil

Nutraceutical Properties. Molecules. https://doi.org/10.3390/molecules24030545

TOME-RODRIGUEZ, S., LEDESMA-ESCOBAR, C. A., PENCO-VALENZUELA, J. M., CALDERON-SANTIAGO, M., and PRIEGO-CAPOTE, F., 2022. Metabolic Patterns in the Lipoxygenase Pathway Associated to Fruitiness Attributes of Extra Virgin Olive Oil. Journal of Food Composition and Analysis, 109: 104478.

TOPAKLI, F., ve HEPAKSOY, S., 2019. Türkiye'deki Zeytin Çeşitlerinin Moleküler Analizlerinin Genel Değerlendirmesi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 29(2): 362-372.

TUNALIOĞLU, R., 2010. Türkiye Zeytinciliğinde Tarihsel ve Ekonomik Gelişmeler. Zeytin Bilimi, 1(1): 15-22.

TUNALIOĞLU, R., ve BEKTAŞ, T., 2010. Türkiye Zeytinciliğinde Karasu Sorunu. Zeytin Bilimi, 1(2): 65-71.

TÜİK, 2020. Türkiye İstatistik Kurumu, Bitkisel Üretim İstatistikleri. https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=104&locale=tr, Erişim Tarihi: 10.12.2021.

TÜRK, G., 2015. Türkiye'de Üretilen Zeytinyağlarında Bazı Kalite ve Saflık Kriterlerinin İncelenmesi. İstanbul Aydın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 98s.

TÜRKAY, Ç., 2022. Türkiyedeki Coğrafi İşaretli Zeytinyağlarının Kimyasal Karakterizasyonu. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 66s.

TÜRK GIDA KODEKSİ, 2014. Türk Gıda Kodeksi Zeytinyağı ve Pirina Yağı Analiz Metotları Tebliği T.C.Resmî Gazete, 29181, Tebliğ No: 2014/53.

TÜRK GIDA KODEKSİ, 2017. Türk Gıda Kodeksi Zeytinyağı ve Pirina Yağı Tebliği T.C. Resmî Gazete, 30183, Tebliğ No: 2017/26.

TÜRKOĞLU, H., ve KANIK, Z., 2012. Nizip ve Çevresinde Satışa Sunulan Zeytinyağı Örneklerinin Bazı Özellikleri. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 16(3): 1-8.

UYLASER, V., ve YILDIZ, G., 2014. The Historical Development and Nutritional İmportance of Olive and Olive Oil Constituted an İmportant Part of the Mediterranean Diet. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 54(8): 1092-1101.

VENEZIANI, G., ESPOSTO, S., TATICCHI, A., SELVAGGINI, R., URBANI, S., DI MAIO, I., SORDINI, B., and SERVILI, M., 2015. Flash Thermal Conditioning of Olive Pastes during the Oil Mechanical Extraction Process: Cultivar Impact on the Phenolic and Volatile Composition of Virgin Olive Oil. Journal of Agricultural and Food Chemistry. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b01666

VENEZIANI, G., ESPOSTO, S., TATICCHI, A., URBANISELVAGGINI, R., SORDINI, B., and SERVILI, M., 2018. Characterization of Phenolic and Volatile Composition of Extra Virgin Olive Oil Extracted from Six Italian Cultivars Using a Cooling Treatment of Olive Paste, LWT-Food Science and Technology, 87: 523-528.

VICHI, S., ROMERO, A., GALLARDO-CHACÓN, J., TOUS, J., LÓPEZ-TAMAMES, E., AND BUXADERAS, S., 2009. Volatile Phenols in Virgin

Olive Oils: Influence of Olive Variety on Their Formation During Fruits Storage. Food Chemistry, 116(3): 651-656.

VINHA, A. F., FERRERES, F., SILVA, B. M., VALENTAO, P., GONÇALVES, A., PEREIRA, J. A., and ANDRADE, P. B., 2005. Phenolic Profiles of Portuguese Olive Fruits (Olea europaea L.): Influences of Cultivar and Geographical Origin. Food Chemistry, 89(4): 561-568.

YANG, Y., FERRO, M. D., CAVACO, I., and LIANG, Y., 2013. Detection and İdentification of Extra Virgin Olive Oil Adulteration by GC-MS Combined with Chemometrics. Journal of Agricultural and Food Chemistry. https://doi.org/10.1021/jf4000538

YILMAZ, E., ve ADAY, M. S., 2011. Depolanmış Natürel Zeytinyağı ve Farklı Pirina Yağlarının Kimyasal ve Optik Özelliklerindeki Değişmeler. Academic Food Journal/Akademik GIDA.

YORULMAZ, A. Y., 2009. Türk Zeytinyağlarının Fenolik, Sterol ve Trigliserit Yapılarının Belirlenmesi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Ensititüsü, Doktora Tezi, Ankara, 161s.

YORULMAZ, A., ve TEKİN, A., 2008. Zeytin ve Zeytinyağı Fenolikleri. I. Ulusal Öğrenci Kongresi. 17-18 Mayıs, Balıkesir, 24-31.