AROMALANDIRILMIŞ ORGANİK SIZMA ZEYTİNYAĞLARININ ANTİOKSİDAN ÖZELLİKLERİNİN, UÇUCU BİLEŞENLERİNİN VE ORGANOLEPTİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

GÜNNUR GÜLKUN

T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AROMALANDIRILMIŞ ORGANİK SIZMA ZEYTİNYAĞLARININ ANTİOKSİDAN ÖZELLİKLERİNİN, UÇUCU BİLEŞENLERİNİN VE ORGANOLEPTİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

GÜNNUR GÜLKUN

0000-0002-0227-7295

Prof. Dr. Yasemin ŞAHAN
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2021

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

AROMALANDIRILMIŞ ORGANİK SIZMA ZEYTİNYAĞLARININ ANTİOKSİDAN ÖZELLİKLERİNİN, UÇUCU BİLEŞENLERİNİN VE ORGANOLEPTİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Günnur GÜLKUN

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Yasemin ŞAHAN

Sızma zeytinyağı, besleyici kalitesi ve organoleptik özellikleri nedeniyle doğru beslenme için çok önemlidir. Günümüzde, tıbbi ve aromatik bitkilerin antioksidan ve antimikrobiyal özellikleri nedeniyle kullanımı yaygınlaşmaktadır. Bu çalışmanın amacı, sızma zeytinyağlarını tıbbi ve aromatik bitkilerle aromalandırılarak antioksidan kapasitelerinin, organoleptik özelliklerinin ve oksidatif stabilitelerinin arttırılmasıdır. Aynı zamanda farklı lezzette zeytinyağları oluşturarak ürün yelpazesini geliştirmek ve fonksiyonel yeni ürünler elde ederek zeytinyağı tüketimini yaygınlaştırmaktır. Zeytinyağlarının aromalandırılması amacıyla, *Thymus vulgaris* L., *Thymus citriodorus* L., *Origanum onites* L., *Origanum majorana* L., *Satureja hortensis* L., *Artemisia dracunculus* L., *Ocimum basilicum* L., *Rosmarinus officinalis* L., *Lavandula angustifolia* L., *Lippia citriodora* L., *Mentha piperita* L. ve *Mentha spicata* L. olmak üzere 12 farklı tıbbi ve aromatik bitki türü kullanılmıştır. Aromalandırılmış zeytinyağlarında, serbest yağ asitliği, peroksit sayısı, uçucu bileşen profili, duyusal özellikler, toplam fenolik madde, antioksidan kapasite (ABTS, CUPRAC ve FRAP metotları) ile bunların biyoerişilebilirliği belirlenmiştir. Sonuç olarak, aromalandırılmış organik sızma zeytinyağlarının bozulmaya karşı stabiliteleri ve duyusal özellikleri ilave edilen tıbbi ve aromatik bitkilere göre değişkenlik gösterirken, antioksidatif özellikleri ve bunların biyoerişilebilirlikleri belirgin olarak artmıştır. Aromalandırılmış zeytinyağlarında toplam fenolik içeriğin biyoerişilebilirliği %17,23-%61,41 arasında değişirken, CUPRAC yöntemine göre antioksidan kapasitenin % biyoerişilebilirliği ortalama % 64,61 olarak belirlenmiştir. Aromalandırılmış sızma zeytinyağlarında toplam 169 uçucu bileşen araştırılmıştır. 4-nitrophthalamid, 1-hekzadekanol, 7-hekzadeken,(Z), (E)-4,8-dimetil-1,3,7-nonatrien tüm örneklerde saptanmıştır. Bunun dışında uçucu bileşenler ilave edilen bitki türüne bağlı olarak değişiklik göstermiştir. Uçucu bileşenler bakımından hiyerarşik kümeleme analizine göre *Origanum onites* L. ve *Satureja hortensis* L. ilave edilmiş zeytinyağları arasında çok kuvvetli benzerlik saptanırken, *Lippia citriodora* L. ve *Mentha spicata* L. ilave edilmiş zeytinyağları diğer tüm örneklerden ayrılmışlardır.

Anahtar kelimeler: zeytinyağı, aromalandırılmış, aroma, toplam fenolik madde, antioksidan kapasite, biyoerişilebilirlik
2021, ix + 128 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

DETERMINATION OF ANTIOXIDANT PROPERTIES, VOLATILE COMPOUNDS AND ORGANOLEPTIC PROPERTIES OF FLAVORED ORGANIC EXTRA VIRGIN OLIVE OIL

Günnur GÜLKUN

Bursa Uludag University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Food Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Yasemin ŞAHAN

Extra virgin olive oil is essential for proper nutrition due to its nutritive quality and organoleptic properties. Nowadays, the use of medicinal and aromatic plants is widespread due to their antioxidant and antimicrobial properties. The aim of the study is to increase the antioxidant capacity, organoleptic properties and oxidative stability of extra virgin olive oils by aromatizing with medicinal and aromatic plants. In addition, it is to develop the olive oils with different flavors and obtaining new and functional products to spread the consumption of olive oil. For this purpose, 12 different medicinal and aromatic plants; *Thymus vulgaris* L., *Thymus citriodorus* L., *Origanum onites* L., *Origanum majorana* L., *Satureja hortensis* L., *Artemisia dracunculus* L., *Ocimum basilicum* L., *Rosmarinus officinalis* L., *Lavandula angustifolia* L., *Lippia citriodora* L., *Mentha piperita* L. and *Mentha spicata* L., were used. Free fatty acidity, peroxide value, volatile compound profile, sensory properties, total phenolic content, antioxidant capacity (ABTS, CUPRAC and FRAP methods) and their bioaccessibility were determined in flavored olive oils. As a result, while the stability and sensory properties of flavored organic extra virgin olive oils differed according to the added medicinal and aromatic plants, their antioxidant properties and bioaccessibility were significantly increased. While the bioaccessibility values of the total phenolic content of the flavored olive oils varied between 17,23 % and 61,41 %, the average % bioaccessibility of the antioxidant capacity was determined as 64,61 % according to the CUPRAC method. A total of 169 volatile components were investigated in flavored extra virgin olive oils. 4-nitrophthalamide, 1-hexadecanol, 7-hexadecene,(Z)-, (E)-4,8-dimethyl-1,3,7-nonatriene were detected in all samples. The volatile compounds varied depending on the plant species added. According to the hierarchical clustering analysis in terms of volatile components, a very strong similarity was detected between the olive oils with the added *Origanum onites* L. and *Satureja hortensis* L. while, *Lippia citriodora* L. and *Mentha spicata* L. added olive oils were separated from all other samples.

Keywords: olive oil, flavored, flavor, total phenol, antioxidant capacity, bioavailability

2021, ix + 128 pages.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca her zaman yanımda olan, değerli bilgilerini benimle paylaşan, tez çalışması aşamasında desteğini esirgemeyen ve sadece tez çalışmamda değil bu süre zarfında hayatımın her anında danışmanım olan sevgili hocam Prof. Dr. Yasemin ŞAHAN'a,

Tezimde kullandığım tıbbi ve aromatik bitkilerin temininde yardımcı olan ve bilgilerini benimle paylaşan üniversitemiz Tarla Bitkileri Bölümü Öğretim Üyesi Sayın Doç. Dr. Oya KAÇAR'a,

Organik sızma zeytinyağları sağlayan İLHAN SARI Organik Zeytin Çiftliği'ne,

Analizleri öğrenme sürecimde tecrübelerini benimle paylaşan Sayın Güler ÇELİK ve Sibel TAŞKESEN'e,

Tez çalışmam süresince her türlü destek ve bilgisini benimle paylaşan Sayın Merve SABUNCU'ya,

Her zaman destekleri ve sevgileri ile yanımda olan aileme, arkadaşım Büşra Nur OKUR'a, Pınar ŞAHİN DİLMENLER'e, Yoncagül GÜNAY'a ve Bayram Ali YAVUZ'a teşekkür ederim.

Günnur GÜLKUN

…/…/2021

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET i
ABSTRACT ii
TEŞEKKÜR iii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ vii
ŞEKİLLER DİZİNİ viii
ÇİZELGELER DİZİNİ ix
1. GİRİŞ 1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI 3
2.1. Zeytinyağının Bileşimi 3
2.1.1. Yağ asitleri 3
2.1.2. Trigliseritler 4
2.1.3. Vakslar veya mumsu maddeler 4
2.1.4. Hidrokarbonlar 4
2.1.5. Steroller 5
2.1.6. Fenolik bileşikler 6
2.1.7. Renk maddeleri 7
2.2. Zeytinyağında Uçucu Aroma Profili 7
2.3. Organik Sızma Zeytinyağı Üretimi 10
2.4. Zeytinyağının Aromalandırılması 11
2.5. Zeytinyağında Bozulma Reaksiyonları 15
2.6. Zeytinyağının Sağlık Üzerine Etkisi 17
2.7. Tıbbi ve Aromatik Bitkiler 18
2.7.1. Kekik (*Origanum, Thymus, Satureja, Thymbra*) 23
2.7.2. Tarhun (*Artemisia dracunculus* L.) 25
2.7.3. Reyhan (*Ocimum basilicum* L.) 26
2.7.4. Biberiye (*Rosmarinus officinalis* L.) 26
2.7.5. Lavanta (*Lavandula* spp.) 27
2.7.6. Limon otu (*Lippia citriodora* L.) 27
2.7.7. Nane 28
2.9. Antioksidan Kapasite 28
2.9.1. Toplam fenol içerik Folin–Ciocalteu metodu 33
2.9.2. ABTS yöntemi 33
2.9.3. Bakır (II) indirgeyici antioksidan kapasite (CUPRAC) 35
2.9.4. Ferrik iyonu indirgeme antioksidan gücü (FRAP) 36

2.10. Biyoerişilebilirlik 37
3. MATERYAL VE YÖNTEM 39
3.1. Materyal 39
3.2. Yöntem 40
3.2.1. Serbest yağ asitliği 40
3.2.2. Peroksit sayısı 40
3.2.3. Ekstraksiyon 41
3.2.4. Toplam fenolik madde 41
3.2.5. Antioksidan kapasite 42
3.2.6. Uçucu bileşen (aroma) profili 43
3.2.7. Duyusal değerlendirme 45
3.3. İstatistiksel Analiz 45
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 46
4.1. Serbest Yağ Asitliği 46
4.2. Peroksit Değeri 48
4.3. Toplam Fenol İçeriği 49
4.4. Antioksidan Kapasite 52
4.4.1. ABTS yöntemi 52
4.4.2. CUPRAC yöntemi 54
4.4.3. FRAP yöntemi 56
4.5. Biyoerişilebilirlik 58
4.6. Aroma (Uçucu Bileşen) Profili 62
4.6.1. Alkol bileşikleri 83
4.6.2. Keton bileşikleri 84
4.6.3. Ester bileşikleri 89
4.6.4. Hidrokarbon bileşikleri 89
4.6.5. Aldehit bileşikleri 96
4.6.6. Asitli bileşikler 96
4.6.7. Furan bileşikleri 96
4.7. Duyusal Değerlendirme 101
5. SONUÇ 104
KAYNAKLAR 106
EKLER……..114
EK 1 Kontrol ile aromalandırılmış örneğe ait uçucu aroma profili kromatogramı..115
EK 2 *Origanum onites* L. ile aromalandırılmış örneğe ait uçucu aroma profili kromatogramı……..…...….116

EK 3 *Thymus vulgaris* L. ile aromalandırılmış örneğe ait uçucu aroma profili kromatogramı……..…….117
EK 4 *Thymus citriodorus* L. ile aromalandırılmış örneğe ait uçucu aroma profili kromatogramı……..…….118
EK 5 *Satureja hortensis* L. ile aromalandırılmış örneğe ait uçucu aroma profili kromatogramı……..…….119
EK 6 *Origanum majorana* L. ile aromalandırılmış örneğe ait uçucu aroma profili kromatogramı……..…….120
EK 7 *Artemisia dracunculus* L. ile aromalandırılmış örneğe ait uçucu aroma profili kromatogramı……..…….121
EK 8 *Ocimum basilicum* L. ile aromalandırılmış örneğe ait uçucu aroma profili kromatogramı……..…….122
EK 9 *Rosmarinus officinalis* L. ile aromalandırılmış örneğe ait uçucu aroma profili kromatogramı……..…….123
EK 10 *Lavandula angustifolia* L. ile aromalandırılmış örneğe ait uçucu aroma profili kromatogramı……..…….124
EK 11 *Lippia citriodora* L. ile aromalandırılmış örneğe ait uçucu aroma profili kromatogramı……..…….125
EK 12 *Mentha piperita* L. ile aromalandırılmış örneğe ait uçucu aroma profili kromatogramı……..…….126
EK 13 *Mentha spicata* L. ile aromalandırılmış örneğe ait uçucu aroma profili kromatogramı……..…….127
ÖZGEÇMİŞ……..128

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	**Açıklama**
%	Yüzde Değer
°C	Santigrat Derece
μg	Mikrogram
μL	Mikrolitre
μmol	Mikromol
g	Gram
mg	Miligram
mL	Mililitre

Kısaltmalar	**Açıklama**
ABTS	Troloks eşdeğeri antioksidan kapasite
CUPRAC	Bakır (II) indirgeyici antioksidan kapasite
Dk	Dakika
ET	Elektron Transfer
FRAP	Ferrik iyonu indirgeme antioksidan gücü
HAT	Hidrojen Atom Transfer
LSD	Least Significant Difference (En küçük önemli fark)
Max	Maksimum
Min	Minimum
Ort.	Ortalama
RNS	Reaktif Nitrojen Türleri
ROS	Reaktif Oksijen Türleri
SD	Standart sapma

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Sızma zeytinyağındaki başlıca steroller……5
Şekil 2.2. Zeytinyağındaki önemli fenolik bileşikler……6
Şekil 2.3. Sızma zeytinyağında bulunan başlıca uçucu bileşiklerin oluşum yolları……8
Şekil 2.4. Organik sızma zeytinyağı üretimi……..……...…..11
Şekil 2.5. Lipid oksidasyon yolu……... 16
Şekil 2.6. Tıbbi ve aromatik bitkiler, kullanılan kısımları, etken maddeleri ve etki şekilleri……19
Şekil 2.7. Antioksidanların sınıflandırılması……..30
Şekil 2.8. HAT antioksidan etki mekanizması……32
Şekil 2.9. ET antioksidan etki mekanizması……..….32
Şekil 2.10. ABTS molekülünün kimyasal yapısı……...34
Şekil 2.11. Troloks molekülünün kimyasal yapısı…….....34
Şekil 2.12. $ABTS^{+}$ 'daki elektron transfer reaksiyonu…….……..…....35
Şekil 2.13. Cu(II)-neokuproin [Cu(II)-Nc] reaktifinin antioksidanla tepkimesi…….....36
Şekil 2.14. FRAP antioksidan kapasite analizi için reaksiyon şeması……..…..36
Şekil 3.1. Aromalandırılmış organik sızma zeytinyağı örnekleri……...…….…39
Şekil 3.2. Duyusal analiz formu…….….45
Şekil 4.1. Ekstrakte ve hidrolize edilebilir fraksiyonlar için toplam fenol içeriğine ait kalibrasyon grafiği ……..……...……49
Şekil 4.2. Ekstrakte ve hidrolize edilebilir fraksiyonlar için ABTS yöntemine ait kalibrasyon grafiği……..52
Şekil 4.3. Ekstrakte ve hidrolize edilebilir fraksiyonlar için CUPRAC yöntemine ait kalibrasyon grafiği…….…….54
Şekil 4.4. Ekstrakte ve hidrolize edilebilir fraksiyonlar için FRAP yöntemine ait kalibrasyon grafiği…….….56
Şekil 4.5. Toplam fenol içeriğinin biyoerişebilirliğine ait kalibrasyon grafiği.....58
Şekil 4.6. ABTS yönteminin biyoerişebilirliğine ait kalibrasyon grafiği……..…..59
Şekil 4.7. CUPRAC yönteminin biyoerişebilirliğine ait kalibrasyon grafiği…….….59
Şekil 4.8. FRAP yönteminin biyoerişebilirliğine ait kalibrasyon grafiği……...59
Şekil 4.9. Aromalandırılmış organik sızma zeytinyağlarının antioksidatif özelliklerinin % biyoerişilebilirlikleri…….……61
Şekil 4.10. Aromalandırılmış organik sızma zeytinyağlarında belirlenen uçucu bileşenlerinin % dağılımları……...……81
Şekil 4.11. Aromalandırılmış organik sızma zeytinyağlarının uçucu bileşen profili dendrogramı……...…..100

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1. Zeytinyağındaki uçucu aroma üzerine etkili bileşenler ve koku çeşidi……9
Çizelge 2.2. Türkiye'deki tıbbi ve aromatik bitkilerin yıllara göre yetiştirilme alanı (dekar) ve üretim miktarları (ton)……...…21
Çizelge 2.3. Yıllara göre ülkemizde tıbbi bitki ve baharatların ithalat ve ihracat değerleri (Amerikan Doları, $)……22
Çizelge 3.1. Uçucu aroma bileşikleri için cihaz koşulları…….....……..44
Çizelge 4.1. Aromalandırılmış zeytinyağlarının serbest yağ asitliği ve peroksit sayısı..46
Çizelge 4.2. Aromalandırılmış organik sızma zeytinyağlarının toplam fenol içeriği (mg GAE/100g)……...…….50
Çizelge 4.3. Aromalandırılmış zeytinyağlarının farklı fraksiyonlarının ABTS metoduna göre antioksidan kapasiteleri……..……53
Çizelge 4.4. Aromalandırılmış zeytinyağlarının farklı fraksiyonlarının CUPRAC metoduna göre antioksidan kapasiteleri……....…….55
Çizelge 4.5. Aromalandırılmış zeytinyağlarının farklı fraksiyonlarının FRAP metoduna göre antioksidan kapasiteleri……...……...57
Çizelge 4.6. Aromalandırılmış organik sızma zeytinyağlarının antioksidan özelliklerinin biyoerişilebilirlikleri…….…60
Çizelge 4.7. Aromalandırılmış organik sızma zeytinyağlarında belirlenen uçucu bileşenler……..……..…63
Çizelge 4.8. Aromalandırılmış organik sızma zeytinyağı örneklerinin uçucu aroma profilindeki (%) bileşenler……..…72
Çizelge 4.9. Aromalandırılmış zeytinyağlarında belirlenen alkol bileşikleri……..…...85
Çizelge 4.10. Aromalandırılmış zeytinyağlarında belirlenen keton bileşikleri…...…...85
Çizelge 4.11. Aromalandırılmış zeytinyağlarında belirlenen ester bileşikleri…….... 90
Çizelge 4.12. Aromalandırılmış zeytinyağlarında belirlenen hidrokarbon bileşikleri…91
Çizelge 4.13. Aromalandırılmış zeytinyağlarında belirlenen aldehit bileşikleri…… 97
Çizelge 4.14. Aromalandırılmış zeytinyağlarında belirlenen asit bileşikleri……..……98
Çizelge 4.15. Aromalandırılmış zeytinyağlarında belirlenen furan bileşikleri ……..…99
Çizelge 4.16. Aromalandırılmış zeytinyağlarının duyusal değerlendirme sonuçları....103

1. GİRİŞ

Zeytinyağı, organoleptik özellikleri ve besleyici kalitesi ile Akdeniz mutfağında önemli bir yere sahiptir (Şahan ve ark. 2017). Sızma zeytinyağı, mekanik ve fiziksel yollarla (soğuk presleme tekniği) zeytin meyvesinin yağ içeriğinde herhangi bir değişikliğe yol açmadan elde edilen bir üründür (Armutçu ve ark. 2013). Bileşiminde % 98 oranında trigliserit ve % 2 oranında minör bileşenler bulunmaktadır (Yorulmaz ve Tekin 2008; Sevim 2011). Son çalışmalar, sızma zeytinyağının içerdiği fenolik bileşiklerin hem *in vitro* hem de *in vivo* olarak güçlü antioksidanlar olduğunu göstermektedir (Owen ve ark. 2000; Visioli ve ark. 2002). Bu antioksidanlar sayesinde sızma zeytinyağı tüketimi ile birlikte kolon kanseri, meme kanseri, cilt kanseri, koroner kalp rahatsızlıklarına yakalanma riski azalmakta ve oksidatif stresi inhibe ederek yaşlanmaya karşı önemli ölçüde koruma sağlanmaktadır (Owen ve ark. 2000).

Çevrenin korunması konusundaki duyarlılık ve sağlıklı beslenmeye karşı artan tüketici talebi nedeniyle başta gelişmiş ülkeler olmak üzere dünyadaki çoğu ülkede organik zeytin ve zeytinyağına olan talep artmaktadır. Bu duruma paralel olarak dünya organik ürün pazarı da giderek büyümektedir (Öztürk ve ark. 2010). Organik tarım; toprak, ekosistem ve insan sağlığını devam ettiren, sağlıklı olmasını sağlayan bir üretim sistemidir (Anonim 2012). Organik tarım ile üretilen zeytinlerin doğal yöntemlerle işlenmesi ve insan sağlığına yararlı bileşenleri daha fazla içermesi organik sofralık zeytinlere ve organik sızma zeytinyağlarına olan talebi arttırmaktadır (Öztürk ve ark. 2010). Aynı zamanda organik sızma zeytinyağının kalite parametreleri incelendiğinde geleneksel sızma zeytinyağına göre daha yüksek bir kalite de olduğu belirlenmiştir (Gutiérrez ve ark. 1999).

Son yıllarda tüketiciler tarafından tıbbi ve aromatik bitkilere olan ilgi artmıştır. Tıbbi ve aromatik bitkiler antimikrobiyal özelliklerinden dolayı koruyucu madde, tıbbi amaçlı, antihelmintik, antifungal olarak ve bitki zararlılarına, yabancı otlara karşı mücadelede kullanılmaktadır. Doğal antioksidan kaynağı olarak büyük bir potansiyele sahip olan tıbbi ve aromatik bitkilerin, yağlı gıdalarda oksidasyonu önlemek amacıyla kullanımı giderek artmaktadır (Faydaoğlu ve ark. 2013). Ayrıca, antioksidan ve antimikrobiyal özelliklerinden dolayı meme, kolon ve akciğer kanseri gibi birçok hastalığın

önlenmesinde yararlı olmaktadırlar. Tıbbi ve aromatik bitkilerde pozitif sağlık etkilerini gösteren en önemli bileşikler; fenolik bileşikler, terpenoidler, yağ asitlerinin veya aminoasitlerin türevleridir (Paduano ve ark. 2014). Özellikle tıbbi ve aromatik bitkilerle tatlandırılmış sızma zeytinyağına, lezzet verici özelliklerin yanı sıra oksidasyon reaksiyonlarına karşı antioksidan potansiyeli olan sağlığı teşvik edici etkilerinden dolayı ilgi artmaktadır (Karacabey ve ark. 2016). Aromalandırılmış zeytinyağı, besin değerini arttırmak, duyusal özellikleri zenginleştirmek ve raf ömrünü arttırmak amacıyla sebze, ot, baharat veya diğer meyvelerle işlenmiş bir zeytinyağı olarak tanımlanabilmektedir (Baiano ve ark. 2010).

Bu çalışmada, farklı tıbbi ve aromatik bitkiler ile aromalandırılmış organik sızma zeytinyağlarında, serbest yağ asitliği ve peroksit sayısı, antioksidatif özellikler (toplam fenolik madde, ABTS, CUPRAC ve FRAP metotları ile antioksidan kapasite ve bunların biyoerişilebilirliği), uçucu aroma profili ve duyusal özellikler belirlenmiştir. Böylece sızma zeytinyağlarının organoleptik özelliklerinin geliştirilmesi, oksidatif stabilitelerinin arttırılması, ürün yelpazesinin geliştirilmesi ve tüketicilerin beğenebileceği yeni ve fonksiyonel ürünlerin elde edilmesi hedeflenmiştir.

2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bu bölümde zeytinyağının önemi, bileşimi, aroma profili özellikleri, bozulma reaksiyonları ve sağlık üzerine etkisi, antioksidatif özellik ve biyoerişilebilirlikten bahsedilmektedir. Ayrıca tıbbi ve aromatik bitkiler ile aromalandırılmış sızma zeytinyağı ile ilgili çalışmalar özetlenmektedir.

2.1. Zeytinyağının Bileşimi

Zeytin ağacı Oleaceae familyasının, *Olea* cinsisinin *Olea europea* türünün *Olea europea sativa* alt türünü oluşturan çok yıllık bir ağaçtır. Sızma zeytinyağı, zeytin meyvesinden mekanik yöntemler (presleme, santrifüjleme ve perkolasyon) kullanılarak elde edilen ve kendine has aromaya sahip bir yağdır (Çevik ve ark. 2015). Zeytinyağının % 98'lik kısmını sabunlaşabilen bileşenler (serbest yağ asitleri ve gliseritler) oluştururken % 2'lik kısmını sabunlaşamayan bileşenler (fenolik bileşikler, steroller, skualen, triterpenler, pigmentler (karotenoid, klorofil)) oluşturmaktadır (Bayram ve Özçelik 2012). Zeytinyağının kalitesini oluşturan duyusal özellikler ve kimyasal bileşimi üzerine çevresel faktörler, yetiştirme şartları, tarımsal teknikler, çeşit (genetik faktör), olgunluk derecesi, hasat zamanı, taşıma ve zeytinlerin depolanması, işleme koşulları, zeytinyağının paketlenmesi ve depolanması gibi birçok faktör etkili olmaktadır (Çevik ve ark. 2015; Aydın ve ark. 2020).

2.1.1. Yağ asitleri

Zeytinyağının baskın yağ asitleri, oleik (% 55-83), palmitik (% 7,50-20), linoleik (% 3,5-21), palmitoleik (% 0,3-3,5), stearik (% 0,5-5) ve linolenik (% ≤1) asitlerdir (Dıraman ve Köseoğlu 2017). Tekli doymamış yağ asitlerinden, Omega-9 grubu yağ asitlerinin öncüsü olan oleik asidin fazla olması zeytinyağının karakteristik bir özelliğidir (Bayram ve Özçelik 2012). Zeytinyağları asitliklerine göre sınıflandırılmaktadır. Düşük asitlik değerleri, yüksek kaliteli bir yağın sağlıklı zeytinlerden ve ideal koşullarda elde edildiğinin göstergesidir. Ayrıca, bazı gereksinimleri değerlendirmek için duyusal analize tabi tutulmaktadırlar (Jimenez-Lopez ve ark. 2020).

Ekstra sızma zeytinyağı doğrudan zeytin meyvesinden elde edilmekte ve en yüksek kalitede yağ olarak kabul edilmektedir. Genel olarak % 0,8'e kadar düşük asitliğe ve 6,5 puandan yüksek duyusal değerlendirme derecesine sahip olması, dolayısıyla mükemmel aroma ve tada sahip olması ile karakterize edilmektedir (Jimenez-Lopez ve ark. 2020).

2.1.2. Trigliseritler

Zeytinyağındaki yağ asitlerinin çoğu triaçilgliserol olarak mevcuttur ve zeytinyağının sabunlaşabilen bileşenleridir. Zeytinyağındaki en önemli trigliseritler diolein linoleyl (LOO), triolein (OOO) ve diolein palmitolely (OOP)'dir ve zeytinyağındaki toplam gliseritlerin % 80-85'ini oluşturmaktadır (Dıraman ve Köseoğlu 2017).

2.1.3. Vakslar veya mumsu maddeler

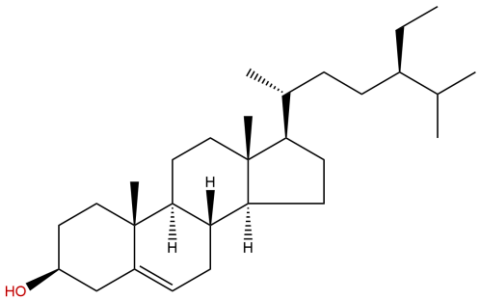
Vakslar veya mumsu maddeler, yağ asitleri ve yağlı alkollerin esterleridir. Zeytinyağında bulunan temel vakslar C_{36}, C_{38}, C_{40}, C_{44} ve C_{46}'ın esterleridir. Pirina yağı sızma zeytinyağına göre daha fazla vaks içermektedir ve yapılacak vaks analiziyle sızma zeytinyağına pirina yağının katılıp katılmadığı tespit edilebilmektedir (Dıraman ve Köseoğlu 2017).

2.1.4. Hidrokarbonlar

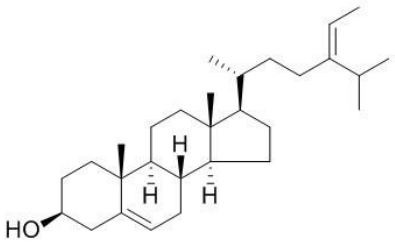
Skualen ve karoten zeytinyağında bulunan önemli iki hidrokarbondur. Skualen (2,6,10,15,19,23-hekzametil-2,6,10,14,18,22-tetrakosaheksaen), sterol halka oluşumundan önceki son metabolittir. Skualen sağlığa faydalı etkilerinden ve bazı kanser türlerine karşı kemopreventif etkisinden dolayı kabul görmektedir. Sabunlaştırılamayan maddenin ana bileşenidir ve hidrokarbon fraksiyonunun % 90'ından fazlasını oluşturur. Bir kg yağ için 200-7500 mg arasında değişmektedir. Skualen içeriği zeytin çeşidine ve yağ çıkarma teknolojisine bağlı olarak değişmektedir. Skualen dışında, sızma zeytinyağının hidrokarbon fraksiyonu, diterpen ve triterpen hidrokarbonlar, izoprenoidal poliolefinler ve n-parafinlerden oluşmaktadır (Boskou ve ark. 2006).

2.1.5. Steroller

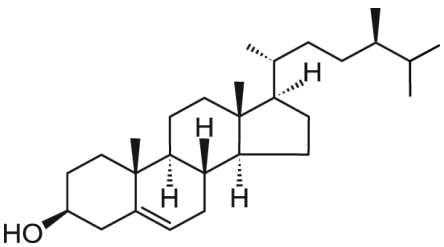
Zeytinyağının sabunlaşmayan kısmının büyük bölümünü oluşturan steroller, sağlık üzerine olumlu etkilerinin yanında zeytinyağına karakteristik özellik kazandırması bakımından oldukça önemli bileşenlerdir. Aynı zamanda zeytinyağının sterol bileşimi, zeytinyağına diğer tohum yağlarının karıştırılmasıyla yapılan tağşişleri belirlemede de kullanılan önemli bir saflık kriteridir (Aydın ve ark. 2020). Zeytinyağı sterol toplamının % 75-90'ını β-sitosterol, % 5-36'sını Δ^5-avenasterol, % 3'ünü kampesterol ve % 1'ini de stigmasterol (Şekil 2.1.) oluşturmaktadır. Bunların yanında düşük miktarda stigmasterol, kolesterol, brassikasterol, klerosterol, ergosterol, sitostanol, kampestanol, Δ^7-stigmasterol 24-metilenkolesterol, Δ^7-kampesterol, Δ^{5-23}-stigmastadienol ve Δ^7-avenasterol bulunmaktadır. Steroller yüksek sıcaklıklarda polimerizasyon reaksiyonlarına karşı önleyici olarak davranması nedeniyle yağın stabilitesinin korunması açısından önemli bileşiklerdir (Dıraman ve Köseoğlu 2017).



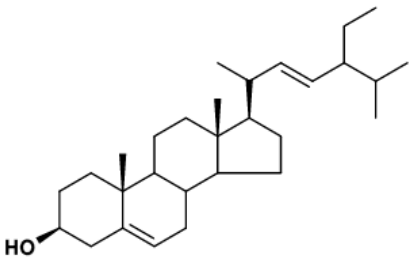
β-sitosterol



Δ^5-avenasterol



Kampesterol

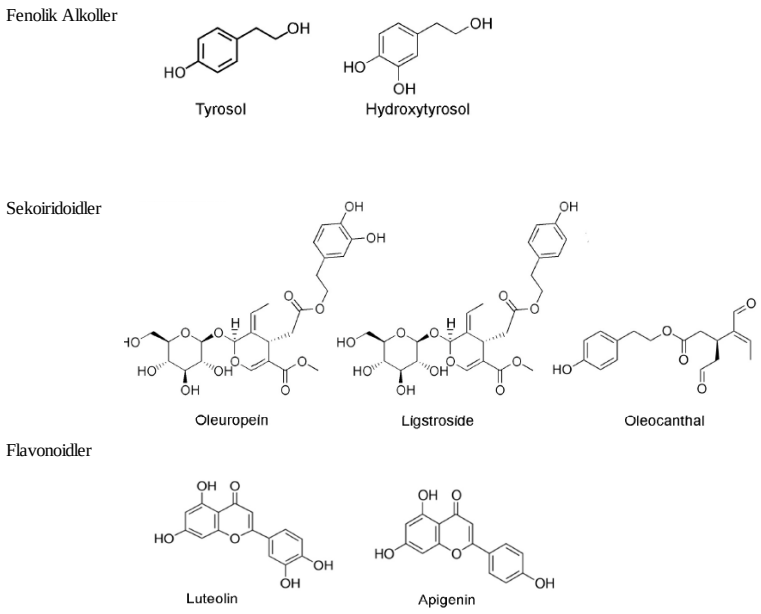


stigmasterol

Şekil 2.1. Sızma zeytinyağındaki başlıca steroller

2.1.6. Fenolik bileşikler

Fenolik bileşikler zeytinyağında aromanın oluşmasında yer alan uçucu olmayan bileşikler sınıfındaki en önemli maddelerdendir (Dıraman ve Köseoğlu 2017). Fenolik bileşikler, zeytinyağının kendine has acı, keskin ve buruk tadından ve organoleptik özelliklerinden sorumludur ve besinsel açıdan önemli bir yere sahiptir (Bayram ve Özçelik 2012). Miktar olarak az olmasına rağmen, natürel sızma zeytinyağının oksidatif stabilitesinin artmasına, ağızda fark edilebilir bir seviyede aromanın gelişmesine katkı da bulunmaktadır. Zeytinyağında en fazla yer alan fenolik grubu sekoiridoidlerdir (Dıraman ve Köseoğlu 2017). Bu kimyasallar, siklopentan halkasının kırılmasından sonra iridoid yapı olarak da bilinen siklopentanopiran yapısal biriminden türemiştir (Angeloni ve ark. 2017). Zeytinyağındaki başlıca sekoiridoidler, oleuropein, demetiloleuropein ve ligstrosit zeytindeki sekoiridoid glikozitlerin türevleridir. Zeytinyağında en fazla bulunan sekoiridoidler elenolik asidin hidroksitirozol ve tirozole bağlı dialdehidik formları (3,4-DHPEA-EDA ve *p*-HPEA-EDA) ile oleuropein aglikonunun bir izomeridir (3,4-DHPEA-EA). Hidroksitirozol ve tirozol zeytinyağının temel fenolik alkolleridir. Zeytinyağında lutein ve apigenin gibi flavonoitler de yer almaktadır (Dıraman ve Köseoğlu 2017). Şekil 2.2.'de zeytinyağındaki önemli fenolik bileşikler gösterilmektedir.



Şekil 2.2. Zeytinyağındaki önemli fenolik bileşikler (Angeloni ve ark. 2017)

Birçok farklı çalışma, zeytinyağlarının toplam fenolik içeriğini tanımlamaya çalışmıştır. Zeytinyağlarının toplam fenolik içeriği, zeytinin çeşidi, iklim koşulları, zeytinin olgunluk seviyesi, zeytinin yetiştirilmesi sırasında uygulanan tarımsal faaliyetler, zeytinyağı üretim süreçleri ve depolanması gibi birçok faktörden etkilenmektedir. Bu nedenle, farklı çalışmalara göre, zeytinyağındaki polifenol miktarı, 200-1000 mg/kg arasında geniş bir aralıkta değişebilmektedir (Angeloni ve ark. 2017).

2.1.7. Renk maddeleri

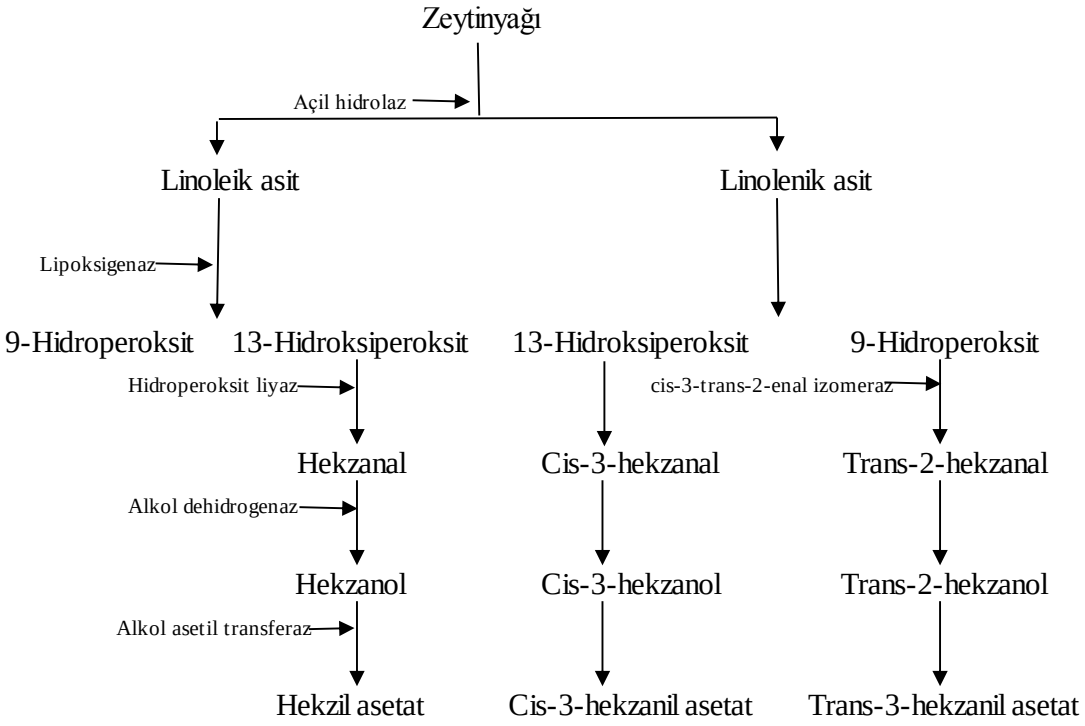
Zeytinyağında oluşan lipofilik karotenoid ve klorofil pigmentleri karakteristik renginden sorumludur. Zeytinyağının rengi daha yüksek klorofil içeriğine sahip yeşil zeytinlerin varlığında daha yeşil iken, karotenoid içeriği daha yüksek olan olgun zeytinleri kullanarak üretilen zeytinyağları daha sarımsı olmaktadır. Zeytinyağı, β-karoten, viyaksantin, neoksantin, lutein ve diğer ksantofillerden klorofil a ve b'ye, feofitin a ve b'ye ve diğer küçük türevlere kadar çok çeşitli karotenoid ve klorofillere sahiptir (Jimenez-Lopez ve ark. 2020).

2.2. Zeytinyağında Uçucu Aroma Profili

Zeytinyağının bileşiminde minör bileşenler (fenolik maddeler, serbest yağ asitleri, steroller, hidrokarbonlar, alifatik ve triterpenik alkoller, uçucu bileşenler ve antioksidanlar) % 2 oranında bulunmaktadır (Yorulmaz ve Tekin 2008; Sevim 2011). Zeytinyağının içerisinde bulunan bu minör bileşenlerden fenolik maddeler tadın, uçucu bileşenler ise kokunun oluşmasına yardımcı olmaktadır (Çevik ve ark. 2015).

Zeytinyağında çok düşük konsantrasyonlarda bulunan, düşük molekül ağırlığına sahip ve oda sıcaklığında kolayca buharlaşabilen uçucu aroma bileşenleri, çeşitli enzimlerin varlığında yağların kontrollü oksidasyonu sonucu oluşmaktadır (Çevik ve ark. 2015). Bu amaçla, linoleik ve linolenik asit, lipoksigenaz enzimi ile önce hidroperoksitleri (9-13 hidroperoksitler), daha sonra hidroperoksit liyaz enzimi yardımıyla natürel zeytinyağında karakteristik tat ve aromayı veren ve majör aroma bileşeni olarak adlandırılan hekzanal, cis-3-hekzanal, trans-2-hekzanal oluşmaktadır. Bu bileşenler de uygun olmayan depolama şartları altında alkol dehidrogenaz enzimi vasıtasıyla istenmeyen uçucu özellikteki aroma bileşenlere (1-hekzanol, trans-2-hekzanol, 3-

metilbutanol) parçalanmaktadır (Şekil 2.3.). Zeytinyağlarında, istenmeyen duyusal özellikler ise şeker fermentasyonu (şarabımsı), aminoasit (lösin, izolösin, valin) dönüşümü (küflü-kokuşmuş), küflerin enzimatik aktiviteleri (küflü), anaerobik mikroorganizma (çamurumsu tortu) gelişimi ve otooksidatif (eski-bayat) süreçlerden kaynaklanmaktadır (Dıraman ve Köseoğlu 2017).



Şekil 2.3. Sızma zeytinyağlarında bulunan başlıca uçucu bileşiklerin oluşum yolları (Garcia-Oliveira ve ark. 2021)

Zeytinyağlarında enzimatik yolla ve diğer yollarla oluşan yaklaşık 280 adet istenen ve istenmeyen uçucu aroma bileşeni bulunmakta ve bu bileşenlerden sadece 70'inin koku üzerine etkili olduğu bildirilmektedir. 280 adet bileşenin 80'den fazlasını hidrokarbonlar, 55'ini esterler, 45'ini alkoller, 44'ünü aldehitler, 26'sını ketonlar, 13'ünü asitler, 5'ini eterler, 5'ini furan türevleri, 5'ini tiyofen türevleri, 1'ini piranonlar, 1'ini tiyoller ve 1'ini pirazinler oluşturmaktadır (Çevik ve ark. 2015). Çizelge 2.1.' de zeytinyağındaki uçucu aroma üzerinde etkili bileşenler ve koku çeşidi verilmiştir.

Çizelge 2.1. Zeytinyağındaki uçucu aroma üzerine etkili bileşenler ve koku çeşidi (Angerosa ve ark. 2004; Kalua ve ark. 2007; Çevik ve ark. 2015)

Uçucu Bileşenler	Koku çeşidi	Uçucu Bileşenler	Koku çeşidi
Aldehitler		*Alkoller*	
Asetaldehit	Keskin, tatlı, çiçeksi	Etanol	Alkolik, olgun elma, çiçeksi
Propanal	Tatlı, keskin, çiçeksi	Pentan-1-ol	Keskin
2-Metil propanal	Pişmiş, karamel	Hekzan-1-ol	Meyvemsi, aromatik, yumuşak, çim kokusu, muzumsu
Hekzanal	Yeşil, elma, çim kokusu	Butan-2-ol	Şarapsı
Heptanal	Yağsı, odunsu	2-Metil-propan-1-ol	Etil asetat benzeri
Trans-2-heptenal	Okside, donyağı gibi, keskin	2-Metilbutan-1-ol	Balık yağı, şarapsı, baharat
Oktanal	Turunçgil benzeri, sabunsu	3-Metilbutan-1-ol	Odunsu, viski, tatlı
Nonanal	Sabunsu, turunçgil benzeri, yağlı, mumsu, keskin	Cis-2-penten-1-ol	Muz
Dekanal	Sabunsu, turunçgil benzeri, keskin, tatlı, mumsu	Trans-3-hekzen-1-ol	Meyvemsi, yeşil, çim kokusu, keskin, yağsı,
Trans-2- dekanal	Boyalı, balığımsı, yağlı	Cis-3-hekzen-1-ol	Muz, yaprak benzeri, yeşil meyvemsi, keskin
2-Metil butanal	Maltsı	Trans-2-hekzen-1-ol	Yeşil, çimsi, meyvemsi, yaprağımsı, keskin
3-Metil butanal	Tatlı, meyvemsi, maltsı	Cis-2-hekzen-1-ol	Yeşil meyve, yeşil meyvemsi
Pentanal	Odunsu, acı, yağlı	1-Penten-3-ol	Islak toprak
Trans-2-pentenal	Yeşil, elma, çiçeksi	3-Metil-butanol	Maya
Cis-2-Pentenal	Yeşil, hoş kokulu	Pentanol	Meyvemsi, keskin, yapışkan, aromatik
Trans-2-hekzenal	Acı badem, yeşil elma benzeri, yağsı, çim kokusu	3-penten-2-ol	Parfümeri, odunsu
Cis-2-Hekzenal	Yeşil, meyvemsi, tatlı	Heptan-2-ol	Toprağımsı
Trans-3-Hekzenal	Enginar, yeşil, çiçeksi	6-metil-5-hepten-3-ol	Parfümeri, fındığımsı
cis-3-Hekzenal	Yeşil yaprak, çim kokusu, yeşil elma benzeri,	Oktan-2-ol	Toprağımsı, yağlı
2-Oktanal	Meyvemsi, sabun, yağlı	Okten-2-ol	Küflü, toprağımsı
2-dekanal	Yağlı	*Ketonlar*	
2,4-Hekzadienal	Çim kokusu	Pentan-3-one	Tatlı
Benzaldehit	Badem	1-Penten-3-one	Tatlı, çilek, keskin, acı, yeşil, metalik
Esterler		1-Okten-3-one	Mantar benzeri
Metil asetat	Ester	4-metil pentan-2-one	Tatlı
Butil asetat	Yeşil, keskin, tatlı	2-butanone	Hoş kokulu
Etil asetat	Tatlı, aromatik	Heptan-2-one	Meyvemsi, tatlı
Hekzil asetat	Yeşil, meyvemsi, tatlı	Oktan-2-one	Küfsü
Etil propanoat	Tatlı, çilek, elma	Nonan-2-one	Meyvemsi
Etil butirat	Tatlı, peynirsi, meyvemsi	6-metil-5-hepten-2-one	Meyvemsi
Etil isobutirat	Meyvemsi	Butan-2-one	Meyvemsi, eterik
Etil 2-metilbutirat	Meyvemsi	Cis-1,5 oktadien-3-one	Sardunya benzeri
Propil butanoat	Keskin	*Karboksilik Asitler*	
Etil 3-metilbutirat	Meyvemsi	Asetik asit	Keskin, sirkemsi, asetik asit gibi
Cis-3-hekzenil asetat	Olgunlaşmamış muz, meyvemsi, yeşil, çiçeksi, keskin	Propanoik asit	Aromatik, keskin
Hekzil asetat	Tatlı, meyvemsi, çiçeksi	Butanoik asit	Tereyağsı, peynirsi, ransit
3-Metilbutil asetat	Muz	Pentanoik asit	Tatlımsı, keskin, çürük
Metil 2-metilbutirat	Meyvemsi	Hekzanoik asit	Tatlımsı, keskin, ransit
Metil dekanoat	Taze	3-Metilbutirik asit	Tatlı
Metil nonanoat	Meyvemsi, tatlı, çiçeksi	2-Metilbutirik asit	Tatlı
2-Metil bütil propanoat	Elma, zeytin	Oktanoik asit	Yağlı
		Heptanoik asit	Ransit, yağlı

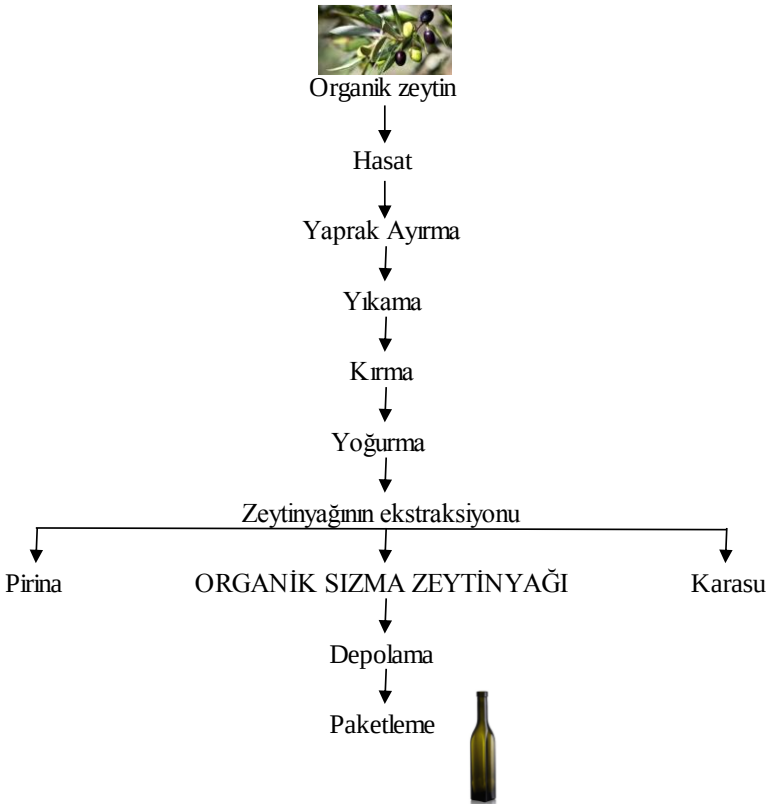
2.3. Organik Sızma Zeytinyağı Üretimi

Genel olarak organik tarım; kaybolan doğal dengeyi yeniden yapılandırmaya yönelik olarak, insan ve çevre dostu, sentetik kimyasal ilaçlar ve gübrelerin yerine alternatif yöntemlerin kullanımını öneren ve ürünün kalitesinin yükselmesini hedefleyen bir üretim şeklidir (Turhan 2005). Bu üretim şekli sürdürülebilir tarım sistemlerinde bir yaklaşım olup, üretimden pazarlama aşamasına kadar özel uygulamalar içermektedir (Demiryürek 2004).

Çok yıllık bitkilerde, konveksiyonel tarımdan organik tarıma geçiş süreci organik ürün hasadından önce üç yıllık bir süreç gerektirmektedir. Geçiş süresi ve sonrasında organik üretimden gelen hayvan gübresi ya da organik materyallerin tercihen her ikisinin de kompost edilmiş olarak kullanılmasına izin verilmektedir. Kimyasal yöntemlerle elde edilmiş azotlu gübreler kullanılmamaktadır. Tohum, genetik olarak yapısı değiştirilmemiş, döllenmiş hücre çekirdeği içindeki DNA dizilimine dışarıdan müdahale edilmemiş, sentetik pestisitler, radyasyon veya mikrodalga ile muamele görmemiş biyolojik özellikte üretilmiş olmalıdır (Anonim 2021a).

Organik ürün, genetik yapısı değiştirilmiş organizma veya bu organizmalardan elde edilen ürünler kullanılmadan üretilmektedir. Ürünün gerçek doğası hakkında yanlış anlamalara yol açmayan işleme metotları ve ekstraksiyon yöntemleri kullanılmaktadır. Organik gıdalar tercihen biyolojik, mekanik ve fiziksel metotlar kullanılarak işlenmektedir (Anonim 2021a).

Organik tarım şartlarına uygun olarak üretilen zeytinler, organik tarım şartlarına uygun olarak hasat edilmekte ve organik ürün üretim metotlarına uygun olarak (Anonim 2021a) yaprak ayırma, yıkama, kırma, yoğurma, ekstraksiyon işlemlerine tabi tutulmaktadır (Jimenez-Lopez ve ark. 2020). Elde edilen organik sızma zeytinyağı, ürünün organikliğini bozmayacak şekilde depolanmakta ve ambalajlanmaktadır. (Anonim 2021a). Şekil 2.4.' de organik sızma zeytinyağı üretimi görülmektedir.



Şekil 2.4. Organik sızma zeytinyağı üretimi

2.4. Zeytinyağının Aromalandırılması

Aromalandırılmış zeytinyağlarının üretimi uzun yıllar öncesine dayanmaktadır. Önceleri zeytinyağını lezzetlendirmek ve bozulmasını geciktirmek amacıyla Akdeniz Bölgesinde üretilmeye başlanmıştır. Zamanla tüm dünyada natürel zeytinyağı tat ve aromasını tercih etmeyen tüketiciler için değişik lezzetleri içermesi ve farklı kullanım alanlarında değerlendirilme imkanına sahip olması bakımından alternatif bir ürün olmuştur (Baiano ve ark. 2009).

Aromatize zeytinyağları, zeytinlerin ezilmesi veya karıştırılması aşamasında aromatik bitkilerin eklenmesi, aromatik bitkilerin zeytinyağlarına ilave edilmesi ve aromaların zeytinyağına eklenmesi gibi yöntemler kullanılarak elde edilmektedir (Mannina ve ark. 2012). Aromalandırma işleminde kullanılan yöntemin seçimi oldukça önemli olup, zeytinyağının organoleptik özelliklerinde ve oksidasyon stabilitesinde oldukça önemlidir.

Tıbbi ve aromatik bitkilerin zeytinyağına ilavesi ile birlikte zeytinyağının duyusal özellikleri gelişmektedir. Antioksidan ve prooksidan özelliğe sahip bitkilerin ve bileşiklerin eklenmesi zeytinyağının oksidatif stabilitesini değiştirmekte ve zeytinyağının kalitesini ve raf ömrünü etkilemektedir. Literatürde aromalandırılmış zeytinyağları ile yapılmış çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Özcan (1999) yaptığı çalışmada, biberiye ile aromalandırılmış zeytinyağlarının depolama süresince (12, 16 ve 20 gün hariç) kontrol numunesine kıyasla yüksek antioksidan aktivite gösterdiğini bildirmiştir. Zeytinyağındaki hem ekstraktların hem de sitrik asit seviyelerinin antioksidan etkileri 4 günlük depolamadan sonra istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($p < 0.01$).

Benzer başka bir çalışmada, kekik ve biberiye ile aromalandırılmış zeytinyağında yapılan analizlerde toplam fenol içeriği, kontrol numunesine kıyasla sırasıyla 3,5 ve 1,7 kat artmıştır. Alfa-tokoferol içeriği değişmemiştir. Kekik ile aromalandırılmış zeytinyağında feofitin, alfa ve beta-karoten, lutein miktarında anlamlı bir artış olduğu gözlemlenmiştir. Aromalandırılmış zeytinyağların oksidatif stabilitesi, Rancimat testi kullanılarak değerlendirilmiş ve kontrol numunesinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Fotooksidasyonda kekik, biberiyeye göre daha az stabil kalmıştır (Damechki ve ark. 2001).

Biberiye, kekik, sarımsak ve acı biber ile aromalandırılmış zeytinyağlarının 7 ay boyunca depolandığı bir çalışmada, zeytinyağları test edilen tüm konsantrasyonlarda antioksidan aktivite göstermiş, birincil oksidasyon ürünlerinin oluşumunu engellemiş ancak asitlik ve ikincil oksidasyon ürünlerindeki eğilimi etkilememiştir. En yüksek antioksidan aktivite kekik ve biberiyede, en düşük acı biber ve sarımsakta olmuştur. Aromalandırılmış zeytinyağlarının tamamı (en yüksek konsantrasyonda sarımsak ilave edilmiş hariç) tüketiciler tarafından kabul edilebilir olarak değerlendirilmiştir (Gambacorta ve ark. 2007).

Sarımsak, limon, kekik, acı biber ve biberiye ile aromalandırılmış zeytinyağlarının kimyasal özellikleri, fenolik içeriği ve antioksidan aktivitesi 9 aylık depolama süresince değerlendirilmiştir. Depolama süresinin sonunda, kontrol ve sarımsak aromalı yağların kimyasal parametreleri sızma zeytinyağı için belirlenen sınırlar içinde kalmıştır. 9 aylık

depolamadan sonra, tüm yağlarda fenolik içerikte belirgin bir azalma gözlenmiştir. En yüksek fenolik içerik kontrol örneğinde ve en düşük fenolik içerik sarımsak aromalı yağlarda tespit edilmiştir. 6 ay depolama sonunda hidroksitirozol ve tirozol miktarı en fazla kontrol ve limon aromalı zeytinyağlarında olduğu tespit edilmiştir. Depolama sırasında, β-karoten ağartma testine göre hesaplanan fenolik ekstraktların antioksidan aktivite katsayıları önemli ölçüde azalmıştır (Baiano ve ark. 2009).

Ayadi ve ark. (2009) limon, kekik, biberiye, reyhan, nane, adaçayı ve lavanta ile aromalandırılmış zeytinyağı örneklerinde bitki ilavesinin serbest yağ asitliğini arttırdığını bildirmişlerdir. Panelistlerin biberiye ve reyhan aromalı yağların yağ rengini, limon ve kekik aromalı zeytinyağlarının tadını tercih ettikleri belirlenmiştir. Genel kabul edilebilirliği en yüksek olan zeytinyağı örneği limon ile aromalandırılmış örnek olmuştur.

Dıraman ve Hışıl (2010) yaptığı çalışmada zeytinyağına biberiye ve nane ilavesinin oksidatif stabiliteyi yükselttiğini ve cis-trans yağ asidi izomerlerinde istatistiksel fark bulunmadığını belirtmiştir.

Doğal biberiye, kekik, fesleğen, turunç, sarımsak ve acı biber aroması ile farklı konsantrasyonlarda aromalandırılmış zeytinyağları duyusal olarak değerlendirilmiş ve kekik için % 0,05, fesleğen, biberiye ve turunç için % 0,07 oranında doğal aroma kullanılarak hazırlanan aromalı zeytinyağları en çok beğenilenleri olmuştur. Aromatik bitki ekstraktları kullanılarak hazırlanan çeşnili zeytinyağlarında ise kekik için % 20, fesleğen ve acı biber için % 40 oranında ekstrakt kullanılarak hazırlanan çeşnili zeytinyağlarının panelistler tarafından beğenildiği tespit edilmiştir (Akçar ve Gümüşkesen 2011).

Issaoui ve ark. (2011) yaptığı çalışmada, limon ve kekik özütlerinin kullanımı ile limonen ve karvakrol gibi bazı biyoaktif bileşiklerin zeytinyağına geçişiyle birlikte zeytinyağının aromatik ve besin değerinin değiştiğini belirlemişlerdir.

Artemisia herba alba ve *Thymus algeriensis* ile aromalandırılmış zeytinyağlarında fenolik, karotenoid ve klorofil içeriğinde bir artış gözlenmiştir. Duyusal değerlendirmede ise *Thymus algeriensis* ile aromalandırılmış zeytinyağı daha fazla

beğenilmiştir. Aromalandırılmış zeytinyağı örneklerinde en düşük peroksit değerinin 80 °C'de 30 gün depolandıktan sonra ölçüldüğü tespit edilmiştir (Zouari ve ark. 2012).

Farklı konsantrasyonlarda kurutulmuş acı biber (*Capsicum annum*) eklenerek aromatize edilmiş zeytinyağı örnekleri 30 gün boyunca depolanmış ve antioksidan aktivitenin arttığı tespit edilmiştir. Aynı zamanda maksimum kapsaikinoid miktarına 1. hafta sonunda ulaşılmıştır. Oksidasyonla ilgili olarak hekzanalda artış gözlemlenmiştir (Caporaso ve ark. 2013).

Sousa ve ark. (2015) sarımsak, acı biber, defne, kekik ve biber ile aromalandırılmış zeytinyağının kalitesindeki lezzet verici etki, yağ asidi profili, antiradikal aktivite, toplam fenol içeriği ve oksidatif stabilitesini değerlendirmiştir. Sarımsak ilavesinin serbest asitlik değerlerinde bir artışa neden olduğunu ancak diğer kalite indekslerinin olumsuz etkilenmediği belirtilmiştir. Yağ asidi profili değişmiş ancak değerler sızma zeytinyağının sınırları altında kalmıştır. Tüm aromalı zeytinyağlarında toplam fenol içeriği azalmış, ancak oksidasyona karşı koyma kabiliyeti genel olarak iyileşmiştir.

Issaoui ve ark. (2016) kekik, İzmir kekiği, baharat karışımı, biberiye ve reyhan ilave edilmiş zeytinyağı örneklerinde yaptığı çalışmada, tüketici tarafından genel kabul edilebilirliği en yüksek olan örnek aromalandırılmamış zeytinyağı ve onu takiben kekik aromalı zeytinyağı olduğunu bildirmiştir.

Dalgıç ve ark. (2016) olgunluk indeksi 4,91 olan Memecik çeşidi zeytin meyvelerini ile farklı sıcaklık, süre ve altın çilek miktarları kullanılarak altın çilek çeşnili zeytinyağları üretmişlerdir. Zeytinyağı üretiminde yoğurma sırasında kurutulmuş altın çilekler zeytin hamuruna ilave edilmiş ve zeytinyağı verimi ile kalite parametreleri üzerine etkisi incelenmiştir. % 0,30 konsantrasyonlarda kullanılan altın çileklerin daha yüksek ekstraksiyon verimi ve kalite parametrelerine sahip olduğunu, optimum üretim koşullarının ise 27 °C'de yoğurma sıcaklığı ve 41 dk yoğurma süresinde gerçekleştiğini rapor etmişlerdir. Uygulanan sıcaklık, süre ve altın çilek ilavesinin çeşnili zeytinyağlarının serbest asitlik ve peroksit değerlerini arttırdığını ifade etmişlerdir.

Safran ile aromalandırılmış zeytinyağının, kalite parametrelerinde ve oksidatif stabilitesinde bir azalma olmasına rağmen 7 aylık depolamadan sonra parametreler sızma zeytinyağı ile karşılaştırılabilir düzeyde olduğu bildirilmiştir. Düşük safran aromalı zeytinyağı tüketiciler tarafından tercih edilebilirliğinin daha fazla olduğu rapor edilmiştir (Sena-Moreno ve ark. 2018).

2.5. Zeytinyağında Bozulma Reaksiyonları

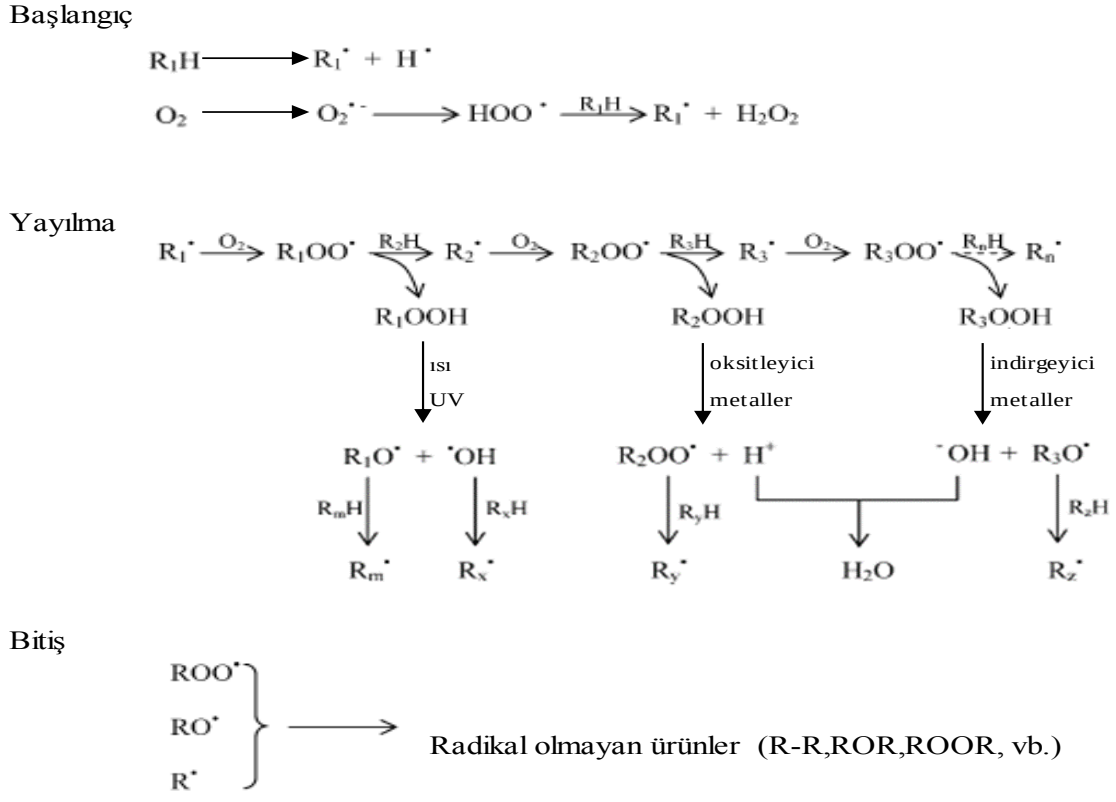
Lipidler, biyolojik sistemlerdeki hücrelerin önemli yapısal ve işlevsel bileşenleridir ve oksidasyona eğilimlidirler (Shahidi ve Zhong 2010). Sızma zeytinyağı da, üretimi ve depolanması sırasında gerçekleşen kimyasal değişikliklere karşı oldukça hassastır (Jimenez-Lopez ve ark. 2020).

Zeytinyağının elde edilmesinden depolama işlemine kadar geçen sürede oluşan değişmeler hidrolitik ve oksidatif bozulma olarak ikiye ayrılmaktadır. Hidrolitik bozulma çekirdekli meyvede suyun varlığına bağlı olarak değişim göstermektedir. Mikroorganizmalar tarafından üretilen lipaz enzimi hidrolitik bozulmada katalitik rol oynamaktadır. Trigliseritler hidrolize olarak gliserol ve yağ asitlerine dönüşmekte ve bu reaksiyon sonucunda serbest asitlik artmaktadır. Yağ asitlerinin enzimatik hidrolizi sonucu monogliseritler ve digliseritler açığa çıkmaktadır. Hidrolitik bozulmadan sorumlu lipaz enzimi yanında peroksidaz ve lipoksigenaz enzimleri de hidroksiperoksitlerin oluşumuna neden olmaktadır. Hidroksiperoksitler, doğal antioksidanlara zarar vermektedir. Özellikle zeytin hamurundaki polifenol içeriğini polifenoloksidaz enzimleri azaltmaktadır. Bu değişimler zeytinyağı sıkım sistemlerinde, özellikle üretim aşamasında dikkatle göz önünde bulundurulmaktadır (Yaman ve Dıraman 2017).

Oksidatif bozulma ya da oksidasyon, oksijenle doymamış yağ asitleri arasında gerçekleşen bir reaksiyon olup başlangıç, yayılma ve bitiş fazlarından meydana gelen bir serbest radikal oluşum mekanizmasıdır (Yaman ve Dıraman 2017). Otooksidasyonu yağ asidi bileşimi, doymamışlık derecesi, prooksidanların ve antioksidanların varlığı ve aktivitesi, kısmi oksijen basıncı, oksijene maruz kalan yüzeyin doğası ve saklama koşullarından (katı yağ/sıvı yağ içeren gıdanın sıcaklığı, ışığa maruz kalma, nem içeriği) etkilenmektedir. Doymamış yağ asidinin trigliserit molekülündeki konumu aynı

zamanda otooksidasyon oranını da etkilemektedir (Belitz 2009). Doymamış lipid molekülleri, ısı, ışık/iyonlaştırıcı radyasyon ve metal iyonları/metaloproteinler gibi başlatıcıların varlığında bir hidrojen atomunu kaybetmekte ve serbest radikaller üretmektedirler. Lipid radikalleri daha sonra oksijenle reaksiyona girerek yeni bir lipid molekülüne saldırarak hızlı ilerleyen reaksiyonun zincir taşıyıcıları olarak hareket eden peroksi radikalleri oluşturmaktadır. Bu reaksiyon, hidrojen kaynağı bulunmayana veya zincir antioksidanlar tarafından kesintiye uğratılana kadar çoğalma sırasında birkaç bin kez tekrar edilebilmektedir. Bu nedenle, lipid oksidasyonu kendi kendine yayılan ve hızlanan bir süreç olarak bilinmektedir (Shahidi ve Zhong 2010).

Oluşan serbest peroksi radikalleri nötr forma gelebilmek için, ya aynı ya da başka bir yağ asidi molekülünün zinciri üzerindeki hidrojenlerden birini kendine çekerek bağlamakta ve hidroperoksitleri oluşturmaktadır. Hidroperoksitler ilk oksidasyon ürünleridir. Bitiş aşamasında ise serbest radikaller ve serbest peroksi radikaller birleşerek radikal olmayan ürünlere dönüşmektedir (Yaman ve Dıraman 2017). Şekil 2.5.'de lipidlerin oksidasyon yolu gösterilmektedir.



Şekil 2.5. Lipid oksidasyon yolu (Shahidi ve Zhong 2010)

Birincil oksidasyon ürünleri olan monohidroperoksitler, kokusuz ve tatsızdır (Belitz 2009). Peroksitler, daha çok ikinci derece oksidasyon ürünlerinin oluşumuna neden olmaktadır. Hidroperoksitler kararlı olmadıkları için ikinci derecedeki oksidasyon ürünlerine, çoğunlukla da hidrokarbonlu bileşiklere parçalanmaktadır. Bunlar, aldehit, keton, asit, hidrokarbon ve epoksi asitlerdir (Yaman ve Dıraman 2017).

İkincil oksidasyon ürünleri, genellikle güçlü kokulu bileşiklerdir ve oluştukları çok küçük miktarlarda bile gıdanın kokusunu ve tadını (Belitz 2009) ve pek çok önemli kalite parametresini etkilemektedirler. Bu nedenle büyük ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Bunları engellemek için bazı antioksidanlar yağlara veya yağ içeren gıdalara eklenebilmektedir (Yaman ve Dıraman 2017).

2.6. Zeytinyağının Sağlık Üzerine Etkisi

Zeytinyağı içerdiği yüksek oranda tekli doymamış yağ asitleri ile karakterize edilmekte olup, sağlık üzerine yararlı etkileri bulunan fenolik bileşikler, skualen ve E vitamini gibi fitokimyasallar açısından önemli bir kaynaktır. Zeytinyağı tüketimine bağlı olarak bazı hastalıkların oluşum riski ve bu hastalıklardan olan ölüm oranlarının daha az olduğu bilinmektedir. Bu koruyucu etki zeytinyağı içinde bulunan biyoaktif bileşenlerin sinerjistik etkileşimi ile sağlanmaktadır (Bayram ve Özçelik 2012).

Oleik asidin ve yüksek miktarda tekli doymamış yağ asitleri içeren diyetlerin kardiyovasküler hastalıklar için risk faktörü olan trigliserit ve kolesterol miktarını azalttığı, tansiyonu düşürdüğü, LDL (düşük yoğunluklu lipoprotein) kolesterolün oksidasyona karşı hassasiyetini azalttığı, iltihaplanmayı önlediği bilinmektedir (Bayram ve Özçelik 2012). Aynı zamanda otoimmün ve inflamatuvar bozukluklar üzerindeki koruyucu etkilerle ve antitrombotik olarak ilişkilendirilmiştir (Mariotti ve Peri 2014; Lombardo ve ark. 2018; Jimenez-Lopez ve ark. 2020). Yapılan çalışmalar sonucunda zeytinyağı tüketiminin kanser (Psaltopoulou ve ark. 2011; Pelucchi ve ark. 2011; Xin ve ark. 2015), kardiyovasküler hastalıklar (Martinez-Gonzalez ve ark. 2014; George ve ark. 2019), inflamasyon (Schwingshackl ve ark. 2015), tip 2 diyabet (Schwingshackl ve ark. 2017) ve akut ve kronik nörodejeneratif hastalıklar (Angeloni ve ark. 2017) gibi hastalıkların tedavisinde olumlu etki ettiği belirlenmiştir (Foscolou ve ark. 2018).

2.7. Tıbbi ve Aromatik Bitkiler

Tıbbi ve aromatik bitkilerin günümüzde önemi gittikçe artmaktadır (Çelik ve Ayran 2020). Hastalıkların önlenmesi, sağlığın sürdürülmesi ve hastalıkların iyileştirilmesi amacıyla ilaç olarak geleneksel ve modern tıpta kullanılmaktadır (Temel ve ark. 2018). İçerdikleri sekonder metabolitler sayesinde son yıllarda tamamlayıcı tıp, eczacılık, gıda ve kozmetik alanlarında daha da önem kazanmaktadır (Çelik ve Ayran 2020). Tıbbi ve aromatik bitkiler biyoaktif sekonder metabolitler olan steroidleri, flavonoidleri, saponinleri, alkaloitleri, terpenleri ve fenolik bileşikleri içermektedir. Bu sekonder metabolitlerin, antimikrobiyal, antifungal, antialerjik, antidiyabetik, kardiyovasküler sistemi koruyucu, antioksidan, antikanser, antitiroid, antihistaminik, antimalaryal, antihelmintik, antienflamatuvar, antihipertansif, spazm çözücü ve ağrı kesici özelliklere sahip oldukları ifade edilmektedir (Varlı ve ark. 2020).

M.Ö. 5000'li yıllarda insanların tedavisinde kullanılan 250 adet bitkinin var olduğu saptanmıştır. Hititler, Mısırlar, Sümerler, Asurlar ve Mezopotamyalılar bitkileri yıllarca tedavi amacıyla kullanmışlardır. Zamanla ilaçların üretilmeye başlanması ile birlikte tıbbi ve aromatik bitkilerin kullanımı da azalmıştır. 1980'li yıllardan sonra insanların sağlık alanında bilgi sahibi olmaları, kimyasalların etkilerinden korunma çabaları, doğal ve organik ürünlere olan taleplerdeki artış, tıbbi ve aromatik bitkilerle tedaviyi yeniden gündeme getirmiştir. Bunun sonucu olarak tıbbi ve aromatik bitkiler kültüre alınmış, üretimde artış sağlanmış ve halkın kullanımına sunulmuştur (Göktaş ve Gıdık 2019).

Dünya Sağlık Örgütü (WHO) verilerine göre yaklaşık 20.000 bitki tıbbi amaçlarla kullanılmaktadır. Dünyada bitkisel droglar için başlıca ticaret merkezleri Çin, Almanya, ABD, Fransa, İtalya, Japonya, İspanya, İngiltere ve Hong Kong'dur. Dünyada toplam 422.000 bitki türü yer alırken bunlardan 52.885'i tıbbi ve aromatik bitki olarak sınıflandırılmaktadır. En fazla tıbbi ve aromatik bitki türü sayısı 4.941 ile Çin'de bulunurken, onu 3.000 ile Hindistan, 2.564 ile ABD, 1.800 ile Vietnam, 1.200 ile Malezya ve 1.000 ile Endonezya takip etmektedir (Temel ve ark. 2018). Türkiye zengin bir floraya sahip olması nedeniyle oldukça fazla bitki türünü bünyesinde barındırmaktadır. Ülkemizde yaklaşık olarak 11.000 civarında bitki taksonu bulunmakta ve bunlardan 500 kadarı tamamlayıcı tıp için kullanılmaktadır. Taze olarak tüketilebilen

bu bitkiler kurutularak da kullanılmaktadır. Bitkinin gövdesi, yaprağı, çiçeği, tohumu, yumrusu, kabuğu gibi bütün organları farklı amaçlarla ve farklı yöntemlerle kullanılmaktadır. Ülkemizde tıbbi ve aromatik bitkiler sırasıyla en çok; Ege, Akdeniz, Güneydoğu Anadolu, Marmara ve Doğu Karadeniz bölgelerinde yetişmektedir (Göktaş ve Gıdık 2019). Türkiye'de en fazla taksona sahip familyalar Lamiaceae (18), Asteraceae (18), Apiaceae (11), Liliaceae (9), Rosaceae (8), Ranunculaceae (7), Fabaceae (6) ve en fazla tür kullanılan cinsler Sideritis (10), Helichrysum (8), Rumex (6), Astragalus (5), Euphorbia (5), Gypsophila (5), Juniperus (5), Anthemis (5), Artemissia (5), Orchis (4) ve Colchicum (4)'dır. Bunların 73'ü haricen, 168'i ise dahili olarak tedavi amaçlı kullanılmaktadır (Öztürk ve ark. 2012). Şekil 2.6.'da bazı tıbbi ve aromatik bitkiler, kullanılan kısımları, etken maddeleri ve etki şekilleri verilmektedir.

Bitki Adı	Kullanılan Kısmı	Etken Madde	Etki Şekli
Karanfil	Çiçek	Eugenol	İştah artırıcı, sindirim uyarıcı ve antiseptik
Tarçın	Kabuk	Cinnamaldehyde	İştah artırıcı, sindirim uyarıcı ve antiseptik
Kişniş	Yaprak, tohum	Linalol	İştah artırıcı, sindirim uyarıcı
Kimyon	Tohum	Cuminaldehyde	Sindirim uyarıcı
Anason	Tohum	Anothole	Sindirim uyarıcı
Maydanoz	Yaprak	Apiol	İştah artırıcı, sindirim uyarıcı ve antiseptik
Karabiber	Meyve	Piperine	Sindirim uyarıcı
Zencefil	Rizom	Zingorole	Sindirim uyarıcı
Sarımsak	Soğan	Alicin	Sindirim uyarıcı ve antiseptik
Biberiye	Yaprak	Pinene, cineole, linalool	Sindirim uyarıcı ve antiseptik
Kekik	Tüm bitki	Thmol, Carvacrol	Sindirim uyarıcı, antiseptik ve antioksidan
Adaçayı	Yaprak	Cineole	Sindirim uyarıcı ve antiseptik
Defne	Yaprak	Cineole	İştah artırıcı, sindirim uyarıcı ve antiseptik
Nane	Yaprak	Menthol	İştah artırıcı, sindirim uyarıcı ve antiseptik
Yasemin	Çiçek	Linalool, linalyl acetate	Antiseptik ve insektisit
Lavanta	Çiçek	Linalool, linalyl acetate	Antiseptik ve insektisit

Şekil 2.6. Tıbbi ve aromatik bitkiler, kullanılan kısımları, etken maddeleri ve etki şekilleri (Adıyaman ve Ayhan 2010).

"Türk Gıda Kodeksi Gıdalarda Kullanılabilecek Bitkiler ve Bitkisel Preparatlar Tebliği"ne göre bitkinin kullanılan kısmı ile ilgili olarak, pozitif (P), negatif (N) ve zehirli (Z) olmak üzere üç grupta sınıflandırma mevcuttur. Kullanılacak bitkinin listede belirtilen kısımlarının veya bitkisel preparatlarının, varsa kullanımla ilgili koşullara, kısıtlamalara ve etiketleme gerekliliklerine uyulması şartı ile pozitifse gıdalarda

kullanılabileceği, negatifse kullanılamayacağı belirtilmektedir. Ancak durumu 'N' olarak belirtilen bitki kısımları veya bitkisel preparatlar, yeni bilimsel gelişmeler ışığında yeniden değerlendirilebilmektedir. Kullanılacak bitkinin değerlendirilen kısımlarının veya bitkisel preparatlarının, düşük dozlarda bile toksik etkiye sahip olduğu, gıdalarda kullanılamayacağı ve yeniden bir değerlendirme yapılmasının mümkün olmadığı bitkiler ise zehirli olarak değerlendirilmektedir (Anonim 2021b).

Türkiye florası, belirlenen 11.000'in üzerinde bitki çeşidi ile Avrupa'nın tamamının sahip olduğu bitki sayısına (yaklaşık 12.000) yakın olup, büyük bir çeşitlilik ve zenginlik göstermektedir. Floranın 1/3'ünü tıbbi ve aromatik bitkiler oluşturmakta olup, toplam bitki üzerinden 3.000 kadar bitki de endemik olarak yetişmektedir. Aktarlarda satılan bitki sayısı 300 civarında olup 70-100 kadar bitkinin ihracatı yapılmaktadır. Türkiye, coğrafi konumu, iklim ve bitki çeşitliliği, tarımsal potansiyeli, geniş yüzölçümü sayesinde tıbbi ve aromatik bitki ticaretinde önde gelen ülkelerden biridir (Temel ve ark. 2018).

Birçok tıbbi ve aromatik bitki, ev bahçelerinde ve tarlalarda plantasyon şeklinde yetiştirilmektedir. Dünyada, ticari amaçlarla 900 kadar tıbbi ve aromatik bitkinin kültürü yapılmakla birlikte ülkemizde bu sayı oldukça sınırlıdır. Türkiye İstatistik Kurumunu (TÜİK) tarafından yayınlanan istatistiki verilerde tıbbi ve aromatik bitkiler başlığı altında özel bir sınıflandırma bulunmamaktadır. Tıbbi ve aromatik bitkiler diğer gruplara serpiştirilmiş olup içerisinde bazılarının yer aldığı kayıtlar ancak 2012 yılından itibaren tutulmaya başlanılmıştır (Temel ve ark. 2018). Türkiye'deki tıbbi ve aromatik bitki grubunda olan bitkilerin yıllara göre yetiştirilme alanı (dekar) ve üretim miktarları (ton) TÜİK verilerine göre Çizelge 2.2.'de verilmiştir. Çizelgede verilen tıbbi ve aromatik bitkiler değerlendirildiğinde Türkiye'deki üretim hacmi 2012 yılından 2020 yılına kadar % 54,30 oranında artmıştır. Çizelge 2.3.'de yıllara göre ülkemizde tıbbi bitki ve baharatların ithalat ve ihracat değerleri verilmiştir. Tıbbi bitki ve baharatların 2012-2019 yılları arasında ithalat değeri % 29,84 oranında artmış ve ihracat % 3,03 oranında azalmıştır.

Çizelge 2.2. Türkiye'deki bazı tıbbi ve aromatik bitkilerin yıllara göre yetiştirilme alanı (dekar) ve üretim miktarları (ton) (Anonim 2021c)

	2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020	
	Alan (Dekar)	**Üretim (Ton)**	**Alan (Dekar)**	**Üretim (Ton)**	**Alan (Dekar)**	**Üretim (Ton)**	**Alan (Dekar)**	**Üretim (Ton)**	**Alan (Dekar)**	**Üretim (Ton)**	**Alan (Dekar)**	**Üretim (Ton)**	**Alan (Dekar)**	**Üretim (Ton)**	**Alan (Dekar)**	**Üretim (Ton)**	**Alan (Dekar)**	**Üretim (Ton)**
Anason	194 430	11 023	152 431	10 046	140 506	9 309	138 118	9 050	136 552	9 491	121 833	8 418	124 455	8 664	239 171	17 589	155 317	10 716
Kimyon	226 294	13 900	247 045	17 050	224 421	15 570	270 247	16 897	268 849	18 586	267 358	19 175	361 761	24 195	321 889	20 245	212 132	13 926
Kekik	94 283	11 598	89 137	13 658	92 959	11 752	104 863	12 992	121 127	14 724	121 472	14 477	139 061	15 895	157 074	17 965	184 711	23 866
Çörekotu	2 299	161	3 261	352	1 717	140	4 681	425	23 160	2 527	32 560	3 094	33 864	3 322	37 085	3 603	33 773	3 412
Rezene	15 775	1 862	13 848	1 994	15 848	2 289	15 512	1 461	17 503	2 464	16 525	2 022	23 400	3 067	33 859	4 655	22 204	4 365
Kişniş	11	1	11	1	11	1	150	11	503	42	410	29	405	29	155	12	2 455	188
Süpürge Otu	19 059	2 798	15 221	2 124	14 600	2 010	15 035	2 078	13 850	1 883	10 339	2 183	10 199	2 324	7 468	1 951	6 860	1 788
Acı bakla	4 681	423	3 767	411	3 767	411	3 742	409	3 761	411	3 714	402	3 293	356	1 778	191	1 887	207
Şerbetçi otu	3 442	1 752	3 544	1 852	3 530	1 832	3 500	1 869	3 415	1 846	3 300	1 785	3 300	1 785	3 307	1 800	3 308	1 908
Oğulotu (melissa)	450	238	505	238	505	238	512	242	213	108	207	106	172	84	209	93	284	150
Isırganotu	3	0,42	3	0,42	3	0,42	0	0	5	1	5	1	5	1	0	0	1	0,1
Ada çayı	54	7	30	4	130	19	536	80	3 681	411	4 123	557	3 951	428	5 602	1 233	6 655	1 271
Gül (yağlık)	30 832	10 225	28 012	10 769	28 359	10 831	28 243	9 483	29 753	12 267	33 277	13 372	34 205	14 773	38 457	16 560	41 320	18 202
Lavanta	509	123	709	105	2 189	297	3 218	400	5 700	747	6 606	845	8 684	1 040	11 903	1 462	22 188	3 499

Çizelge 2.3. Yıllara göre ülkemizde bazı tıbbi bitki ve baharatların ithalat ve ihracat değerleri (Amerikan Doları, $) (Varlı ve ark. 2020)

	2014 ($)		2015 ($)		2016 ($)		2017 ($)		2018 ($)		2019 ($)	
Ürün	ithalat	ihracat	ithalat	ihracat	ithalat	ihracat	ithalat	ihracat	ithalat	ihracat	ithalat	ihracat
Köri, defne yaprağı, kekik, zerdeçal zencefil, safran ve diğer baharatlar (biber hariç)	11660	105971	14348	106714	14494	113613	16112	109656	13719	113700	14472	107502
Biber; Capsicum cinsinin kurutulmuş veya ezilmiş veya öğütülmüş meyveleri	8869	7455	10698	7311	12710	7887	32676	9097	12009	8896	16187	8687
Anason, badian, rezene, kişniş, kimyon veya kimyon tohumu; ardıç meyveleri	6391	29730	7430	23031	10632	35813	11596	22987	10155	31994	438	22379
Tarçın ve tarçın ağacı çiçekleri	1732	178	1265	164	2083	203	3396	189	1901	265	3177	267
Mate	350	0	724	0	3180	7	2048	245	1552	104	2606	80
Hindistan cevizi, kakule	160	81	588	119	774	91	1109	109	929	144	1078	189
Karanfil, bütün meyve, sapları	571	111	594	110	353	151	726	172	483	104	836	80
Vanilya	243	779	318	257	181	315	180	213	60	396	126	751

2.7.1. Kekik (*Origanum, Thymus, Satureja, Thymbra*)

Lamiaceae familyasından önemli bir uçucu yağ bitkisi olan kekik, gıdalarda lezzet, aroma ve muhafaza edici özelliklerinden dolayı yaygın olarak kullanılmaktadır (Varlı ve ark. 2020). Ülkemizde farklı bitki cinslerine bağlı olan (*Origanum, Thymus, Thymbra, Satureja* ve *Coridothymus*) 15 kadar bitki türü kekik olarak bilinmekte ve değişik şekillerde faydalanılmaktadır. Bu cinslere bağlı 38 *Thymus* türü (% 52'si endemik), 23 *Origanum* türü ve 27 taksonu (% 65'i endemik), 14 *Satureja* türü (% 28'i endemik), 2 *Thymbra* türü ve 1 *Coridothymus* türü ülkemizin farklı bölgelerinde yayılış göstermektedir (Katar ve Aytaç 2019). Kekik esansiyel yağlarının biyolojik aktivite sergilediği de bilinmektedir (Varlı ve ark. 2020). Kekik içermiş olduğu monoterpenik fenoller (timol, karvakrol vb.) (Baştaş 2007; Katar ve Aytaç 2019) ve γ-terpinen, *p*-simen gibi hidrokarbonlara bağlı olarak güçlü antimikrobiyal aktiviteye sahiptir ve patojen mikroorganizmaların gelişmesini engellemek veya inhibe etmek için kullanılmaktadır (Varlı ve ark. 2020). Tıbbi amaçla kullanılacak kekiğin % 1-2 oranında uçucu yağ, en az % 20 oranında timol ve karvakrol içermesi beklenmektedir. Türkiye'deki kekiklerde bu oran, uçucu yağ için % 2-7, timol ve karvakrol için ise % 85'e kadar çıkmaktadır (Üstü ve Uğurlu 2018). Kekik bitkisinin drog olarak veya farklı yöntemlerle damıtılarak elde edilmiş olan uçucu yağları dünyanın birçok ülkesinde halk hekimliğinde birçok hastalığın (balgam söktürücü, bronkospazmolitik, sekretomotorik, akne ve diğer cilt bozukluklarında, mide salgısını arttırmada, kurt düşürmede, mide ve bağırsak hastalıklarının tedavisinde, gaz söktürücü olarak) tedavisinde kullanılmaktadır (Baştaş 2007; Katar ve Aytaç 2019).

Adi kekik (*Thymus vulgaris* L.) daima yeşil kalan, yarı çalımsı, odunumsu, çok dallanan ve dalları yukarı doğru kalkık durumda olan bitkidir. Kökenine, iklim koşullarına, hasat zamanına, kurutma ve depolamaya göre kekiğin içerdiği uçucu yağ oranı % 0,75-6,3 arasında değişmektedir (Ceylan 1997). *Thymus vulgaris* L. bitkisinin major bileşenleri timol, simen, linalool, limonen ve sineol olarak bildirilmiştir (Thomas ve ark. 2000). Bugün antiseptik etkisinden dolayı gargara şeklinde kullanıldığı gibi öksürük şuruplarında, bronşit, boğmaca ve baş ağrılarında kullanılmaktadır. Karminatif etkisi de mevcuttur. Tıpta geniş ölçüde içerden antiparaziter, dışarıdan antispamotik olarak kullanımı yaygındır (Ceylan 1997).

Limon kekiği (*Thymus citriodorus* L.), Lamiaceae (Labiatae) familyasına ait çok yıllık bir alt çalı şifalı bitkisidir. Güney Avrupa'ya özgü olup, Akdeniz bölgesinde yetiştirilmektedir. *Thymus vulgaris* L. ve *Thymus pulegioides* L. arasında gevşek, dik gövdeli ve tabanlarından dallanmış bir melezdir ve 20-40 cm boyundadır. Sürgünler ve yapraklar yoğun olarak ince tüylerle kaplıdır. Bütün bitki hoş bir limon kokusuna sahiptir. Çay karışımında kullanılan mutfak bitkisi olarak da yetiştirilmektedir. Ayrıca terletici olarak ve bronşit tedavisinde de kullanılmaktadır (Omidbaigi ve ark. 2009). Limon kekiklerinin geraniol bakımından zengin bir uçucu yağ (% 60'a kadar) içerdiği belirtilmektedir. Tanımlanan diğer bileşikler arasında geranil asetat (% 1,0), geranil butirat (% 0,8), nerol (% 2,8) ve sitronellol (% 0,3) bulunmaktadır. Limon kokusu, geranial (% 8,2) ve neral (% 5,5) bileşiklerinden kaynaklanmaktadır. Timol içeriğinin düşük (% 0,5) fakat önemli miktarlarda olduğu bilinmektedir (Stahl-Biskup ve Holthuijzen 1995).

Lamiaceae familyasından önemli bir uçucu yağ bitkisi olan kekiğin, *Origanum* cinsine ait dünyada 41 adet (Varlı ve ark. 2020) ve Türkiye'de 21 adet türü bulunmaktadır (Üstü ve Uğurlu 2018). Esansiyel yağlarının bileşenleri türlere göre farklılık göstermekle birlikte karvakrol ve timol baskın bileşenleridir (Varlı ve ark. 2020). Ayrıca hidroksisinamik asit, hidroksibenzoik asit, rosmarinik asit, apigenin ve luteolin flavonoidleri de bulunmaktadır (Çelik ve Ayran 2020).

İzmir kekiği (*Origanum onites* L.) yarı çalımsı, kökleri 1 cm kadar ulaşabilen esas yayılma yöreleri Yunanistan, Girit ve Güney-Batı Anadolu olan çok yıllık bir bitkidir. İzmir kekiği % 2,1-3,4 oranında uçucu yağ içermektedir ve bu uçucu yağın en önemli kısmını karvakrol oluşturmaktadır. Ayrıca linalool, borneol gibi maddeler de bulunmaktadır (Ceylan 1997). Dikkate değer miktarda karvakrol ve timol içeren uçucu yağı antibakteriyel (Dorman ve Deans 2000), antispazmatik, antiseptik (Zeybek 1985; Souleles 1991; Ceylan 1997; Baytop 1999), antimikrobiyal, sitotoksik, antioksidan ve antifungal aktiviteye sahiptir (Lagouri ve ark. 1993; Sivropoulou ve ark. 1996; Adam ve ark. 1998). Genellikle baharat olarak kullanılmasının yanında kekik yağı adı altında tüketimi de yapılmaktadır (Ceylan 1997).

Mercanköşk (*Origanum majorana* L.) kışları soğuk yörelerde tek, nadiren iki yıllık, Akdeniz Bölgesinde ise çok yıllık yarı çalımsı bir bitkidir. Mercanköşkün kökeninin Doğu Akdeniz Bölgesi olduğu ve Hindistan, Arabistan, Mısır, Kuzey Afrika ve Amerika'ya kadar yayıldığı bilinmektedir (Baştaş 2007). *Origanum majorana* L. bitkisi uçucu yağında yapılan çalışmada terpinen-4-ol (% 31,15), cis-sabinen hidrat (% 15,76), *p*-simen (% 6,83), sabinen (% 6,91), trans-sabinen hidrat (% 3,86) ve α-terpineol (% 3,71) ana bileşenler olarak belirlenmiştir (Raina ve Negi 2012).

Sater (*Satureja hortensis* L.), Lamiaceae familyasına ait olan *Satureja* cinsinde yer alan ve kökleri hariç bitki kısımlarının tamamı çay, baharat ve uçucu yağ elde edilmesinde kullanılan tek yıllık bir endüstri bitkisidir. Birçok *Satureja* türü yöresel olarak "kekik", "sivri kekik", "geyikotu", "zater" (Arapça sater kelimesinden) "sater", "kılıç kekik", "keklik otu", "çatlı" veya "firibu" isimleri ile bilinmektedir (Dinç 2014). *Satureja hortensis* L. ülkemizin özellikle doğu bölgelerinde yayılış göstermekte olup, kültürü ise Edirne, Bursa, Balıkesir, İzmir, Denizli, Eskişehir, Konya ve Kayseri illerinde yapılmaktadır. Ülkemizde bitkinin kültürü yapılan formlarının Bulgaristan orjinli olduğu bildirilmektedir (Katar ve Aytaç 2019).

Satureja hortensis L. bitkisinin uçucu yağlarının yaygın ana bileşenlerinin timol karvakrol, γ-terpinen ve *p*-simen olduğu bildirilmiştir (Katar ve ark. 2017). Sater bitkisi, kramplar, kas ağrıları, mide bulantıları, hazımsızlıklar, ishal ve enfeksiyon hastalıklarının tedavisinde ilaç olarak kullanılmaktadır. Ayrıca sahip olduğu antimikrobiyal etkilerin yanı sıra antispazmotik ve antioksidan etkisi de bulunmaktadır (Katar ve Aytaç 2019).

2.7.2. Tarhun (*Artemisia dracunculus* L.)

Tarhun (*Artemisia dracunculus* L.), Orta ve Güney Rusya'dan Sibirya'ya kadar uzanan sahada, Batı-Kuzey Amerika, hemen hemen bütün Avrupa'da yaygın olan (Ceylan 1997) küçük çalı şeklinde çok yıllık bir bitkidir (Sayyah ve ark. 2004). Balkan ülkelerinde de geniş yayılma alanı vardır ve bugün birçok ülkede kültürü yapılmaktadır (Ceylan 1997). Tarhunun aromatik yaprakları, baharat, salata yapımı ve tarhun sirkesinin hazırlanmasında kullanılmaktadır. Tarhun esansiyel yağının antifungal ve antitümör etkileri bulunmaktadır (Sayyah ve ark. 2004).

Artemisia dracunculus L. bitkisinin uçucu yağlarının analizlendiği bir çalışmada, baskın aroma bileşenleri trans-anethole (% 21,1), α-trans-osimen (% 20,65), limonen (% 12,4), α-pinen (% 5,1), allo osimen (% 4,8), metil eugenol (% 2,2), β-pinen (% 0,8), α-terpinolen (% 0,5), bornil asetat (% 0,5) ve bisiklogermacrene (% 0,5) olarak belirlenmiştir (Sayyah ve ark. 2004).

2.7.3. Reyhan (*Ocimum basilicum* L.)

Güney Asya özellikle Hindistan kökenli olan reyhan (*Ocimum basilicum* L.) tropik ve ılıman bölgelerde yetiştirilmektedir. Bugün daha çok Fransa, İtalya ve İspanya'da kültürü yapılmaktadır. Reyhanın çiçekli dal ve yapraklarının destilasyonu ile uçucu yağ elde edilmektedir. Uçucu yağ oranı % 0,10-0,45 arasında değişmektedir. Bu uçucu yağın en önemli kısmını metilcavucol (astragol) ve linalool oluşturmaktadır (Ceylan 1997). Gıda sanayinde baharat veya uçucu yağı alkolsüz içecekler, fırın ürünleri, şekerlemeler, dondurmalar, sirkeler, et ve çeşni ürünlerinde, ayrıca parfümeri alanında da kullanılmaktadır (Ekren 2009).

2.7.4. Biberiye (*Rosmarinus officinalis* L.)

Biberiye (*Rosmarinus officinalis* L.) Lamiaceae familyasından çok eskiden beri kültürü yapılan ve esas kökeni Akdeniz Bölgesi olan bitkidir. Uçucu yağı % 1-2,5 arasında bulunmakta ve en önemli maddeleri sineol (% 15-30), kafur (% 5-10) ve borneol (% 10-20) ayrıca bornilasetat ve pimenttir (Ceylan 1997). Karnosol, rozmanol, geraniol, pinen, limonen, apigenin, naringenin, luteolin, rosmarinik, vanilik, kafeik asit biberiyede bulunan önemli kimyasal bileşenlerdir. Uçucu yağların yanı sıra biberiyede bulunan polifenolik bileşenler ve siklik diterpen difenoller olarak karnosolik asit, karnosik asit, karnosol, epirosmanol, rosmanol, izorosmanol, rosmarinik asit ve hisperidin sayesinde antioksidan aktivitesi yüksek olmaktadır. Gıdalarda antioksidan ya da doğal koruyucu olarak kullanılmaktadır. Karnosik asit, beyni serbest radikallere karşı koruduğu için Alzheimer hastalığının tedavisinde kullanılabilmektedir. Aynı zamanda biberiye baharat olarak tüketildiğinde de hastalıklara karşı koruyucu etkiye sahip olmaktadır (Çelik ve Ayran 2020). Ayrıca biberiyeden elde edilen uçucu yağ özellikle et ve et ürünlerinde yağlardan ve protein bozunmasından kaynaklı oksidasyonu önlemek için kullanılmaktadır (Çelik ve Ayran 2020).

2.7.5. Lavanta (*Lavandula* spp.)

Lavanta (*Lavandula* spp.) Lamiaceae familyasından çok değerli bir uçucu yağ bitkisidir. Çoğu Akdeniz orijinli olan 39 kadar lavanta türü bulunmaktadır (Karık ve ark. 2017). Türkiye'de farklı lavanta türleri üzerinde çeşitli araştırmalar bulunmakta ve esansiyel yağ bileşenlerinin yüzdesi tür, iklim, genetik özellikler, toplanma ve işlenme şekillerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Varlı ve ark. 2020).

Dünyada ticareti en fazla yapılan 15 uçucu yağdan biri lavantadır. Türkiye'deki lavanta üretiminin yaklaşık olarak % 70-% 80'i Isparta'da yapılmaktadır. Ege Adaları ve kuzeybatı, batı ve güneybatıda (İstanbul, Aydın, Bursa, İzmir ve Muğla yakınlarındaki iller) bol miktarda bulunmaktadır. *Lavandula stoechas* ve *Lavandula angustifolia* başlıca türlerdir (Üstü ve Uğurlu 2019).

Lavanta esansiyel yağının kalitesi linalool ve linalil asetat içeriğine bağlıdır (Varlı ve ark. 2020). İngiliz lavantası olarak adlandırılan lavander çeşitlerinin uçucu yağ kalitesi, melez lavanta olarak adlandırılan lavandin çeşitlerinden daha yüksektir (Karık ve ark. 2017). Diğer bileşikleri arasında borneol, α-terpineol, terpinen-4-ol, lavandulil asetat, limonen, karyofilen, sineol, farnesen ve linalol oksitler bulunmaktadır. Ana bileşik sınıfı oksijenli monoterpenlerden oluşmakta ve büyük oranda monoterpen alkoller bulunmaktadır (Varlı ve ark. 2020).

Lavanta çiçeklerinden elde edilen uçucu yağı özellikle kozmetik sektöründe geniş bir kullanım alanı bulunmaktadır (Varlı ve ark. 2020). Lavanta egzama, sivilce gibi deri hastalıklarına, yanıklara, ülserlere, yüzeysel iltihaplı yaralara karşı etkilidir. Gargarayla ağız içindeki küçük yaraları temizlemekte, sinirleri ve kasılmış kasları gevşetmektedir (Karık ve ark. 2017).

2.7.6. Limon otu (*Lippia citriodora* L.)

Limon otunun (*Lippia citriodora* L.) esas kökeninin Güney Amerika olduğu belirtilmekle birlikte aynı zamanda Batı Hindistan ve Güney Afrika'da da bulunmaktadır. Özellikle sahil kesiminde üretimi yapılan çok yıllık çalı görünümünde olan limon otunun 35 kadar türü vardır. Bitki 1-2 metreye kadar yükselebilmektedir. İnfüzyon halinde midevi, iştah açıcı ve yatıştırıcı olarak kullanılmaktadır (Ceylan

1997). *Lippia citriodora* L. bitkisinin esansiyel yağında sitral (% 20,21), neral (% 14,37), mirsen (% 8,50), geraniol (% 7,45), kariofilen (% 5,45) ve linalool (% 1,59) belirlendiği bildirilmiştir (Kaskoos 2019).

2.7. 7. Nane

Dünyada kültürü yapılan en önemli nane türleri *Mentha piperita* ve *Mentha spicata* olmak üzere, *Mentha arvensis, Mentha pulegium* olarak sıralanabilmektedir (Çelik ve Ayran 2020). Tıbbi nane (*Mentha piperita* L.), özellikle İngiltere ve Kuzey Amerika'da melez olan ve vejetatif olarak üretilen bir bitkidir. Bahçe nanesi (*Mentha spicata* L.), ABD'de geniş miktarda yetiştirilmekte ve bu bitkiden elde edilen etken madde sakız sanayiinde kullanılmaktadır (Ceylan 1997).

Nane yaprağının en önemli maddesi uçucu yağıdır (Ceylan 1997). *Mentha piperita* ve *Mentha arvensis* uçucu yağlarının en önemli bileşenleri mentol ve menton, *Mentha spicata* uçucu yağlarının en önemli bileşeni ise karvondur. Nane uçucu yağında mentol oranı yükseldikçe nane yağının kalitesi de artmaktadır. Nanede uçucu yağ dışında bulunan diğer bir bileşen grubu da flavonoid glikozitleridir (Luteolin-7-o-rutinoside, hesperidin vb.) (Çelik ve Ayran 2020).

Nane bitkisi tıbbi açıdan spazm ve gaz giderici, midevi, serinletici, uyarıcı ve diüretik etkilere sahip olup, baharat ve bitki çayları şeklinde de çok yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Nane yağı ilaç, gıda ve kozmetik sanayiinde geniş bir uygulama alanı olan mentolün en zengin doğal kaynağıdır. Nane yağındaki mentol ve menton bileşenleri sayesinde antioksidan, antiseptik, antimikrobiyal, ferahlatıcı, yatıştırıcı özelliklere sahip olmaktadır (Çelik ve Ayran 2020).

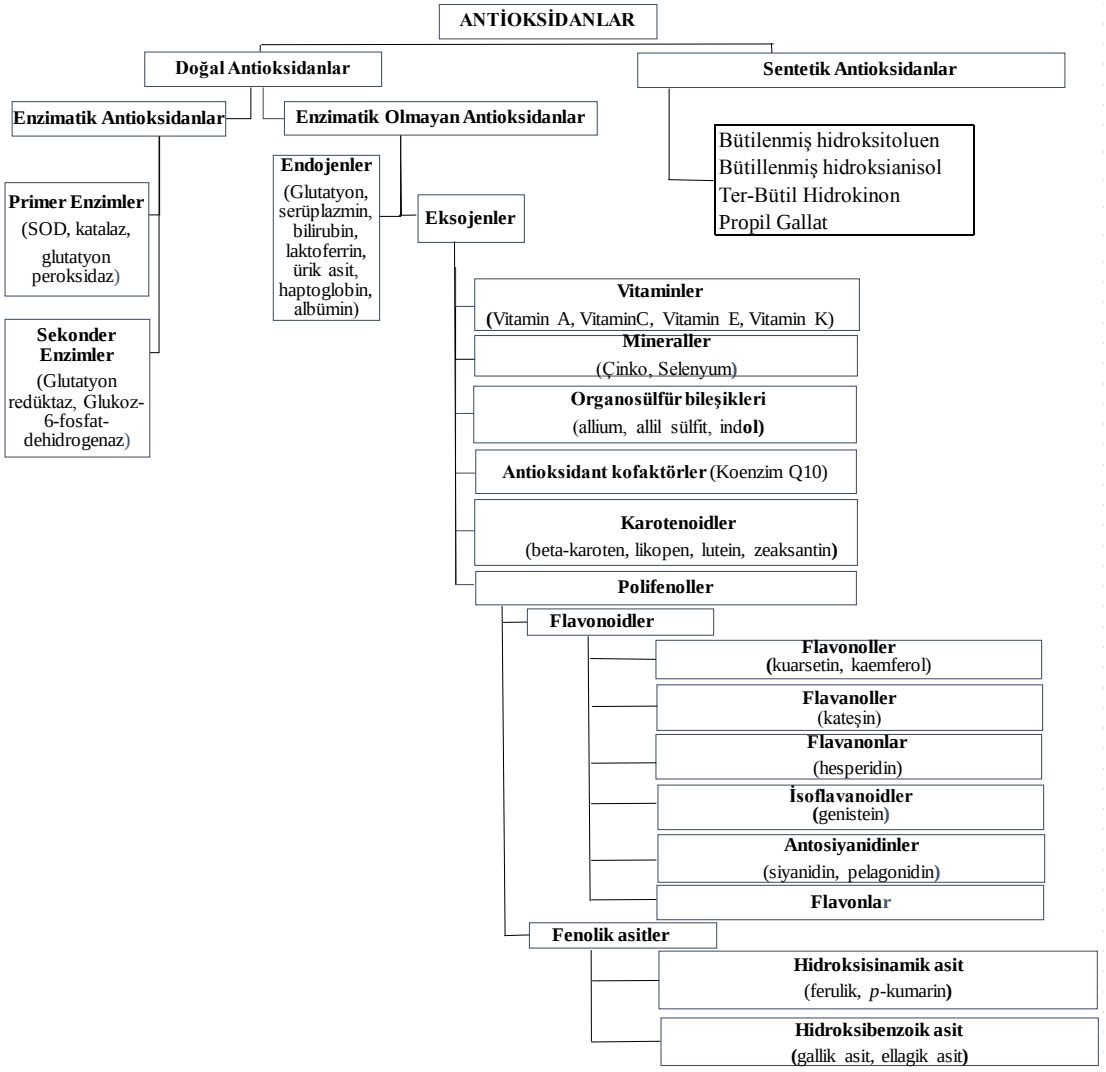
2.9. Antioksidan Kapasite

Antioksidanlar belirgin pozitif indirgeme potansiyeline sahip fizyolojik oksidanların (reaktif oksijen türleri/reaktif nitrojen türleri (ROS/RNS) ve serbest radikalleri (kararsız moleküller veya eşleşmemiş elektronlara sahip iyonlar) kapsayan) neden olduğu oksidatif hücre hasarını önleyebilen veya geciktirebilen, doğal veya sentetik maddelerdir (Apak ve ark. 2016). Antiksidanların sınıflandırılması Şekil 2.7.'de görülmektedir. Çoğu antioksidan bileşik, organizmaya beslenme yoluyla alınmaktadır

(Berker ve ark. 2007). Reaktif oksijen türlerinin (ROS) neden olduğu oksidasyon, yaşlanmada önemli bir rol oynayan hücre zarı parçalanmasına, zar protein hasarına ve DNA mutasyonlarına neden olmakta ve arteriyoskleroz, kanser, diyabet, karaciğer hasarı, iltihaplanma, cilt hasarları, koroner kalp hastalıkları ve artrit gibi birçok hastalığın gelişimine neden olmaktadır (Gupta 2015).

Antioksidan bileşikler, bitkilerin tohumlarında, yapraklarında, çiçeklerinde, köklerinde ve kabuklarında bol miktarda bulunmaktadır. Bitkilerin antioksidan etki mekanizmaları, olgunlaşma süresi, iklim, bitkilerin kullanılan kısımları, hasat ve depolama koşullarına bağlı olmaktadır. Özellikle tıbbi ve aromatik bitkiler içerisinde en yüksek antioksidan aktiviteye sahip bitkiler Lamiaceae familyasında bulunmaktadır. Tıbbi ve aromatik bitkilerin antioksidan aktivitelerinin yüksek olması fenolik bileşiklerce zengin olmasından kaynaklanmaktadır (Çelik ve Ayran 2020).

Olea europea L. meyvesinden elde edilen zeytinyağı, yüksek oranda tekli doymamış yağ asitleri (oleik asit), az miktarda çoklu doymamış yağ asitleri ve fenolik bileşikler, hidrokarbonlar, tokoferoller, karotenoidler, steroller gibi doğal antioksidanlar içermektedir (Pellegrini ve Battino 2010). Sızma zeytinyağında bulunan ana fenolik bileşikler, feniletil alkoller, benzoik ve sinnamik asitler, sekoiridoidler ve lignanlar gibi fenolik asitlerdir (Khemakhem ve ark. 2015). Bu doğal antioksidanlar, yağlı ürünlerde istenmeyen tatların oluşmasından sorumlu olan lipid oksidasyonunu en aza indirmede kilit bir rol oynamaktadır (Garcia-Oliveira ve ark. 2021). Sızma zeytinyağının sağlık üzerindeki etkisinin, hem dengeli lipid profilinden hem de antioksidan aktivite gösteren bileşen içeriğinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Khemakhem ve ark. 2015).



Şekil 2.7. Antioksidanların sınıflandırılması

Antioksidanlar, oksitlenebilir substratlar ile karşılaştırıldığında nispeten düşük konsantrasyonlarda olan, fakat bu substratların oksidasyonunu önemli ölçüde geciktiren veya inhibe eden maddeler olarak tanımlanmaktadır (Apak 2016). Otooksidasyon radikal zincirinin yayılma ve dallanma aşamaları sırasında oluşan peroksi ve oksi serbest radikalleri, antioksidanlar tarafından temizlenmektedir (Belitz 2009). Oksitlenebilir substrat terimi, *in vivo* bulunan her tür molekülü kapsasa da, genellikle lipit, protein ve DNA gibi biyomakromoleküller olarak anlaşılmaktadır (Apak 2017). Antioksidanlar, birincil veya zincir kırıcı antioksidanlar (esas olarak ROS/RNS süpürücü ile hareket etmektedir) ve ikincil veya önleyici antioksidanlar (genellikle geçiş metali iyon şelasyonu ile etki etmektedir) olarak ikiye ayrılmaktadır (Apak ve ark. 2016).

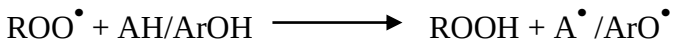
Sabit zamanlı analizlerde toplam antioksidan kapasite, enzimatik olmayan antioksidanların oksidatif dönüşüm verimliliğini (yani, bir antioksidan molekül tarafından atılan veya azaltılan reaktif türlerin moleküler varlıklarının sayısı) ölçerken, antioksidan aktivite reaksiyon kinetiğiyle (bir antioksidanın reaktif türlere göre ne kadar hızlı oksitlendiği) ilgilenmektedir (Apak 2017).

Antioksidan kapasite analizleri, hidrojen atom transfer (HAT) reaksiyonlarına dayalı analizler, tek elektron transfer (ET) reaksiyonlarına dayalı analizler ve kombine analizler (HAT ve ET) olarak sınıflandırılabilmektedir (Capanoglu ve ark. 2017). HAT ve ET tabanlı analizler, bir numunenin önleyici antioksidan kapasitesi yerine radikal veya oksidan temizleme kapasitesini ölçmeyi amaçlamaktadır (Gupta 2015). HAT, bir proton ve bir elektronun (H $^{\bullet}$) bir gruptan diğerine tek bir kinetik adımda uyumlu bir hareketidir (Prior ve ark. 2005), ET potansiyel bir antioksidanın, bir bileşiğin indirgenmesine katılmak için tek bir elektronu transfer etme yeteneğidir (Gülçin 2012).

Literatürde sıklıkla karşılaşılan antioksidan kapasite analizleri şu şekilde gruplandırılabilmektedir. HAT analizleri, oksijen radikal absorbans kapasitesi (ORAC) testi, toplam radikal yakalama antioksidan parametresi (TRAP) testi, toplam oksiradikal yakalama kapasite testi (TOSC), karotenoid (krosin) ağartma (Capanoglu ve ark. 2017) ve β-karoten ağartma testi olarak belirtilebilmektedir (Gupta 2015). ET analizleri ise, Folin-Ciocalteu reaktifi ile toplam fenolik madde analizi, ABTS/TEAC (2,2′-azinobis (3-etilbenzothiazoline-6-sülfonik asit/ Troloks eşdeğeri antioksidan kapasite), FRAP (ferrik iyonu indirgeme antioksidan gücü), DPPH (2,2-difenil-1-picrylhydrazyl), CUPRAC (bakır (II) indirgeyici antioksidan kapasite) olarak sıralanabilmektedir (Apak ve ark. 2016). Kombine analizler genellikle kararlı bir radikal kromoforun ($ABTS^{\bullet+}$ ve $DPPH^{\bullet}$ gibi) veya floroforun antioksidanlar tarafından temizlenmesine dayanmaktadır. Burada HAT, ET ve proton bağlanmış elektron transferi mekanizmaları değişen düzeylerde farklı roller oynayabilmektedir (Apak ve ark. 2016).

HAT tabanlı analizler, bir antioksidanın serbest radikalleri (genellikle peroksil radikalleri) H atomu bağışı ile söndürme kapasitesini ölçmektedir. Peroksil radikalleri, daha yüksek biyolojik ilgileri ve hidroksil ve süperoksit radikallerine kıyasla daha uzun yarı ömürleri nedeniyle bu analizlerde genellikle reaktif tür olarak seçilmektedir. Bir

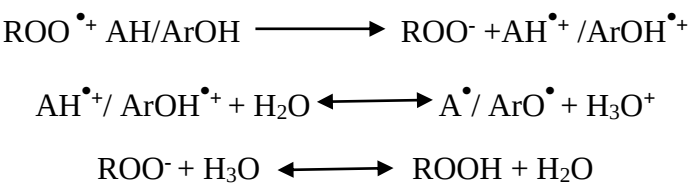
fenolün (Ar-OH) hidrojen atomunun ($H^{\bullet}$) bir $ROO^{\bullet}$ radikaline aktarıldığı HAT antioksidan etki mekanizması, aşağıdaki reaksiyonla özetlenebilmektedir (Şekil 2.8.) (Apak ve ark. 2016).



$$ROO^{\bullet} + AH/ArOH \longrightarrow ROOH + A^{\bullet}/ArO^{\bullet}$$

Şekil 2.8. HAT antioksidan etki mekanizması

Tek elektron transferi tabanlı analizler, bir antioksidanın metal iyonlarını, hidrokarbonları ve radikalleri azaltmak için bir elektron transfer etme kabiliyetini ölçmektedir (Sun ve ark. 2017). Antioksidan etkinin ET mekanizmaları aşağıdaki reaksiyonlarla Şekil 2.9' de özetlenmektedir (Apak ve ark. 2016):



$$ROO^{\bullet +} AH/ArOH \longrightarrow ROO^{-} + AH^{\bullet +}/ArOH^{\bullet +}$$

$$AH^{\bullet +}/ ArOH^{\bullet +} + H_2O \longleftrightarrow A^{\bullet}/ ArO^{\bullet} + H_3O^{+}$$

$$ROO^{-} + H_3O \longleftrightarrow ROOH + H_2O$$

Şekil 2.9. ET antioksidan etki mekanizması

ET tabanlı analizler, reaksiyonun son noktasının göstergesi olarak oksidanla bir redoks reaksiyonunu içermektedir. Aslında, çoğu ET bazlı analizde antioksidan etki, uygun bir redoks potansiyeli probu ile simüle edilir, yani antioksidanlar, peroksil radikalleri yerine floresan veya renkli bir probla (oksitleyici ajan) reaksiyona girmektedir. Spektrofotometrik ET tabanlı testler, indirgendiğinde renk değiştiren bir oksidan indirgenmesinde bir antioksidanın kapasitesini ölçmektedir (Gupta 2015; Sun ve ark. 2017).

Renk değişiminin derecesi (belirli bir dalga boyunda absorbans artışı veya azalması), numunedeki antioksidan konsantrasyonuyla ilişkilidir. ABTS/TEAC (Trolox eşdeğeri antioksidan kapasitesi) ve DPPH renk giderme ölçümlenirken, toplam fenol analizi, FRAP (ferrik indirgeyici antioksidan gücü) ve CUPRAC (bakır indirgeyici antioksidan kapasitesi) önceden belirlenmiş bir dalga boyunda emilimde bir artış ölçümlenmektedir (Gupta 2015).

ET reaksiyonlarının, HAT tabanlı analizlere kıyasla daha yavaş olduğu belirtilmiştir (Apak ve ark. 2016). Antioksidan kapasite analiz metot seçiminin önemli parametrelerinden biri çalışma pH'sıdır. Asidik (FRAP), nötr (CUPRAC) ve alkali (Folin-Ciocalteu metodu) koşullarda çalışan analizler vardır. Antioksidan testinin hem hidrofilik hem de lipofilik antioksidanlara uygulanabilirliği de önemli bir faktördür. ABTS ve CUPRAC testleri hem hidrofilik hem de lipofilik antioksidanları ölçebilirken, bazı yöntemler yalnızca hidrofilik antioksidanları (FRAP ve Folin-Ciocalteu) ölçer ve diğerleri yalnızca hidrofobik sistemlere (DPPH) uygulanabilmektedir (Capanoglu ve ark. 2017).

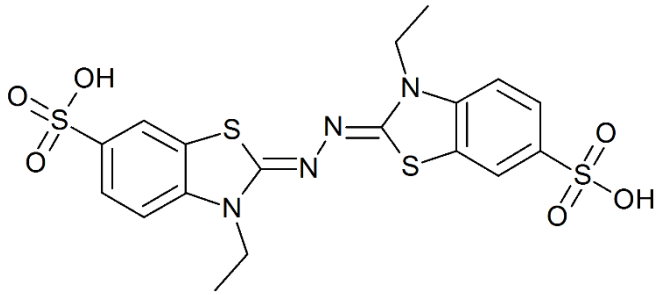
2.9.1. Toplam fenol içerik Folin–Ciocalteu metodu

Folin-Ciocalteu reaktifi, kromojenler oluşturmak için fenoller ve fenolik olmayan indirgeyici maddelerle (vitamin C, aromatik aminler, Cu (I) vb.) reaksiyona giren bir fosfotungstik asit ve fosfomolibdik asit karışımıdır. Alkali koşullarda bu redoks reaksiyonunda oluşan oksotungstat ve oksomolibdat, polifenollerin konsantrasyonu ile orantılı bir mavi renk gösterdiği için, spektrofotometrik olarak tespit edilebilebilmektedir (Lamuela-Raventós 2017).

Folin-Ciocalteu yöntemi, alkali (karbonat) solüsyonundaki fenol bileşiklerinin bir molibdotungstofosfat heteropolianyon reaktifi ile oksidasyonuna dayanmakta ve mavi renkli kompleks oluşumu 765 nm'de spektrofotometrik olarak ölçülmektedir (Sun ve ark. 2017). Standart olarak genellikle gallik asit kullanılmakta ve sonuçlar gallik asit eşdeğeri olarak ifade edilmektedir.

2.9.2. ABTS yöntemi

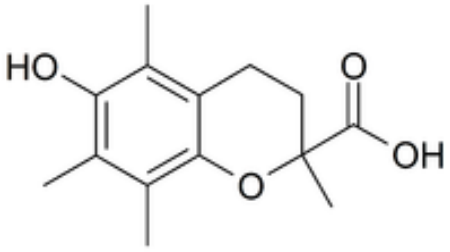
2,2′-azino-bis (3-etilbenzotiyazolin-6 sülfonik asit) kısaltması olan ABTS (Şekil 2.10.), yüksek derecede stabilite ve suda çözünürlüğü içeren fiziksel ve kimyasal özellikleri nedeniyle kinetik çalışmalar için bir peroksidaz substratı olarak kullanılmıştır (Shindler ve Bardsley 1975; Cano ve Arnao 2017).



Şekil 2.10. ABTS molekülünün kimyasal yapısı

Antioksidan kapasiteyi belirlemek için ABTS ilk olarak Trolox eşdeğer antioksidan kapasite (TEAC) analizinde kullanılmıştır. Trolox (6-hidroksi-2,5,7,8-tetrametilkroman-2-karboksilik asit) suda çözünebilen E vitamini analoğudur ve yaygın olarak bir antioksidan standardı olarak kullanılan bileşiktir (Şekil 2.11.). TEAC testi, metmiyoglobin kullanılarak $ABTS^{\bullet+}$ oluşumuna dayanırken, örnekteki antioksidan bileşikler nedeniyle $ABTS^{\bullet+}$ üretiminin inhibisyonu sabit bir zamanda ölçülmektedir (Cano ve Arnao 2017).

ABTS/TEAC analizleri, antioksidan bileşikler tarafından sağlanan hidrojen atomlarını veya elektronları kabul eden kolorimetrik bir prob olarak $ABTS^{\bullet+}$'nın yoğun renklendirilmiş katyon radikallerini kullanır. Antioksidan kapasitesi, analiz bileşiğinin ilk oksidasyonu durdurarak ve $ABTS^{\bullet+}$ üretimini önleyerek veya önceden oluşturulmuş radikal katyonla doğrudan reaksiyona girerek $ABTS^{\bullet+}$ rengini azaltma yeteneği olarak ölçülmektedir. Reaksiyon büyük ölçüde kararlı renkli radikal oluşturmak için kullanılan oksitleyici maddeye bağlı olduğundan, bu analizlerin sonuçları aynı bileşik için bile büyük ölçüde değişebilmektedir (Apak ve ark. 2016).



Şekil 2.11. Troloks molekülünün kimyasal yapısı

ABTS radikal katyonu, hidrojen veren antioksidanların (hem lipofilik hem de hidrofilik bileşikler ve flavonoidler, hidroksisinamatlar ve karotenoidler dahil gıda özütleri) varlığında azalmaktadır (Gupta 2015; Cano ve Arnao 2017). Bu mavi-yeşil radikal katyon 734 nm'de ışığı absorbe etmektedir.

$ABTS^{\bullet+}$ çoğu antioksidana karşı reaktiftir. İyonik kuvvetten etkilenmez ve hem hidrofilik hem de hidrofobik antioksidan kapasitelerini belirlemek için kullanılabilmektedir. Bu reaksiyon sırasında mavi-yeşil ABTS radikal katyonu, renksiz nötr formuna geri dönüştürülmektedir. Reaksiyon, spektrofotometrik olarak ölçümlenmektedir (Gupta 2015; Martysiak-Żurowska ve Wenta 2012). Şekil 2.12.'da, $ABTS^{+}$ 'daki elektron transfer reaksiyonunu göstermektedir (Gupta 2015).

$$ABTS + K_2S_2O_8 \longrightarrow ABTS^{\bullet+}$$
$$ABTS^{\bullet+} + ArOH \longrightarrow ABTS + ArO^{\bullet} + H^{+}$$

Şekil 2.12. $ABTS^{+}$ 'daki elektron transfer reaksiyonu (Gupta, 2015)

2.9.3. Bakır (II) indirgeyici antioksidan kapasite (CUPRAC)

Bakır (II) indirgeyici antioksidan kapasite analizi, kromojenik oksitleyici ajan olarak bakır (II) neokuproin reaktifini kullanmaktadır. Hem hidrofilik hem de lipofilik antioksidanlara uygulanabilmektedir. Gıda maddelerinde yaygın olarak bulunan şekerleri ve sitrik asidi etkilemeden antioksidan bileşikler üzerinde seçici bir etkiye sahiptir ve -SH içeren antioksidanları analiz etme kapasitesine sahiptir. CUPRAC analiz yöntemi, flavonoidler, fenolik asitler, hidroksisinamik asitler, tioller, sentetik antioksidanlar, C vitamini ve E vitamini için basit ve yaygın olarak uygulanabilen bir antioksidan kapasite yöntemidir (Gupta 2015).

Şekil 2.13'de, Cu (II) neokuproin reaktifinin antioksidanla tepkimesi gösterilmektedir. Polifenol, karşılık gelen kinona oksitlenmekte, indirgeme ürünü bis (neokuproin) bakır (I) şelat, 450 nm'de maksimum absorpsiyon göstermektedir (Apak 2017). Gözlenen renk değişimi açık maviden (Cu(II)-Nc katyonuna bağlı olarak) turuncu-sarıya (indirgenmiş Cu(I)-Nc katyonuna bağlı olarak) doğrudur.

Serbest bırakılan protonlar, amonyum asetat ortamında tamponlanmaktadır (Apak 2017; Gupta 2015). CUPRAC reaktifi herhangi bir radikal reaktif içermediği için, sıcaklık, güneş ışığı, pH, nem vb. gibi fiziksel parametrelerden etkilenmemektedir (Gupta 2015).

$$2nCu\,(Nc)_2^{2+} + Ar\,(OH)_n \longrightarrow 2nCu\,(Nc)^{2+} + Ar\,(O)_n + 2Nh^+$$

Şekil 2.13. Cu(II)-neokuproin [Cu(II)-Nc] reaktifinin antioksidanla tepkimesi

CUPRAC yönteminde en yüksek antioksidan kapasiteler sırasıyla epikateşin gallat, rosmarinik asit, epigallokateşin gallat, kersetin, fisetin, epigallokateşin, kateşin, kafeik asit, epikateşin, gallik asit, rutin ve klorojenik asit için gözlenmiştir (Apak ve ark. 2008; Bener ve ark. 2010). Hidroksil gruplarının sayısı ve konumu ile tüm molekülün konjugasyon derecesinin verimli elektron transferi için önemli olduğu bildirilmiştir (Rice-Evans ve ark. 1996; Apak 2017).

2.9.4. Ferrik iyonu indirgeme antioksidan gücü (FRAP)

Ferrik iyonu indirgeme antioksidan gücü (FRAP) analizi, bir örnekteki indirgeyici (elektron veren) antioksidanların birleşik toplam antioksidan kapasitesinin ölçülmesine yönelik nispeten basit, hızlı ve ucuz bir doğrudan yöntemdir (Benzi ve Devaki 2017). FRAP analizi, Fe^{+2} ile renkli bir kompleks oluşturan 2,4,6-tripiridiltriazin (TPTZ) ligand varlığında antioksidanlar tarafından Fe^{+3}'nın Fe^{+2}'ye indirgenmesine dayanmaktadır (Sun ve ark. 2017). Bu antioksidanlar arasında askorbik asit (C vitamini), α-tokoferol (E vitamini), ürik asit, bilirubin, kateşinler ve diğer flavonoidler gibi polifenolik bileşikler bulunmaktadır (Benzie ve Devaki 2017). Şekil 2.14.'de gösterildiği gibi 595 nm'de absorpsiyondaki değişiklik ölçülerek izlenebilmektedir (Gupta 2015; Benzie ve Devaki 2017). Önerilen reaksiyon parametreleri 37 °C'de 4 dakika olmakla birlikte gerektiğinde analiz oda sıcaklığında yapılabilmekte ve reaksiyon süresi de 30 dakikaya uzatılabilmektedir (Benzie ve Devaki 2017).

$$Fe(TPTZ)_2^{+3} + ArOH \longrightarrow Fe(TPTZ)_2^{+2} + ArO^{\bullet} + H^+ \quad (\lambda_{max} = 593)$$

Şekil 2.14. FRAP antioksidan kapasite analizi için reaksiyon şeması

2.10. Biyoerişilebilirlik

Antioksidan bileşiklerin biyolojik etkilerin ortaya çıkması için, biyolojik olarak vücuda alınabiliyor ve kullanılabilir olması gerekmektedir (Seiquer ve ark. 2015). Ancak, antioksidanların *in vivo* koşullarda faaliyetlerinin seviyesi değişmektedir. Değişiklikler, aktif bileşiklerin yapısını değiştiren ve eş zamanlı olarak biyolojik aktivitelerini koruyan veya değiştiren sindirim sistemindeki süreçlerle sıkı bir şekilde bağlantılıdır. (Wojtunik-Kulesza ve ark. 2020). Tipik olarak modeller, ağız boşluğunda, midede, ince bağırsakta ve bazen de kalın bağırsakta sindirimi simüle etmektedir (Seiquer ve ark. 2015; Wojtunik-Kulesza ve ark. 2020). Bu yöntem, mineral biyoerişilebilirliğini ve polifenoller gibi biyoaktif bileşikleri değerlendirmek için ve simüle edilmiş sindirim sürecinden sonra farklı gıdaların antioksidan özelliklerini test etmekte yaygın olarak kullanılmaktadır. Çalışmalar ayrıca, *in vitro* sindirimden sonra kalıntılarda önemli miktarlarda biyoaktif bileşiklerin kalabileceğini göstermiştir (Seiquer ve ark. 2015).

Sindirim mekanizmasını açıklamak ve anlamak için biyoyararlılık ve biyolojik erişilebilirlik tanımları çok önemlidir. Biyoyararlılık, gastrointestinal sindirim, emilim, metabolizma, doku dağılımı ve biyoaktiviteyi içeren geniş kapsamlı bir konudur. Beslenme ile ilgili olarak, biyoyararlanım, depolanan veya fizyolojik işlevlerde bulunan besin fraksiyonunu ifade etmektedir. Biyoaktif bileşiklerin tüm miktarları organizma tarafından etkili bir şekilde kullanılmadığından, beslenme etkinliği için anahtar bir terimdir. Başka bir deyişle, biyoyararlılık, sistemik dolaşıma ulaşan ve nihayetinde kullanılan sindirilen besin veya biyoaktif bileşiğin fraksiyonunu ifade etmektedir (Galanakis 2017).

Biyoyararlanım terimi, sindirim kanalında matriksinden salınan ve emilim için uygun hale gelen bir bileşiğin miktarı olarak tanımlanan biyoerişilebilirliği de içermektedir (Galanakis 2017). Biyoyararlılık çalışmaları *in vivo* olarak gerçekleştirilmekte olup zaman alıcı, maliyetli ve etik kaygılar nedeniyle kısıtlı olarak gerçekleştirilebilmektedir. Bu nedenle, gıda matrisinden salınımlarının ve sindirimin bu bileşikler üzerindeki etkilerini araştırmak için *in vitro* modeller geliştirilerek biyoerişilebilirlik çalışmaları yapılmaktadır. Bu amaçla sindirim sistemi simüle edilmektedir (Carbonell-Capella ve ark. 2014).

Biyoerişilebilirlik çalışmaları, nispeten ucuz ve basit bir teknik olması, çok sayıda numune ile çalışılabilme imkanı, belirli sayıda bileşene odaklanılabilme, spesifik etki mekanizmalarının test edilebilmesi, referans malzeme ile doğrulama ve ayrı ayrı parçalama, absorpsiyon veya taşımanın etkinliğinin belirlenebilmesi gibi avantajları nedeniyle sıklıkla tercih edilmektedir (Carbonell-Capella ve ark. 2014).

İn vitro biyoerişilebilirlik çalışmaları değerlendirilirken, gıda içinde meydana gelen kimyasal ve biyokimyasal reaksiyonlar veya fiziksel kısıtlamalar dikkate alınmalıdır. Polifenollerin biyolojik olarak erişilebilirliğindeki faktörler arasında gıda matrisinden salınmaları, partikül boyutları, glikosilasyonlarıyla ilişkili hidrofilik/lipofilik dengeleri, farklı pH'a bağlı dönüşümler (bozunma, epimerizasyon, hidroliz ve gastrointestinal sistem içinde oksidasyon) ve ayrıca polifenoller ve gıda bileşenleri arasındaki etkileşimlere bağlıdır (Wojtunik-Kulesza ve ark. 2020).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Sızma zeytinyağlarının aromalandırılması amacıyla Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Tıbbi ve Aromatik Bitkiler deneme alanlarında yetiştirilen, *Thymus vulgaris* L. (Adi kekik), *Thymus citriodorus* L. (Limon kekiği), *Origanum onites* L. (İzmir kekiği), *Origanum majorana* L. (Mercanköşk), *Satureja hortensis* L. (Sater), *Artemisia dracunculus* L. (Tarhun), *Ocimum basilicum* L. (Mor reyhan), *Rosmarinus officinalis* L. (Biberiye), *Lavandula angustifolia* L. (Lavanta), *Lippia citriodora* L. (Limon otu), *Mentha piperita* L. (Tıbbi nane) ve *Mentha spicata* L. (Bahçe nanesi) olmak üzere 12 farklı tıbbi ve aromatik bitki kullanılmıştır. Kullanılan bitkiler TGK'daki "Gıdalarda Kullanılabilecek Bitkiler ve Bitkisel Preparatlar Tebliği"ndeki pozitif grup içerisinde yer almaktadır. Bu bitkiler hasat edildikten sonra gölgede kurutulmuş ve % 1 oranında Ayvalık tipi zeytinlerden elde edilmiş organik sızma zeytinyağına ilave edilmiştir. Kontrol grubu olarak içine hiçbir bitki ilave edilmemiş organik zeytinyağı kullanılmıştır. Organik zeytinyağları İlhan Sarı Organik Zeytin Çiftliği'nden temin edilmiştir. Aromalandırılmış zeytinyağları 24 ay boyunca, ağzına kadar dolu siyah cam şişelerde (Şekil 3.1.) hava almayacak şekilde, karanlıkta ve oda sıcaklığında depolanmıştır.

Şekil 3.1. Aromalandırılmış organik sızma zeytinyağı örnekleri

3.2. Yöntem

Aromalandırılmış zeytinyağlarında, serbest yağ asitliği ve peroksit sayısı, toplam fenolik madde, ABTS, CUPRAC ve FRAP metotları ile antioksidan kapasite ve bunların biyoerişilebilirliği, uçucu bileşen profili ve duyusal özellikler belirlenmiştir.

3.2.1. Serbest yağ asitliği

Aromalandırılmış organik sızma zeytinyağı örneklerinde EN ISO 660 göre asitlik belirlenmiştir. 100 mL etanollü dietileter (1:1) üzerine 0,3 mL fenolftalein damlatılır ve 0,1 N etanollü potasyum hidroksit (KOH) ile flu pembe olana kadar titre edilerek nötralizasyon işlemi gerçekleştirilir. 20 g örnek erlene tartılır ve üzerine nötralize edilmiş etanollü dietileter ilave edilir, 0,1 N etanollü KOH ile pembe renk oluşana kadar titre edilir ve sarfiyat kaydedilir.

$$\text{Asit Sayısı} = \frac{56{,}1 \times \text{Sarfiyat} \times \text{Normalite}}{\text{Örnek miktarı}} \qquad (3.1.)$$

$$\text{Oleik asit cinsinden değeri} = \frac{\text{Sarfiyat} \times \text{Normalite} \times 282}{10 \times \text{Örnek miktarı}} \qquad (3.2.)$$

3.2.2. Peroksit sayısı

Aromalandırılmış organik sızma zeytinyağı örneklerinde EN ISO 27107, TGK Zeytinyağı ve Prina Yağı Analiz Metotları Tebliği (2014/53), EN ISO 3690 göre peroksit sayısı belirlenmiştir. 5 g örnek tartılır ve üzerine 10 mL kloroform ilave edilerek hızlıca çalkalanır. Daha sonra üzerine sırasıyla 15 mL gladial asetik asit ve 1 mL potasyum iyodür ilave edilir ve erlenin kapağı kapatılıp 1 dk boyunca çalkalanır. Çalkalama sonunda 5 dk karanlıkta bekletilir ve süre sonunda 75 mL saf su ilave edilir. Hazırlanan örnek 2,5 mL nişasta çözeltisi indikatörlüğünde 0,002 M veya 0,01 M sodyum tiyosülfat ile beyaz renk oluşana kadar titre edilir ve sarfiyat kaydedilir.

$$\text{Peroksit Sayısı} = \frac{1000 \times \text{Sarfiyat} \times \text{Normalite}}{\text{Örnek miktarı}} \qquad (3.3.)$$

3.2.3. Ekstraksiyon

Tıbbi ve aromatik bitkilerle aromalandırılmış organik sızma zeytinyağlarının ekstrakte edilebilir fraksiyonların ekstraksiyonu, Vitali ve ark. (2009) metodu modifiye edilerek gerçekleştirilmiştir. Örneklerden 2 g alınarak üzerine 3 mL hekzan ve 17 mL ekstraksiyon çözeltisi (HCl_{kons}/metanol/su 1:80:10) eklenmiş ve 2 saat 20 °C'de çalkalayıcılı su banyosunda çalkalanmıştır. Süre sonunda 3500 rpm'de 10 dk santrifüj (Sigma 3K30, Germany) edilmiştir. Santrifüj sonunda elde edilen üstteki berrak faz ayrılmıştır. Ekstraksiyon işlemi 4 kez tekrar edilmiştir. Ayrılan üstteki berrak faz analiz yapılacak süreye kadar -18 °C'de saklanmıştır. Ekstrakte edilebilir fraksiyonların ekstraksiyonundan kalan kalıntı ağzı kapaklı pyrex tüplere aktarılıp üzerine 30 mL hidrolize çözeltisi (metanol/H_2SO_{4kons} 10:2) eklenmiş ve 24 saat 85 °C'de çalkalayıcılı su banyosunda çalkalanmıştır. Süre sonunda 3500 rpm'de 10 dk santrifüj (Sigma 3K30, Germany) edilmiştir. Santrifüj sonunda elde edilen berrak üst faz ayrılmış ve analiz yapılıncaya dek -18 °C'de saklanmıştır.

Tıbbi ve aromatik bitkilerle aromalandırılmış organik sızma zeytinyağlarının biyoerişilebilir fraksiyonlarının belirlenmesi Vitali ve ark. (2009) ve Naczk ve Shahidi (2004) metodlarına göre yapılmıştır. Bu amaçla, laboratuvar ortamında yapay mide ve bağırsak ortamı oluşturulmuştur. Aromalandırılmış zeytinyağı örneklerinin bu yapay mide bağırsak sisteminden geçirilmesinden sonra, elde edilen ekstraktlara toplam fenolik madde ve antioksidan kapasite analizleri (ABTS, CUPRAC, FRAP) uygulanmıştır.

3.2.4. Toplam fenolik madde

Elde edilen ekstrakte edilebilir, hidrolize edilebilir ve biyoerişilebilir fraksiyonlar Apak ve ark. (2008)'a göre analiz edilmiştir. Bu amaçla, Folin Ciocalteu çözeltisi kullanılmış ve 750 nm dalga boyunda spektrofotometrik ölçüm gerçekleştirilmiştir.

İlk olarak, 0,1 mol/L NaOH içinde % 2'lik Na_2CO_3 olacak şekilde Lowry A çözeltisi ve % 1'lik $NaKC_4H4O_6$ içinde % 0,5 $CuSO_4$ olacak şekilde Lowry B çözeltisi hazırlanmıştır. Lowry A ve Lowry B çözeltileri 50:1 (v/v) oranında karıştırılarak Lowry C çözeltisi hazırlanmıştır. Deney tüplerine x mL örnek/standart konulmuş,

üzerine (2-x) mL saf su ve 2,5 mL Lowry C çözeltisi ilave edilerek karıştırılmış ve 10 dk beklenmiştir. Süre sonunda 1:3 oranında su ile seyreltilmiş Folin–Ciocalteu reaktifinden 0,25 mL ilave edilerek karıştırılmış ve oda sıcaklığında, karanlıkta 30 dk bekletilmiştir. Süre sonunda örneklerin ve standartların absorbans değerleri 750 nm dalga boyunda okunmuştur. Toplam fenolik maddenin belirlenmesinde standart madde olarak gallik asit kullanılmıştır. Kalibrasyon grafiği için 5-50 mg/L konsantrasyon aralığında gallik asit çözeltileri hazırlanmıştır. Örneklerin toplam fenolik maddenin hesaplanmasında kalibrasyon grafiklerinden yararlanılmış ve sonuçlar mg gallik asit/100 g (mg GAE/100g) olarak ifade edilmiştir.

3.2.5. Antioksidan kapasite

Aromalandırılmış zeytinyağı örneklerinin antioksidan kapasitesinin belirlenmesi amacıyla ABTS (2,2'-azinobis-3-etilbenzotiazolin-6-sülfonik asit), CUPRAC (bakır iyon indirgeme antioksidan kapasitesi) ve FRAP (demir iyonlarını indirgeme antioksidan kapasitesi) metotları olmak üzere 3 farklı tayin yöntemi kullanılmıştır. Örnekler spektrofotometrik olarak analiz edilmiş ve sonuçlar gram ağırlık başına mikromol troloks eşdeğeri olarak (μmol TE /g) hesaplanmıştır (Apak ve ark. 2004).

ABTS metoduna göre (Apak ve ark. 2004), 7mM ABTS çözeltisi hazırlamak için 0,1920 g ABTS tartılmış ve üzerine ayrı bir yerde saf suda çözdürülmüş olan 0,0331 g $K_2S_2O_8$ ile ilave edilerek karıştırılmıştır. Daha sonra çözelti 12-16 saat karanlıkta oda sıcaklığında bekletilmiştir. Elde edilen ABTS stok çözeltisi % 96'lık etanolle 1:10 oranında seyreltilerek analizde kullanmaya hazır ABTS çözeltisi haline getirilmiştir. Her bir örnek için x ml örnek alınıp üzerine (4-x) ml etanol ve 1 ml ABTS eklenerek 6 dk sonunda spektrofotometrede (Optizen3220 UV-Mecasys) 734 nm'de absorbans değeri ölçülmüştür.

CUPRAC metodu (Apak ve ark. 2004) için, 1 mL Cu(II) klorür çözeltisi, 1 mL neokuproin alkoldeki çözeltisi ve 1 mL amonyum asetat çözeltileri karıştırılmıştır. Üzerine x mL ekstrakt ve (1-x) mL saf su ilave edilmiştir. 30 dakika karanlıkta bekletilmiş ve süre sonunda spektorfotometrede (Optizen3220 UV-Mecasys) 450 nm'de absorbans değerleri ölçülmüştür.

FRAP metodu (Benzie and Strain 1996) için, TPTZ (250 mL), $FeCl_3$ (250 mL) ve asetat buffer (62,5 mL) çözeltileri hazırlanarak karıştırılarak FRAP çözeltisi elde edilmektedir. Hazırlanan FRAP çözeltisi, 37 °C'lik su banyosunda ısıtılmaktadır. Analiz tüplerine x mL örnek, (400-x) mL saf su ve 3 mL FRAP çözeltisi ilave edilerek 37 °C'deki su banyosunda 15 dk bekletilmiş ve süre sonunda 595 nm'de absorbans değerleri spektrofotometrik olarak ölçülmüştür.

Tüm antioksidan kapasite analizleri 3 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiş ve ekstraktlar için antioksidan kapasite değeri kalibrasyon denklemi kullanılarak μmol TE/g örnek olarak hesaplanmıştır.

3.2.6. Uçucu bileşen (aroma) profili

Örneklerin uçucu bileşen analizi için; yağın aromasından sorumlu olan bazı uçucu bileşiklerin içeriğine (özellikle aldehitler, alkoller, ketonlar, esterler, hidrokarbonlar ve muhtemel henüz tanımlanamayan diğer uçucu bileşiklerin kompleks karışımı) ve yağın acılık ve yakıcılık özelliğinden sorumlu olan fenolik bileşiklerin (özellikle aglikon (oleuropein ve ligstrositten türeyen), basit fenoller, lignanlar ve tokoferol) kompozisyonu Agillent 7200 Accurate Mass GC-Q TOF- MS (Agilent Technologies, USA) ile belirlenmiştir. Kullanılan cihaz şartları Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Uçucu aroma bileşikleri için cihaz koşulları

GC çalışma şartları	
Kolon	ZB-Wax kapiler kolon (30m x 0.25mm, 0.25 μm; Phenomenex, Germany)
SPME Fiber	PDMS (100 μm), Supelco
Enjeksiyon bloğu sıcaklığı	250 ^{o}C
Enjeksiyon hacmi	1 µL
Enjeksiyon modu	Splitless
Taşıyıcı gaz	He
Gaz akış hızı	1.6 mL/dk
Program süresi	63 dk
Q TOF/MS koşulları	
İyon kaynağı	Elektron iyonizasyon
Elektron enerjisi	70 eV
Kaynak sıcaklığı	250 ^{o}C
Kütle aralığı	20-300 amu
Acq oranı	2.00 spectra/s
Acq hızı	500 ms/spectrum

Uçucu bileşen analizi için, 5 g organik sızma zeytinyağı 20 mL headspace cam viallere alınmış ve PTFE/silikon septa kapak (Agilent, USA) ile kapatılmıştır. Örnekler 45 °C'lik su banyosunda 180 rpm'de 20 dk karıştırılmıştır. Uçucu bileşiklerin ekstraksiyonu için 100 µm polidimetil siloksan (PDMS) fiber kaplı manuel katı faz mikro ekstraksiyon (SPME) (Supelco, Bellafonte, PA, USA) aparatı kullanılmıştır. Fiber, GC-QTOF cihazının enjeksiyon portuna yerleştirilerek 250 °C'de 10 dk boyunca şartlandırılmıştır. Daha sonra, PDMS fiber vial içerisine örneğin 10 mm üzerinde kalacak şekilde yerleştirilmiş ve adsorbsiyonun sağlanması için 45 dk bekletilmiştir. Adsorbe edilen uçucu aroma bileşiklerinin desorpsiyonu için hemen GC-QTOF/MS'in enjeksiyon portuna tanıtılmış ve 250 °C'de 3 dk tutulmuştur. GC fırın sıcaklık programı olarak; 5 dk 45 °C'de, 45 °C'den 180 °C' ye dakikada 3 °C artacak şekilde ve 180 °C'den 240 °C'ye dakikada 20 °C artış kullanılmıştır. Örneklerdeki uçucu bileşiklerin belirlenmesi amacıyla, kütle spektrumu ve alıkonma zamanları NIST (National Institute of Standards and Technology) kütüphanesi verileri ile karşılaştırılmıştır.

3.2.7. Duyusal değerlendirme

Tüm duyusal değerlendirmeler, duyusal kalite kriterlerini içeren tadım formu üzerinde, 1-5 hedonik skalası (5 puan: Çok iyi, 4 Puan: iyi, 3 Puan: Kabul edilebilir, 2 Puan: Yeterli değil, 1 Puan: Kötü) üzerinden yapılmıştır. Duyusal analizde 20 kişi yer almıştır ve yaş aralığı 24-55 arasında değişmiştir. Zeytinyağları; renk, koku, meyvemsilik, zeytinden farklı bir tat, acılık, yakıcılık, keskinlik, tatlılık, bozuk tat ve genel kabul edilebilirlik açısından değerlendirilmiştir (Angerosa 2002; Morales ve ark. 2005). Duyusal analiz için Şekil 3.2' de verilen form kullanılmıştır.

ÖZELLİKLER	801	118	285	324	402	535	580	622	673	782	841	903	966
Renk (*)													
Koku (*)													
Meyvemsilik													
Zeytinden farklı bir tat													
Acılık													
Yakıcılık													
Keskinlik													
Tatlılık													
Bozuk tat (Küflü, rutubetimsi, topraksı, şarabımsı, sirkemsi, asidik-ekşimsi, ransid tat)													
Genel Kabul Edilebilirlik (*)													
Puanlama (*): 5-Çok iyi 4-İyi 3-Kabul edilebilir 2-Yeterli değil 1- Kötü													
Puanlama : 5-Çok Algılanıyor 4-Algılanıyor 3- Orta Algılanıyor 2-Hafif Algılanıyor 1- Algılanmıyor													

Şekil 3.2. Duyusal analiz formu

3.3. İstatistiksel Analiz

Elde edilen veriler, MINITAB yazılımı kullanılarak istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Ortalama değerler arasındaki istatistiki farklı grupların belirlenmesinde LSD testi ($p<0.05$) kullanılmıştır. Aromalandırılmış zeytinyağlarının uçucu aroma profilindeki benzer grupları belirlemek için JMP IN 7.0.0 (Statistical Discovery from SAS Institute Inc., 2007) yazılımında "Hiyerarşik Kümeleme Yöntemi" Ward tekniği kullanılmıştır. Ağaç grafikleri birbirine yakın grupları tanımlamak için oluşturulmuştur. Analizler 3 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Serbest Yağ Asitliği

Farklı tıbbi ve aromatik bitkilerle aromalandırılmış organik sızma zeytinyağlarına ait serbest yağ asitliği analiz sonuçları (oleik asit cinsinden %) Çizelge 4.1'de görülmektedir.

Çizelge 4.1. Aromalandırılmış zeytinyağlarının serbest yağ asitliği ve peroksit sayısı

	Serbest Yağ Asitliği (oleik asit cinsinden %)	**Peroksit Sayısı (meq O_2/kg yağ)**
Kontrol	$0,31 \pm 0,00^{e}$	$19,12 \pm 0,32^{d}$
Origanum onites L.	$0,31 \pm 0,00^{e}$	$20,96 \pm 0,70^{c}$
Origanum majorana L.	$0,51 \pm 0,00^{b}$	$17,97 \pm 0,01^{e}$
Thymus vulgaris L.	$0,28 \pm 0,00^{fg}$	$22,90 \pm 0,63^{ab}$
Thymus citriodorus L.	$0,34 \pm 0,00^{d}$	$23,63 \pm 0,00^{a}$
Satureja hortensis L.	$0,39 \pm 0,00^{c}$	$18,16 \pm 0,32^{de}$
Artemisia dracunculus L.	$0,31 \pm 0,00^{e}$	$21,92 \pm 0,70^{b}$
Ocimum basilicum L.	$0,31 \pm 0,00^{e}$	$17,92 \pm 0,00^{e}$
Rosmarinus officinalis L.	$0,51 \pm 0,00^{b}$	$20,22 \pm 0,38^{c}$
Lavandula angustifolia L.	$1,08 \pm 0,02^{a}$	$18,65 \pm 0,28^{de}$
Lippia citriodora L.	$0,22 \pm 0,00^{h}$	$22,73 \pm 0,37^{ab}$
Mentha piperita L.	$0,27 \pm 0,02^{g}$	$17,99 \pm 0,70^{e}$
Mentha spicata L.	$0,30 \pm 0,02^{ef}$	$18,20 \pm 0,34^{de}$

*Aynı sütun ve değişkenlerde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır (p<0.05).

Organik sızma zeytinyağları elde edildiğinde serbest yağ asitliği % 0,19 olarak saptanmış ve belirtilen tıbbi ve aromatik bitkilerle aromalandırılmıştır. Aromalandırılmış organik sızma zeytinyağı örneklerinde serbest yağ asitliği değerleri oleik asit cinsinden % 0,22 ile % 1,08 arasında değişirken kontrol grubu % 0,31 olarak belirlenmiştir. En yüksek serbest yağ asitliğine sahip zeytinyağı *Lavandula angustifolia* L. ilave edilmiş iken, en düşük serbest yağ asitliğine sahip *Lippia citriodora* L. ilave edilmiş zeytinyağıdır. Resmi Gazetede yayımlanan "Türk Gıda Kodeksi Zeytinyağı ve Pirina Yağı Tebliği"ne göre natürel sızma zeytinyağı, doğrudan tüketime uygun, serbest yağ asitliği oleik asit cinsinden her 100 gramda 0,8 gramdan fazla olmayan yağlar

olarak tanımlanmaktadır (Anonim 2021d). Tebliğe göre çalışmamızda kullandığımız örnekler natürel sızma zeytinyağı tanımına (*Lavandula angustifolia* L. hariç) uygundur. Zeytinyağlarına *Thymus vulgaris* L., *Lippia citriodora* L., *Mentha piperita* L. ve *Mentha spicata* L. ilave edilmesi serbest yağ asitliğinin artmasını engellemiş ve kontrol grubuna göre daha düşük değerler vermiştir. Serbest yağ asitliği bakımından kontrol grubu ile *Origanum onites* L., *Artemisia dracunculus* L., *Ocimum basilicum* L. ve *Mentha spicata* L. ilave edilmiş örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır.

Ayadi ve ark. (2009) limon, kekik, biberiye, reyhan, nane, adaçayı ve lavanta ile aromalandırılmış zeytinyağı örneklerinde bitki ilavesinin serbest yağ asitliğini arttırdığını bildirmişlerdir.

Kurutulmuş *Origanum vulgare* L. ilave edilmiş zeytinyağı örnekleri ile kontrol grubu örneklerinde 3 aylık depolama sonunda, serbest yağ asitliği değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmadığı belirlenmiştir (Sousa ve ark. 2015).

Thymus vulgaris L.ve *Origanum onites* L. ilave edilen zeytinyağı örneklerinde, kontrol örneğine kıyasla serbest yağ asitliğinin daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Clodoveo ve ark. 2016). Çalışmamızda kontrol grubuna göre, *Thymus vulgaris* L. ilave edilen zeytinyağlarının serbest yağ asitliğinin daha düşük olduğu, buna karşın *Origanum onites* L. ilave edilenlerin kontrol grubuna benzer değerler verdiği saptanmıştır. Bu farklılığın bitkilerin yetiştirildiği yer, iklim şartları, bitkinin hasat zamanı ve bitkinin yetiştirilmesi sırasında kullanılan zirai uygulamalardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Benmoussa ve ark. (2017) yaptığı bir çalışmada, zeytinyağına kurutulmuş *Rosmarinus officinalis* L. ilavesi ile konveksiyonel metotla 12 saat sonunda serbest yağ asitliğinin oleik asit cinsinden % 0,31 olduğu tespit edilmiştir. Yapılan başka bir çalışmada, pembe biber ilave edilmiş zeytinyağında depolama süresi ilerledikçe serbest yağ asitliği (% oleik asit cinsinden) artmış ve peroksit sayısı azalmıştır (Fagundes ve ark. 2020).

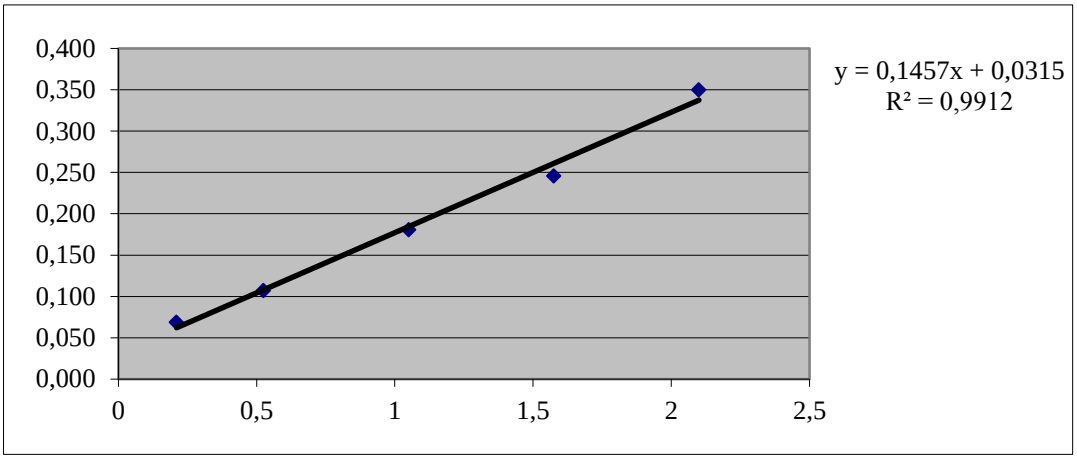
4.2. Peroksit Değeri

Farklı tıbbi ve aromatik bitkilerle aromalandırılmış organik sızma zeytinyağlarına ait peroksit sayısı analiz sonuçları Çizelge 4.1'de görülmektedir. Organik sızma zeytinyağları elde edildiğindeki peroksit sayısı 6,26 meq O_2/kg olarak saptanmış ve belirtilen tıbbi ve aromatik bitkilerle aromalandırılmıştır. Aromalandırılmış organik sızma zeytinyağı örneklerinde peroksit değerleri 17,92 ile 23,63 meq O_2/kg yağ arasında değişmektedir. En yüksek peroksit değerine *Thymus citriodorus* L. ilave edilmiş sızma zeytinyağı sahipken iken, en düşük peroksit değerine *Ocimum basilicum* L. ilave edilmiş sızma zeytinyağı sahiptir. Peroksit değerine göre *Ocimum basilicum* L., *Mentha piperita* L. ve *Origanum majorana* L. ilave edilmiş örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Resmi Gazetede yayımlanan "Türk Gıda Kodeksi Zeytinyağı ve Pirina Yağı Tebliği"ne göre natürel sızma zeytinyağılarının peroksit değeri $\leq$ 20 meq O_2/kg yağ olmalıdır (Anonim 2021d). Kontrol grubu, *Satureja hortensis* L., *Origanum majorana* L., *Ocimum basilicum* L., *Lavandula angustifolia* L., *Mentha piperita* L. ve *Mentha spicata* L. ilave edilmiş zeytinyağı örnekleri belirtilen değerin altında kalmıştır.

Kekik ve biberiye ile aromalandırılmış zeytinyağlarında, kontrole kıyasla peroksit sayısı sırasıyla 4 kat ve 9 kat daha düşük olduğu belirlenmiştir (Antoun ve Tsimidou 1997). Gambacorta ve ark. (2007), farklı konsantrasyonlarda sarımsak, acı biber, kekik ve biberiye eklenmesinin uzun vadede zeytinyağının stabilitesini arttırdığını bildirmişlerdir. Zeytinyağına kurutulmuş *Origanum vulgare* L. ilave edilmiş (2,9 meq O_2/kg) ve kontrol grubuna (4,9 meq O_2/kg) kıyasla peroksit değeri daha düşük bir değer vermiştir (Sousa ve ark. 2015). Zeytinyağına kurutulmuş *Rosmarinus officinalis* L. ilavesi yapılmış bir çalışmada, konveksiyonel metotla 12 saat sonunda peroksit değerinin 2,6 meq O_2/kg yağ olduğu belirlenmiştir (Benmoussa ve ark. 2017). Dıraman ve Hışıl (2010) yaptığı çalışmada ise zeytinyağına biberiye ve nane ilavesinin oksidatif stabiliteyi yükselttiğini bildirilmiştir.

4.3. Toplam Fenol İçeriği

Aromalandırılmış organik sızma zeytinyağlarının ekstrakte ve hidrolize fraksiyonlarının kalibrasyon grafiği Şekil 4.1'de görülmektedir. Aromalandırılmış organik sızma zeytinyağlarının toplam fenol içerikleri ise Çizelge 4.2' de verilmiştir.



Şekil 4.1. Ekstrakte ve hidrolize edilebilir fraksiyonlar için toplam fenol içeriğine ait kalibrasyon grafiği

Çizelge 4.2. Aromalandırılmış organik sızma zeytinyağlarının toplam fenol içeriği (mg GAE/100g)

Toplam Fenolik Madde (mg GAE/100g)			
	Ekstrakte edilebilir fraksiyon	**Hidrolize edilebilir fraksiyon**	**Toplam fenol içeriği**
Kontrol	57,85 ± 5,58^{c}	46,51 ± 5,09^{ab}	104,36 ± 5,34^{c}
Origanum onites L.	69,95 ± 4,02^{b}	48,22 ± 1,06^{a}	118,18 ± 4,15^{b}
Thymus vulgaris L.	65,09 ± 4,82^{b}	41,08 ± 0,92^{bc}	106,18 ± 5,73^{c}
Thymus citriodorus L.	65,59 ± 4,36^{b}	29,20 ± 4,91^{ef}	94,80 ± 9,20^{d}
Satureja hortensis L.	50,93 ± 3,69^{d}	29,46 ± 1,95^{ef}	80,39 ± 5,17^{ef}
Origanum majorana L.	49,98 ± 4,88^{de}	34,60 ± 2,93^{de}	84,58 ± 5,24^{e}
Artemisia dracunculus L.	83,66 ± 1,08^{a}	48,62 ± 1,84^{a}	132,28 ± 1,14^{a}
Ocimum basilicum L.	67,19 ± 1,21^{b}	30,17 ± 7,89^{e}	97,36 ± 8,96^{cd}
Rosmarinus officinalis L.	34,51 ± 2,31^{h}	40,39 ± 6,16^{bcd}	74,89 ± 6,12^{f}
Lavandula angustifolia L.	35,21 ± 3,6^{gh}	15,86 ± 1,37^{g}	51,06 ± 4,76^{h}
Lippia citriodora L.	40,79 ± 1,66^{fg}	23,23 ± 0,60^{f}	64,01 ± 1,67^{g}
Mentha piperita L.	43,99 ± 5,32^{ef}	31,01 ± 3,10^{e}	75,00 ± 5,44^{f}
Mentha spicata L.	81,52 ± 1,65^{a}	39,71 ± 2,49^{cd}	121,24 ± 3,87^{b}

*Aynı sütun ve değişkenlerde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır ($p<0.05$).

Aromalandırılmış organik sızma zeytinyağı örneklerinde ekstrakte edilebilir fraksiyonlarının toplam fenol içerikleri 34,51-83,66 mg GAE/100g arasında değişmektedir. Aromalandırılmış organik sızma zeytinyağı örneklerinde ekstrakte edilebilir fenolik içeriği en yüksek olan örnek *Artemisia drancunculus* L. (83,66 mg GAE/100 g) olarak belirlenmiş, bunu *Mentha spicata* L. (81,52 mg GAE/100 g) ilave edilmiş örnek takip etmiştir. Her iki örnek arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık görülmemiştir. Ekstrakte edilebilir fenolik içeriği en düşük *Rosmarinus officinalis* L. (34,51 mg GAE/100 g) ilave edilmiş örnek olarak tespit edilmiştir. Ekstrakte edilebilir fraksiyonların toplam fenol içerikleri, hidrolize edilebilir fraksiyonlardan daha yüksek (*Rosmarinus officinalis* L. hariç) olarak belirlenmiştir.

Aromalandırılmış organik sızma zeytinyağı örneklerinin hidrolize edilebilir fraksiyonlarının toplam fenol içerikleri 15,86-48,62 mg GAE/100g arasında değişmekte olup en yüksek hidrolize edilebilir toplam fenol içeriğine sahip örnekler *Artemisia drancunculus* L. (48,62 mg GAE/100 g) ve *Origanum onites* L. (48,22 mg GAE/100 g)

ilave edilmiş örnekler olarak belirlenmiştir. Hidrolize edilebilir toplam fenolik içeriği en düşük olan örnek ise *Lavandula angustifolia* L. (15,86 mg GAE/100 g) ilave edilmiş örnek olarak tespit edilmiştir.

Analiz edilen tüm örnekler arasında toplam fenolik içeriği en yüksek olan örnek *Artemisia drancunculus* L. (132,28 mg GAE / 100 g) ilave edilmiş zeytinyağı olurken en düşük olan *Lavandula angustifolia* L. (51,06 mg GAE / 100 g) ilave edilmiş zeytinyağı olarak tespit edilmiştir. *Artemisia dracunculus* L., *Mentha spicata* L. ve *Origanum onites* L. ilave edilmiş örnekler kontrol örneğine kıyasla daha yüksek toplam fenol içeriğine sahiptir. *Thymus vulgaris* L. ve *Ocimum basilicum* L. ilave edilmiş örnekler ile kontrol grubu arasında toplam fenol içerik bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir.

Kekik ve biberiye ile aromalandırılmış zeytinyağlarının toplam fenol içeriği, kontrol numunesine kıyasla sırasıyla 3,5 ve 1,7 kat arttığı gözlemlenmiştir (Damechki ve ark. 2001). Baiano ve ark. (2009) yaptığı çalışmada, sarımsak, limon, kekik, acı biber ve biberiye ile aromalandırılmış zeytinyağlarının 9 aylık depolamadan sonra fenolik içeriklerinde belirgin bir azalma gözlemlemiştir. En yüksek fenolik içerik kontrol örneğinde ve en düşük fenolik içerik ise sarımsak ilaveli yağlarda tespit edilmiştir.

Sousa ve ark. (2015) *Origanum vulgare* L. ilave edilmiş zeytinyağı örneklerinin (293,8 mg kafeik asit equivalent/kg) toplam fenol içeriği, kontrol grubunun (345,7 mg kafeik asit equivalent/kg) aldığı değerlerin altında kalmıştır. Sacchi ve ark. (2017), limon eklediği zeytinyağı örneklerinde toplam fenolik içerikte % 35 azalma olduğunu bildirmiştir. Yapılan başka bir çalışmada ise pembe biber ilave edilmiş zeytinyağı örneklerinde depolama süresince toplam fenolik içeriğin arttığı bildirilmiştir (Fagundes ve ark. 2020).

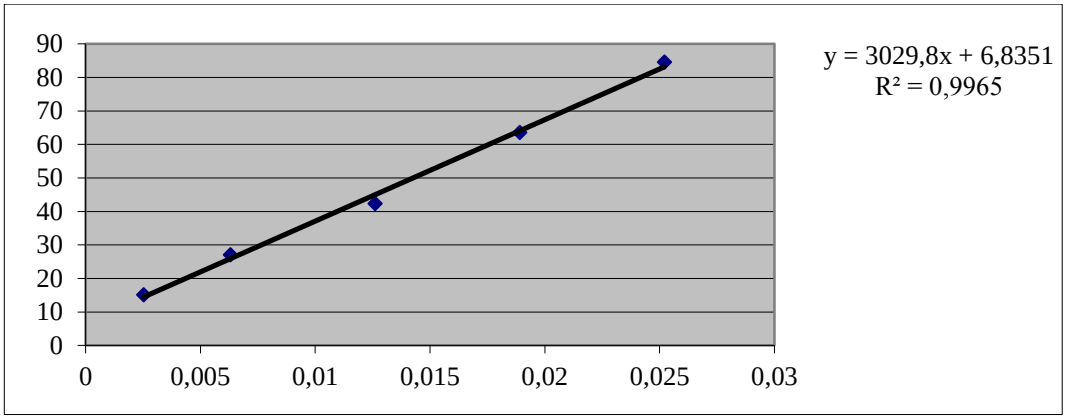
Literatürde belirtilen araştırmalar ile çalışmamızda elde edilen sonuçlar arasında farklılıklar gözlemlenmektedir. Bu farklılıkların kullanılan bitki türleri, bitkilerin yetiştirilme yeri ve koşulları, iklim koşulları, hasat zamanı, kullanılan zeytinyağlarının özellikleri, depolanma süresi ve koşulları ve ekstraksiyon prosedürleri gibi çeşitli faktörlerden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

4.4. Antioksidan Kapasite

Kullanılan tüm antioksidan kapasite yöntemlerinde aromalandırılmış sızma zeytinyağlarının ekstrakte edilebilir fraksiyonların antioksidan kapasiteleri, hidrolize edilebilir fraksiyonlardan daha yüksek olarak belirlenmiştir. Kullanılan yöntemler arasında CUPRAC yöntemi en yüksek sonuçları vermiş ve aromalandırılmış zeytinyağı örnekleri için uygun yöntem olarak belirlenmiştir.

4.4.1. ABTS yöntemi

Farklı tıbbi ve aromatik bitkilerle aromalandırılmış organik sızma zeytinyağlarının farklı fraksiyonlarının antioksidan kapasitesi ABTS yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. ABTS yöntemi için aromalandırılmış organik sızma zeytinyağlarının ekstrakte ve hidrolize fraksiyonlarının kalibrasyon grafiği Şekil 4.2'de verilmiştir. Aromalandırılmış organik sızma zeytinyağlarının ABTS yöntemine ait antioksidan kapasitesi ise Çizelge 4.3' de verilmiştir.



Şekil 4.2. Ekstrakte ve hidrolize edilebilir fraksiyonlar için ABTS yöntemine ait kalibrasyon grafiği

Çizelge 4.3. Aromalandırılmış zeytinyağlarının farklı fraksiyonlarının ABTS metoduna göre antioksidan kapasiteleri

	Antioksidan Kapasite (µmol TE/g)		
	Ekstrakte edilebilir fraksiyon	**Hidrolize edilebilir fraksiyon**	**Toplam Antioksidan kapasite**
Kontrol	$0,37 \pm 0,06^{ab}$	$0,09 \pm 0,01^{ef}$	$0,46 \pm 0,06^{a}$
Origanum onites L.	$0,22 \pm 0,04^{cdef}$	$0,06 \pm 0,01^{ef}$	$0,28 \pm 0,04^{cd}$
Thymus vulgaris L.	$0,23 \pm 0,04^{cde}$	$0,11 \pm 0,02^{cdef}$	$0,34 \pm 0,06^{cd}$
Thymus citriodorus L.	$0,16 \pm 0,03^{fg}$	$0,09 \pm 0,02^{ef}$	$0,26 \pm 0,064^{d}$
Satureja hortensis L.	$0,24 \pm 0,04^{cd}$	$0,09 \pm 0,02^{ef}$	$0,33 \pm 0,05^{cd}$
Origanum majorana L.	$0,41 \pm 0,01^{a}$	$0,06 \pm 0,03^{f}$	$0,46 \pm 0,04^{a}$
Artemisia dracunculus L.	$0,15 \pm 0,06^{g}$	$0,10 \pm 0,01^{def}$	$0,25 \pm 0,06^{d}$
Ocimum basilicum L.	$0,17 \pm 0,01^{efg}$	$0,16 \pm 0,02^{abc}$	$0,33 \pm 0,02^{cd}$
Rosmarinus officinalis L.	$0,34 \pm 0,02^{b}$	$0,11 \pm 0,05^{cde}$	$0,45 \pm 0,07^{a}$
Lavandula angustifolia L.	$0,25 \pm 0,04^{c}$	$0,10 \pm 0,06^{def}$	$0,35 \pm 0,10^{bc}$
Lippia citriodora L.	$0,18 \pm 0,01^{defg}$	$0,17 \pm 0,03^{ab}$	$0,35 \pm 0,03^{bc}$
Mentha piperita L.	$0,18 \pm 0,01^{defg}$	$0,15 \pm 0,04^{bcd}$	$0,33 \pm 0,04^{cd}$
Mentha spicata L.	$0,22 \pm 0,04^{cdef}$	$0,22 \pm 0,04^{a}$	$0,44 \pm 0,06^{ab}$

*Aynı sütun ve değişkenlerde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır ($p<0.05$).

ABTS yöntemi kullanılarak yapılan antioksidan kapasite sonuçlarına göre aromalandırılmış organik sızma zeytinyağlarının toplam antioksidan kapasitesi 0,25 ile 0,46 µmol TE/g arasında değişmektedir. ABTS yöntemi için en yüksek toplam antioksidan kapasite *Origanum majorana* L. (0,46 µmol TE/g) ilave edilmiş örnekte saptanmış olup, kontrol grubu ve *Rosmarinus officinalis* L. ilave edilmiş örnekler onu takip etmiştir. Bu 3 örnek arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir. *Artemisia dracunculus* L. (0,25 µmol TE/g) ilave edilmiş örnek ABTS yöntemi için en düşük toplam antioksidan kapasite değerini vermiştir.

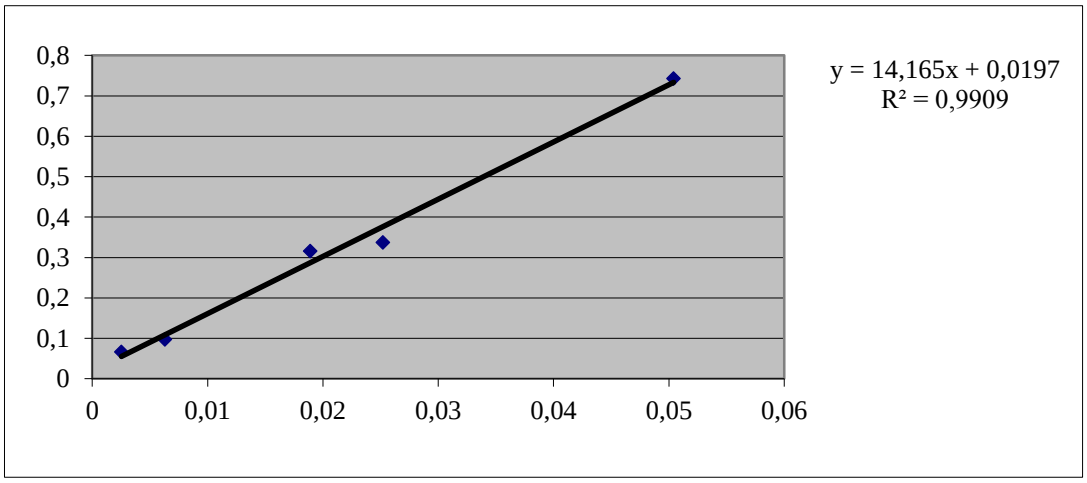
Aromalandırılmış organik sızma zeytinyağı örneklerinde ekstrakte edilebilir fraksiyonlarının antioksidan kapasitesi 0,15 ile 0,41 µmol TE/g arasında değişmektedir. Ekstrakte edilebilir fraksiyonlarda en yüksek antioksidan kapasiteye *Origanum majorana* L. (0,41 µmol TE/g) ilave edilmiş örnek sahip olduğu belirlenirken, *Artemisia dracunculus* L. (0,15 µmol TE/g) ilave edilmiş örnek en düşük sonucu vermiştir.

Aromalandırılmış organik sızma zeytinyağı örneklerinde hidrolize edilebilir fraksiyonlarının antioksidan kapasitesi 0,06 ile 0,22 µmol TE/g arasında değişmektedir. Hidrolize edilebilir fraksiyonlarda en yüksek antioksidan kapasiteye *Mentha spicata* L. (0,22 µmol TE/g) ilave edilmiş örnek sahip olduğu belirlenirken, *Origanum majorana* L. (0,06 µmol TE/g) ilave edilmiş örnek en düşük sonucu vermiştir.

Literatürde, ABTS yöntemi kullanılarak yapılan antioksidan kapasite çalışmasında *Origanum vulgare* L. (293,3 µmol TE/L) ilave edilmiş zeytinyağı örnekleri kontrol grubu örneğine (296,3 µmol TE/L) kıyasla daha düşük antioksidan kapasiteye sahip olduğu belirlenmiş ve bu 2 örnek grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir (Sousa ve ark. 2015). Caponio ve ark. (2016) yaptığı çalışmada, ABTS yöntemine göre kontrol (0,87 mmol TE/kg), reyhan (0,84 mmol TE/kg), biber (0,93 mmol TE/kg), reyhan-biber (1,21 mmol TE/kg) ilave edilmiş zeytinyağı örnekleri değerlendirilmiştir. Biber ve reyhan-biber karışımının zeytinyağlarının antioksidan kapasitesini arttırdığı belirlenmiştir (Caponio ve ark. 2016).

4.4.2. CUPRAC yöntemi

CUPRAC yöntemi için aromalandırılmış organik sızma zeytinyağlarının ekstrakte ve hidrolize fraksiyonlarının kalibrasyon grafiği Şekil 4.3'de verilmiştir. Aromalandırılmış organik sızma zeytinyağlarının CUPRAC yöntemine ait antioksidan kapasitesi ise Çizelge 4.4' de verilmiştir.



Şekil 4.3. Ekstrakte ve hidrolize edilebilir fraksiyonlar için CUPRAC yöntemine ait kalibrasyon grafiği

CUPRAC yöntemi kullanılarak yapılan antioksidan kapasite sonuçlarına göre aromalandırılmış organik sızma zeytinyağlarının toplam antioksidan kapasitesi 4,10 ile 8,16 µmol TE/g arasında değişmektedir. CUPRAC yöntemi için en yüksek toplam antioksidan kapasite *Origanum majorana* L. (8,16 µmol TE/g) ilave edilmiş örnekte saptanmış olup, *Satureja hortensis* L. ilave edilmiş zeytinyağları onu takip etmiştir ve aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir. *Ocimum basilicum* L. (4,10 µmol TE/g) ilave edilmiş örnek CUPRAC yöntemi için en düşük toplam antioksidan kapasite değerini vermiştir.

Çizelge 4.4. Aromalandırılmış zeytinyağlarının farklı fraksiyonlarının CUPRAC metoduna göre antioksidan kapasiteleri

	Antioksidan Kapasite (µmol TE/g)		
	Ekstrakte edilebilir fraksiyon	**Hidrolize edilebilir fraksiyon**	**Toplam Antioksidan kapasite**
Kontrol	$4,80 \pm 0,71^{abc}$	$1,67 \pm 0,09^{c}$	$6,46 \pm 0,63^{b}$
Origanum onites L.	$4,06 \pm 0,14^{cde}$	$1,65 \pm 0,63^{c}$	$5,71 \pm 0,54^{b,c}$
Thymus vulgaris L.	$3,76 \pm 0,48^{cde}$	$1,81 \pm 0,37^{c}$	$5,57 \pm 0,63^{bc}$
Thymus citriodorus L.	$3,66 \pm 1,34^{de}$	$1,99 \pm 0,50^{bc}$	$5,65 \pm 1,79^{bc}$
Satureja hortensis L.	$5,28 \pm 0,35^{ab}$	$2,51 \pm 0,32^{ab}$	$7,79 \pm 0,47^{a}$
Origanum majorana L.	$5,54 \pm 0,82^{a}$	$2,62 \pm 0,54^{a}$	$8,16 \pm 0,33^{a}$
Artemisia dracunculus L.	$3,09 \pm 0,66^{ef}$	$1,98 \pm 0,33^{bc}$	$5,07 \pm 0,80^{cd}$
Ocimum basilicum L.	$2,27 \pm 0,41^{f}$	$1,83 \pm 0,15^{c}$	$4,10 \pm 0,41^{d}$
Rosmarinus officinalis L.	$3,53 \pm 0,27^{de}$	$2,01 \pm 0,34^{abc}$	$5,54 \pm 0,59^{bc}$
Lavandula angustifolia L.	$4,28 \pm 1,12^{bcd}$	$1,69 \pm 0,04^{c}$	$5,97 \pm 1,14^{bc}$
Lippia citriodora L.	$3,86 \pm 0,16^{cde}$	$1,78 \pm 0,39^{c}$	$5,64 \pm 0,42^{bc}$
Mentha piperita L.	$3,85 \pm 0,42^{cde}$	$2,11 \pm 0,31^{abc}$	$5,96 \pm 0,70^{bc}$
Mentha spicata L.	$4,26 \pm 0,31^{bcd}$	$1,83 \pm 0,22^{c}$	$6,09 \pm 0,50^{bc}$

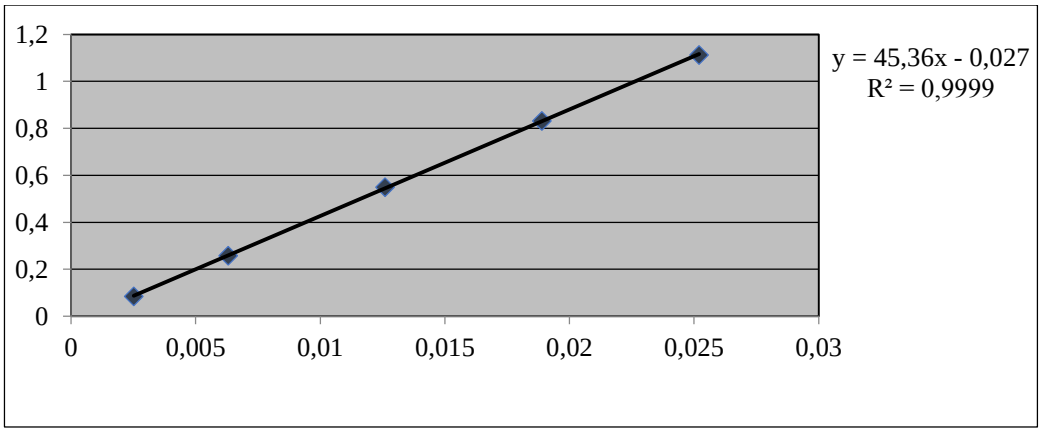
*Aynı sütun ve değişkenlerde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır ($p<0.05$).

Aromalandırılmış organik sızma zeytinyağı örneklerinde ekstrakte edilebilir fraksiyonlarının antioksidan kapasitesi 2,27 ile 5,54 µmol TE/g arasında değişmektedir. Ekstrakte edilebilir fraksiyonlarda en yüksek antioksidan kapasiteye *Origanum majorana* L. (5,54 µmol TE/g) ilave edilmiş örnek sahip olduğu belirlenirken, *Ocimum basilicum* L. (2,27 µmol TE/g) ilave edilmiş örnek en düşük sonucu vermiştir.

Aromalandırılmış organik sızma zeytinyağı örneklerinde hidrolize edilebilir fraksiyonlarının antioksidan kapasitesi 1,65 ile 2,62 µmol TE/g arasında değişmektedir. Hidrolize edilebilir fraksiyonlarda en yüksek antioksidan kapasiteye *Origanum majorana* L. (2,62 µmol TE/g) ilave edilmiş örnek sahip olduğu belirlenirken, *Origanum onites* L. (1,65 µmol TE/g) ilave edilmiş örnek en düşük sonucu vermiştir.

4.4.3. FRAP yöntemi

FRAP yöntemi için aromalandırılmış organik sızma zeytinyağlarının ekstrakte ve hidrolize fraksiyonlarının kalibrasyon grafiği Şekil 4.4'de verilmiştir. Aromalandırılmış organik sızma zeytinyağlarının FRAP yöntemine ait antioksidan kapasitesi ise Çizelge 4.5' de verilmiştir.



Şekil 4.4. Ekstrakte ve hidrolize edilebilir fraksiyonlar için FRAP yöntemine ait kalibrasyon grafiği

Çizelge 4.5. Aromalandırılmış zeytinyağlarının farklı fraksiyonlarının FRAP metoduna göre antioksidan kapasiteleri

	Antioksidan Kapasite (µmol TE/g)		
	Ekstrakte edilebilir fraksiyon	**Hidrolize edilebilir fraksiyon**	**Toplam Antioksidan kapasite**
Kontrol	$2,86 \pm 0,27^{bc}$	$0,80 \pm 0,03^{abcd}$	$3,66 \pm 0,26^{b}$
Origanum onites L.	$3,28 \pm 0,24^{a}$	$0,89 \pm 0,11^{ab}$	$4,17 \pm 0,35^{a}$
Thymus vulgaris L.	$2,67 \pm 0,15^{bcd}$	$0,78 \pm 0,11^{abcd}$	$3,45 \pm 0,19^{bc}$
Thymus citriodorus L.	$2,86 \pm 0,03^{bc}$	$0,71 \pm 0,01^{bcde}$	$3,57 \pm 0,03^{bc}$
Satureja hortensis L.	$2,79 \pm 0,17^{bcd}$	$0,85 \pm 0,08^{abc}$	$3,64 \pm 0,23^{b}$
Origanum majorana L.	$2,55 \pm 0,12^{cd}$	$0,94 \pm 0,04^{a}$	$3,49 \pm 0,15^{bc}$
Artemisia dracunculus L.	$2,55 \pm 0,26^{cd}$	$0,68 \pm 0,13^{cde}$	$3,23 \pm 0,36^{bc}$
Ocimum basilicum L.	$2,60 \pm 0,36^{cd}$	$0,65 \pm 0,12^{de}$	$3,25 \pm 0,26^{bc}$
Rosmarinus officinalis L.	$2,91 \pm 0,38^{abc}$	$0,80 \pm 0,16^{abcd}$	$3,71 \pm 0,22^{ab}$
Lavandula angustifolia L.	$3,04 \pm 0,15^{ab}$	$0,64 \pm 0,06^{de}$	$3,67 \pm 0,20^{b}$
Lippia citriodora L.	$2,38 \pm 0,23^{d}$	$0,71 \pm 0,07^{bcde}$	$3,10 \pm 0,30^{c}$
Mentha piperita L.	$2,92 \pm 0,40^{abc}$	$0,73 \pm 0,20^{bcde}$	$3,65 \pm 0,59^{b}$
Mentha spicata L.	$2,93 \pm 0,12^{abc}$	$0,58 \pm 0,13^{e}$	$3,51 \pm 0,22^{bc}$

*Aynı sütun ve değişkenlerde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır ($p<0.05$).

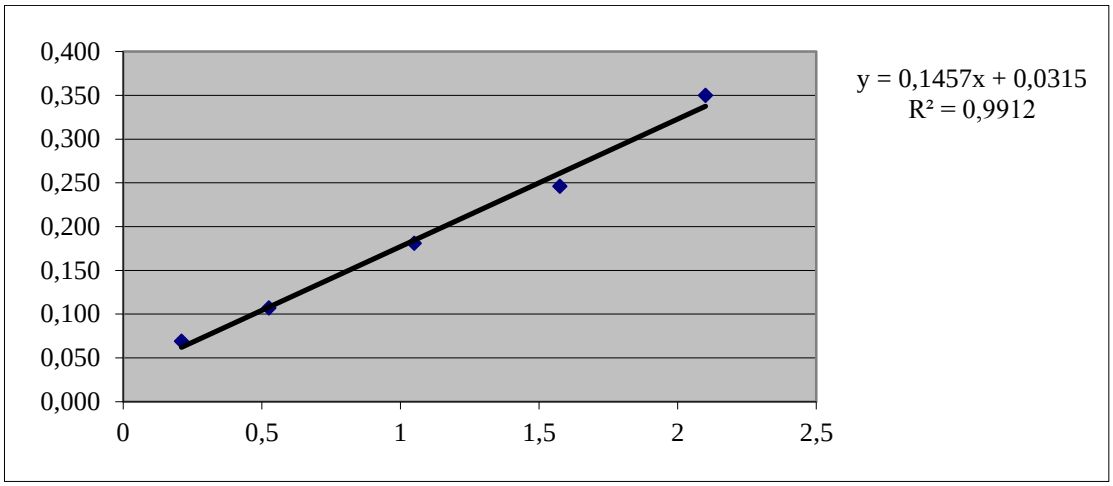
FRAP yöntemi kullanılarak yapılan antioksidan kapasite sonuçlarına göre aromalandırılmış organik sızma zeytinyağlarının toplam antioksidan kapasitesi 3,10 µmol TE/g ile 4,17 µmol TE/g arasında değişmektedir. FRAP yöntemi için en yüksek toplam antioksidan kapasite *Origanum onites* L. (4,17 µmol TE/g) ilave edilmiş örnekte belirlenirken, *Lippia citriodora* L. (3,10 µmol TE/g) ilave edilmiş örnek en düşük sonucu vermiştir.

Aromalandırılmış organik sızma zeytinyağı örneklerinde ekstrakte edilebilir fraksiyonlarının antioksidan kapasitesi 2,38 ile 3,28 µmol TE/g arasında değişmektedir. Ekstrakte edilebilir fraksiyonlarda en yüksek antioksidan kapasiteye *Origanum onites* L. (3,28 µmol TE/g) ilave edilmiş örnek sahip olduğu belirlenirken, *Lippia citriodora* L. (2,38 µmol TE/g) ilave edilmiş örnek en düşük sonucu vermiştir.

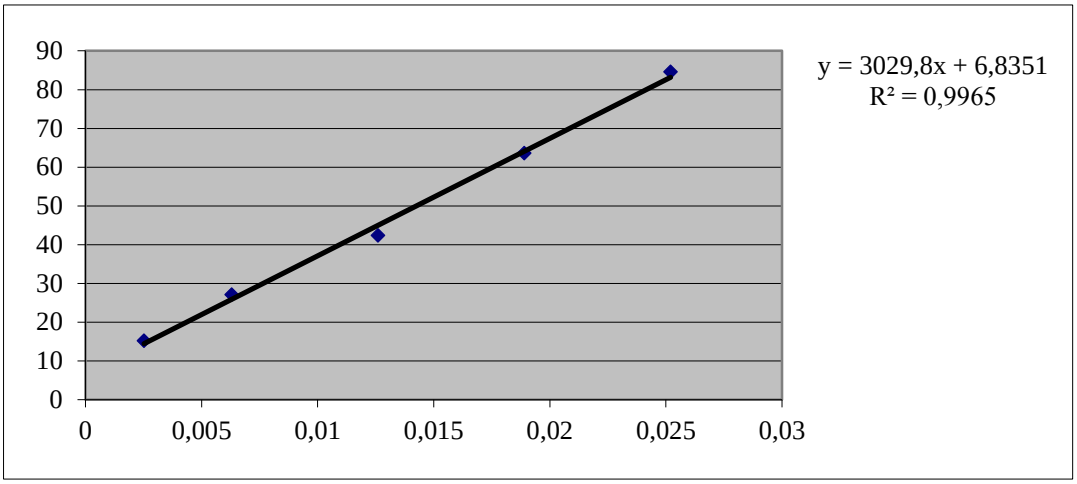
Aromalandırılmış organik sızma zeytinyağı örneklerinde hidrolize edilebilir fraksiyonlarının antioksidan kapasitesi 0,58 ile 0,94 µmol TE/g arasında değişmektedir. Hidrolize edilebilir fraksiyonlarda en yüksek antioksidan kapasiteye *Origanum majorana* L. (0,94 µmol TE/g) ilave edilmiş örnek sahip olduğu belirlenirken, *Mentha spicata* L. (0,58 µmol TE/g) ilave edilmiş örnek en düşük sonucu vermiştir.

4.5. Biyoerişilebilirlik

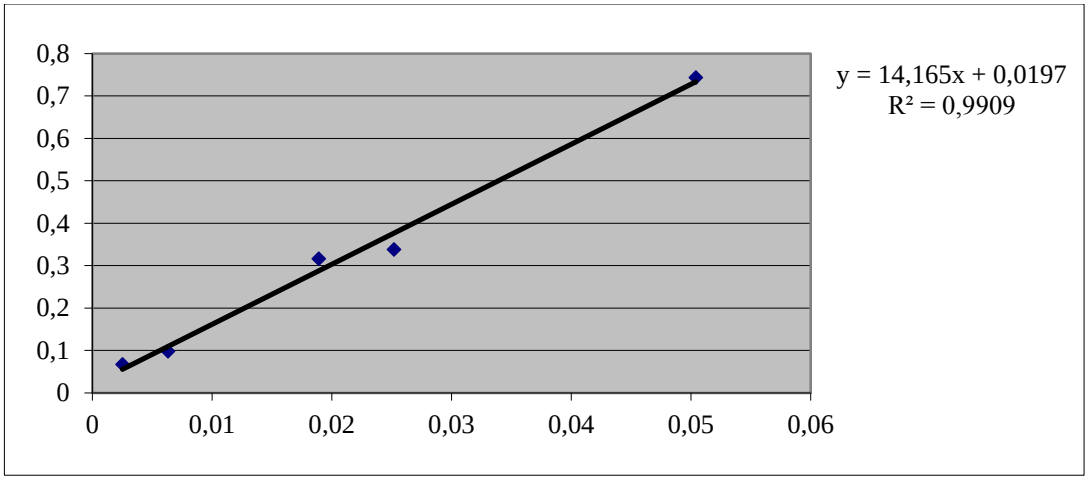
Aromalandırılmış organik sızma zeytinyağlarının toplam fenol içeriğinin biyoerişilebilirliğine ait kalibrasyon grafiği Şekil 4.5'da ve ABTS, CUPRAC, FRAP yöntemlerine göre antioksidan kapasitenin biyoerişilebilirliğine ait kalibrasyon grafikleri Şekil 4.6, 4.7 ve 4.8' de görülmektedir. Toplam fenol içeriklerinin ve antioksidan kapasitelerinin biyoerişilebilirlikleri Çizelge 4.6.'da ve % biyoerişilebilirlikleri ise Şekil 4.9'da verilmiştir.



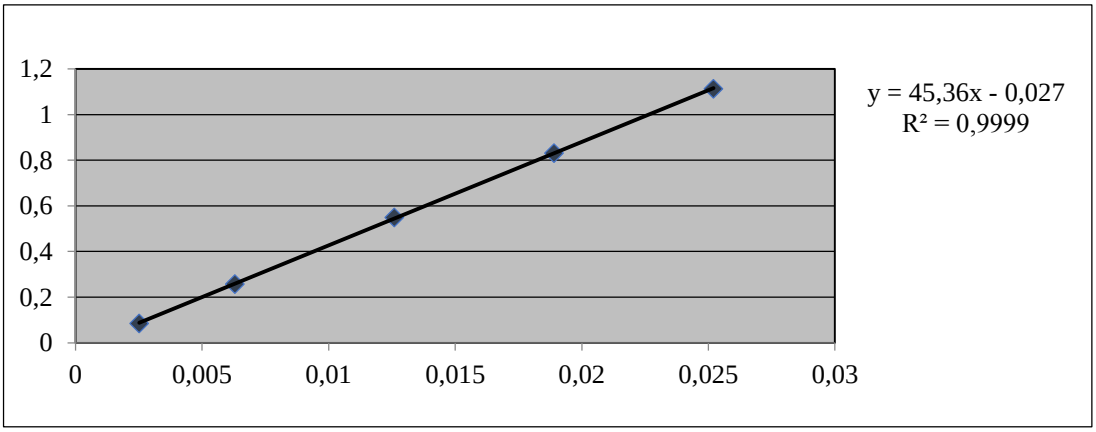
Şekil 4.5. Toplam fenol içeriğinin biyoerişilebilirliğine ait kalibrasyon grafiği



Şekil 4.6. ABTS yönteminin biyoerişilebilirliğine ait kalibrasyon grafiği



Şekil 4.7. CUPRAC yönteminin biyoerişilebilirliğine ait kalibrasyon grafiği



Şekil 4.8. FRAP yönteminin biyoerişilebilirliğine ait kalibrasyon grafiği

Çizelge 4.6. Aromalandırılmış organik sızma zeytinyağlarının antioksidan özelliklerinin biyoerişilebilirlikleri

	Toplam fenol içeriği	Antioksidan kapasite (μmol TE/g)		
	(mg GAE/100g)	ABTS	CUPRAC	FRAP
Kontrol	52,68 ± 10,39^{ab}	0,21 ± 0,02^{def}	5,78 ± 1,00^{a}	1,64 ± 0,22^{c}
Origanum onites L.	35,54 ± 2,00^{def}	0,26 ± 0,04^{bcde}	2,94 ± 0,43^{cd}	1,35 ± 0,24^{c}
Thymus vulgaris L.	48,14 ± 4,19^{bc}	0,24 ± 0,04^{cdef}	2,97 ± 0,79^{cd}	1,30 ± 0,21^{c}
Thymus citriodorus L.	57,71 ± 7,18^{a}	0,19 ± 0,02^{f}	4,92 ± 0,49^{ab}	3,37 ± 0,12^{a}
Satureja hortensis L.	44,08 ± 1,89^{bcd}	0,27 ± 0,03^{bcd}	3,54 ± 0,94^{cd}	1,56 ± 0,49^{c}
Origanum majorana L.	42,63 ± 4,25^{cd}	0,30 ± 0,02^{ab}	1,75 ± 0,60^{e}	1,58 ± 0,38^{c}
Artemisia dracunculus L.	49,45 ± 3,45^{abc}	0,21 ± 0,05^{def}	4,87 ± 1,05^{ab}	2,42 ± 0,17^{b}
Ocimum basilicum L.	38,94 ± 5,01^{de}	0,27 ± 0,02^{bcd}	2,48 ± 0,36^{de}	1,64 ± 0,12^{c}
Rosmarinus officinalis L.	38,06 ± 4,63^{de}	0,34 ± 0,04^{a}	3,09 ± 0,66^{cd}	2,55 ± 0,54^{b}
Lavandula angustifolia L.	29,24 ± 3,81^{fg}	0,21 ± 0,03^{ef}	5,02 ± 0,32^{a}	2,48 ± 0,34^{b}
Lippia citriodora L.	38,29 ± 5,17^{de}	0,27 ± 0,03^{bc}	3,86 ± 0,24^{bc}	2,21 ± 0,13^{b}
Mentha piperita L.	32,12 ± 2,93^{ef}	0,29 ± 0,03^{bc}	3,07 ± 0,78^{cd}	2,58 ± 0,20^{b}
Mentha spicata L.	20,98 ± 4,90^{g}	0,35 ± 0,05^{a}	3,77 ± 0,40^{c}	2,53 ± 0,47^{b}

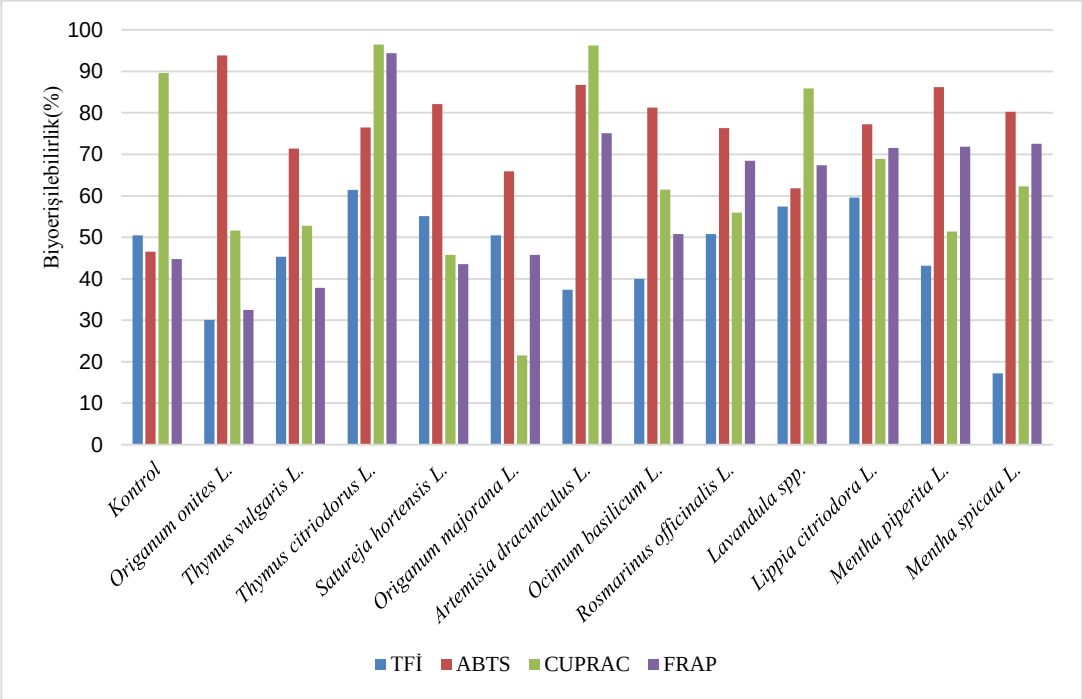
*Aynı sütun ve değişkenlerde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır ($p<0.05$).

Kontrol grubu ve aromalandırılmış organik sızma zeytinyağı örneklerinin toplam fenol içeriklerinin biyoerişilebilirlikleri değerlendirildiğinde, en yüksek değere *Thymus citriodorus* L. (57,71 mg GAE/100g) ilave edilmiş zeytinyağlarının sahip olduğu belirlenirken, *Mentha spicata* L. (20,98 mg GAE/100g) ilave edilmiş örnek en düşük sonucu vermiştir. Analiz edilen örneklerin toplam fenol içeriklerinin % biyoerişilebilirlikleri % 17,23 (*Mentha spicata* L.) ile % 61,41 (*Thymus citriodorus* L.) arasında değişmekte olup ortalama % 46,02 olarak belirlenmiştir.

ABTS yöntemine göre antioksidan kapasitenin biyoerişilebilirliği değerlendirildiğinde, en yüksek değere *Mentha spicata* L. ilave edilmiş örnek olarak belirlenirken, *Thymus citriodorus* L. ilave edilmiş örnek en düşük sonucu vermiştir. % biyoerişilebilirlik açısından antioksidan kapasite incelendiğinde ise % 46,57 (kontrol) ile % 93,82 (*Origanum onites* L.) arasında değişmekte olup ortalama % 75,85 olarak belirlenmiştir.

CUPRAC yöntemine göre antioksidan kapasitenin biyoerişilebilirliği değerlendirildiğinde en yüksek değer kontrol grubunda belirlenirken, *Origanum majorana* L. ilave edilmiş örnek en düşük sonucu vermiştir. Bununla birlikte antioksidan kapasitenin % biyoerişilebilirliği açısından sonuçlar incelendiğinde ise en düşük sonuç % 21,50 ile *Origanum majorana* L. ilave edilen zeytinyağlarında saptanırken en yüksek sonuç ise % 96,23 ile *Artemisia dracunculus* L. ilave edilen zeytinyağlarında belirlenmiştir. CUPRAC yöntemine göre % biyoerişilebilirlik ortalama % 64,61 olarak saptanmıştır.

FRAP yöntemine göre antioksidan kapasitenin biyoerişilebilirliği değerlendirildiğinde ise *Thymus citriodorus* L. ilave edilmiş zeytinyağları en yüksek sonucu verirken en düşük sonuç *Thymus vulgaris* L. ilave edilmiş örnekte belirlenmiştir. FRAP yöntemine göre antioksidan kapasitenin % biyoerişilebilirlikleri % 32,51 (*Origanum onites* L.) ile % 94,22 (*Thymus citriodorus* L.) arasında değişmekte olup ortalama % 59,71 olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.9. Aromalandırılmış organik sızma zeytinyağlarının antioksidatif özelliklerinin % biyoerişilebilirlikleri

Özcan (1999) yaptığı çalışmada, biberiye ile aromalandırılmış zeytinyağı örneklerinin, depolama süresince (12, 16 ve 20 gün hariç) kontrol numunesine kıyasla yüksek antioksidan kapasite gösterdiğini rapor etmiştir. Biberiye, kekik, sarımsak ve acı biber ile aromalandırılmış zeytinyağlarının 7 ay boyunca depolandığı bir çalışmada, zeytinyağları test edilen tüm konsantrasyonlarda antioksidan kapasite göstermiş, birincil oksidasyon ürünlerinin oluşumu engellenmiş ancak asitlik ve ikincil oksidasyon ürünlerinin oluşum eğilimi etkilememiştir. En yüksek antioksidan kapasite kekik ve biberiye ile aromalandırılmış zeytinyağlarında saptanırken, en düşük acı biber ve sarımsak ile zenginleştirilmiş zeytinyağlarında olduğu bildirilmiştir (Gambacorta ve ark. 2007). Timus kekik ve İzmir kekiği ilave edilen zeytinyağlarının, kontrole göre daha yüksek antioksidan kapasite gösterdiği tespit edilmiştir (Clodoveo ve ark. 2016).

4.6. Aroma (Uçucu Bileşen) Profili

Aroma maddelerinin zeytinyağına ilavesi ile birlikte zeytinyağının duyusal özellikleri gelişmekte, ayrıca antioksidan ve prooksidan bileşiklerin eklenmesi ile zeytinyağının stabilitesi üzerinde de etkili olmaktadır. Bu durum, zeytinyağının kalitesini ve raf ömrünü de etkilemektedir. Issaoui ve ark. (2011) yaptığı çalışmada, limon ve kekik özütlerinin kullanımı ile limonen ve karvakrol gibi bazı biyoaktif bileşiklerin zeytinyağına aktarılmasıyla zeytinyağının aromatik özelliklerinin ve besin değerininin değiştirdiğini bildirmişlerdir.

Bu çalışma kapsamında aromalandırılmış organik sızma zeytinyağlarında toplam 169 uçucu bileşen araştırılmıştır. Çizelge 4.7.'de aromalandırılmış organik sızma zeytinyağlarının uçucu aroma profilindeki bileşenler gösterilmektedir ve genel olarak, tüm aromalandırılmış organik sızma zeytinyağı örneklerinde 4-nitrophthalamid, 1-hekzadekanol, 7-hekzadeken,(Z)-, (E)-4,8-dimetil-1,3,7-nonatrien belirlenmiştir. Ayrıca, aromalandırılmış zeytinyağları arasında *Rosmarinus officinalis* L. ilave edilmiş zeytinyağlarının en çok uçucu aroma bileşene sahip olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.7. Aromalandırılmış organik sızma zeytinyağlarında belirlenen uçucu bileşenler

Aldehitler	**Formül**
2-Hekzenal, (E)-	$C_6H_{10}O$
Oktanal	$C_8H_{16}O$
Dodekanal	$C_{12}H_{24}O$
Benzaldehit	C_7H_6O
2-Dekanal	$C_{10}H_{18}O$
Oktenal	$C_8H_{14}O$
4-Hidroksihekz-2-en-1-al	$C_6H_{10}O_2$
Sitral	$C_{10}H_{16}O$
Beta-sitral	$C_{10}H_{16}O$
2-Undekanal	$C_{16}H_{32}O_3$
10-Undekanal	$C_{11}H_{20}O$
2,3-Dimetilbenzaldehit	$C_9H_{10}O$
Asitli bileşikler	**Formül**
Propionik asit	$C_3H_6O_2$
Metil 5-O-metoksimetil-.α,D-ribofuranoside	$C_8H_{16}O_6$
(E)-9-Metil-7-dekenoik asit	$C_{11}H_{20}O_2$
Asetik asit	$C_2H_4O_2$
Pentanoik asit	$C_5H_{10}O_2$
Dekanoik asit	$C_{10}H_{20}O_2$
Ketonlar	**Formül**
(3S)-3-Fenil-2,3-dihidro-1H-isoindol-1-one	$C_{14}H_{11}NO$
2,3-Dimetil-1-[1',2',3'-tris(t-butil)siklopropenil]-2-buten-1-one	$C_{21}H_{36}O$
(-)-(1S,4R,5R)-4-Metil-6,6,7,7-Tetrametil-3-okzabisiklo[3.2.]Heptan-2-one	$C_{11}H_{18}O_2$
8-Okzatrisiklo[2.2.2.(2,6)]oktan-7-one	$C_7H_8O_2$
3,5-Oktadiene-2-one	$C_8H_{12}O$
2-Siklopropilsiklobutanone	$C_7H_{10}O$
(3RS,1'RS)-3-(1',4'-Dimetilsiklohek-3'-enil)-3-metilhek-5-en-2-one	$C_{15}H_{24}O$
L-Menthone	$C_{10}H_{18}O$
Pulegone	$C_{10}H_{16}O$
2,3-Dibromo-1-fenil-1-butanone	$C_{10}H_8B_{r2}O$
2-(Butenil)-2-siklopenten-1-one	$C_9H_{12}O$
Trans-dihidrokarvon	$C_{10}H_{16}O$
Cis-dihidrokarvon	$C_{10}H_{16}O$
3,5-Trans-3-(Metilsulfoniloksi)-5-[(E)-1-pentenil]-4,5-dihidro-2(3H)-furanone	$C_{10}H_{16}O_5S$
(cis)-Oktahidro-3a-metil-2H-inden -2-one	$C_{10}H_{16}O$
(+)-(S)-5-Hidroksimetiloksolan-2-one	$C_5H_8O_3$
D-Karvon	$C_{10}H_{14}$
Kalkon	$C_{15}H_{12}O$
2(3H)-Furanone, 5-etildihidro-	$C_6H_{10}O_2$
1-Fenilbut-1-en-3-one	$C_{10}H_{10}O$

Çizelge 4.7. Aromalandırılmış organik sızma zeytinyağlarında belirlenen uçucu bileşenler (devamı)

Ketonlar	**Formül**
β-Thujone	$C_{10}H_{16}O$
Cis-Asarone	$C_{12}H_{16}O_3$
Alkoller	**Formül**
1-Hekzadekanol	$C_{16}H_{34}O$
1-Nonanol	$C_9H_{20}O$
(S)-(+)-6-Metil-1-oktanol	$C_9H_{20}O$
6-Metilheptan-1-ol	$C_8H_{18}O$
2-(1-Metiletil)-1-fenilbut-3-en-1-ol	$C_{13}H_{18}O$
4-Etil-1-hekzin-3-ol	$C_8H_{14}O$
2-Siklohekzil-1-fenilbut-3-en-1-ol	$C_{16}H_{22}O$
Nerolidol	$C_{15}H_{26}O$
2-Deken-1-ol	$C_{10}H_{20}O$
2-Nonen-1-ol	$C_9H_{18}O$
2-Okten-1-ol	$C_8H_{16}O$
(S)-(+)-3-Metil-4-penten-1-ol	$C_6H_{12}O$
(+,-)-3-Metil-4-pentenol	$C_6H_{12}O$
4-Hekzen-1-ol, (Z)-	$C_6H_{12}O$
4-Hekzen-1-ol, (E)-	$C_6H_{12}O$
3-Hekzen-1-ol	$C_6H_{12}O$
4-Nonen-1-ol, (E)-	$C_9H_{18}O$
(R)-(-)-(Z)-14-Metil-8-hekzadeken-1-ol	$C_{17}H_{34}O$
2-Hekzen-1-ol	$C_6H_{12}O$
Siklohekzanol	$C_6H_{12}O$
2,4-Dekadien-1-ol	$C_{10}H_{18}O$
1-Hekzen-3-ol	$C_6H_{12}O$
1-Okten-3-ol	$C_8H_{16}O$
1-Hepten-3-ol	$C_7H_{14}O$
Terpinen 4-ol	$C_{10}H_{18}O$
Linalool	$C_{10}H_{18}O$
7-Metilbisiklo[3.2.1]oktan-1-ol	$C_9H_{16}O$
Z-β-Ocimenol	$C_{10}H_{18}O$
2,4-Oktadien-1-ol	$C_8H_{14}O$
2,2-Difluoro-1-fenil-3-buten-1-ol	$C_{10}H_{10}F_2O$
1-Fenilpropan-1,2-diol	$C_9H_{12}O_2$
Benzenmetanol	C_7H_8O
5-Metil-4-hekzen-2,3-diol	$C_7H_{14}O_2$
Benzenetanol	$C_8H_{10}O$
Esterler	**Formül**
Brazinil format	$C_{10}H_{18}O_2$
1,3-Propandiol, 2-metil-2-propil-, dikarbamat	$C_9H_{18}N_2O_4$

Çizelge 4.7. Aromalandırılmış organik sızma zeytinyağlarında belirlenen uçucu bileşenler (devamı)

Esterler	**Formül**
Etil (E)-2',2'-difluorohekzadec-13-enoat	$C_{18}H_{32}F_2O_2$
(Z)-3-Hekzenil butenoat	$C_{10}H_{16}O_2$
3-Hekzen-1-ol, propanoat, (Z)-	$C_9H_{16}O_2$
2-Propenoik asit, 2-metilpropil ester	$C_7H_{12}O_2$
2,2-Dimetil-3-hidroksipropil butanoat	$C_9H_{18}O_3$
Metil 5-[3,3-bis(trimetilsilil)oksiran-2-yl]pentanoat	$C_{14}H_{30}O_3Si_2$
Dihidrokarvil asetat	$C_{12}H_{20}O_2$
Benzoik asit, 2-hidroksi-, metil ester	$C_8H_8O_3$
Hidrokarbonlar	**Formül**
2-(1-Metil-1H-2-pirol)kinolin	$C_{14}H_{12}N_2$
N-decylpyrrole	$C_{14}H_{25}N$
3-Metil-N-(4-piridil)indol	$C_{14}H_{12}N_2$
α-Thujene	$C_{10}H_{16}$
β-Thujene	$C_{10}H_{16}$
1-Trifluorometil-1-hidroksi-siklohekzan	$C_7H_{11}F_3O$
(+)-Grandisol	$C_{10}H_{18}O$
Ekzoisokampen	$C_{10}H_{18}$
Siklopropan, 1,1-dimetil-2-allil-	C_8H_{14}
7-Anti[(exo)-Bisiklo[2.1.]Pent-5-yl]-2,3-diazabisiklo[2.2.1]hept-2-ene	$C_{10}H_{14}N_2$
1,5-Heptadien-4-one, 3,3,6-trimetil-	$C_{10}H_{16}O$
β-Mirsen	$C_{10}H_{16}$
Sabinen	$C_{10}H_{16}$
2-β-Pinen	$C_{10}H_{16}$
α-Pinen, (-)-	$C_{10}H_{16}$
Terpinolin	$C_{10}H_{16}$
γ-Terpinen	$C_{10}H_{16}$
Kamfen	$C_{10}H_{16}$
DL-Limonen	$C_{10}H_{16}$
α-(Hidroksimetil)metilenesiklobutan	$C_6H_{10}O$
α-Fenchene	$C_{10}H_{16}$
L-Felandren	$C_{10}H_{16}$
β-Kariofilen(trans-[[1r-(1r*,4e,9s*)]-4,11,11-trimetil-8-metilene...	$C_{15}H_{24}$
Delta.3-karen	$C_{10}H_{16}$
7-Hekzadeken, (z)-	$C_{16}H_{32}$
3-Heptanone, 5-metil-	$C_8H_{16}O$
β-Osimen-x	$C_{10}H_{16}$
Para-Simen	$C_{10}H_{16}$
Benzen, 1-metil-2-(1-metiletil)-	$C_{10}H_{14}$
α-Terpinen	$C_{10}H_{16}$
(E)-4,8-Dimetil-1,3,7-nonatrien	$C_{11}H_{18}$

Çizelge 4.7. Aromalandırılmış organik sızma zeytinyağlarında belirlenen uçucu bileşenler (devamı)

Hidrokarbonlar	**Formül**
Siklopropan, (1-metiletenil)-	C_6H_{10}
1-Penten, 3-metil-	C_6H_{12}
1-Pentanol, 3-metil-	$C_6H_{14}O$
2-Kloro-2-metil-2-heptan	$C_8H_{17}Cl$
Beta-cis-osimen	$C_{10}H_{16}$
(E)-1-((1'S,2'S)-Trans-metilsiklopentil)-2-bütiletilen	$C_{12}H_{22}$
1-(1'-Etil)-3,3-dimetilsiklopropen	C_7H_{24}
1H-Indene, 2,3-dihidro-1-metil-	$C_{10}H_{12}$
(E)-2-Pheny-2-buten	$C_{10}H_{12}$
E-1-Fenilbuteten	$C_{10}H_{12}$
Benzen, 1,4-dietil-	$C_{10}H_{14}$
(E)-3-(3-Nitroallil)siklohekzen	$C_9H_{13}NO_2$
(1α,5α,6α,7β)-6,7-(e,e)-Dipropenil-3-okzabisiklo[3.2....	$C_{12}H_{18}O$
1-Propil-1-siklohekzen	C_9H_{16}
1-Asetil-3-(1-hidroksietil)bisiklo[1.1.1]pentan	$C_9H_{14}O_2$
α-Copaene	$C_{15}H_{24}$
Formik asit hidrazid	CH_4N_2O
Kamfor	$C_{10}H_{16}O$
(E)-3-(Tolylmetilsulfinil)propen	$C_{11}H_{14}OS$
4-Nitrophthalamid	$C_8H_7N_3O_4$
β-Felandren	$C_{10}H_{16}$
1-Hekzanol, 3,5,5-trimetil-	$C_9H_{20}O$
Tert-bütilmetil eter	$C_5H_{12}O$
Trans-α-bergamotene	$C_{15}H_{24}$
Metan, sulfinilbis-	C_2H_6OS
2-Bromo-3-nitronaftalin	$C_{10}H_6BrNO_2$
4-İsopropenil-piridin	C_8H_9N
2-İsopropil-5-metil-1-metoksibenzen	$C_{11}H_{16}O$
1-Metil-2-(γ-hidroksi)propilasetilen	$C_6H_{10}O$
N-Formil-N-trimetilsililmetilaniline	$C_{11}H_{17}NOSi$
Bisiklo[3.1.1]hept-3-en-2-one, 4,6,6-trimetil-	$C_{10}H_{14}O$
(1R,2R)-1-Metanol-2-asetonitrile-4-siklohekzen	$C_9H_{13}NO$
(9Z,15Z)-6,7:12,13-Bisepoxyhenicosa-9,15,2-trien	$C_{21}H_{34}O_2$
N-Benzilindol	$C_{15}H_{13}N$
Nerol	$C_{10}H_{18}O$
1,2-Etanediol, 1,2-difenil-	$C_{14}H_{14}O_2$
Fenol, 2-metil-	C_7H_8O
Cis-1-Formilbisiklo[3.3.]Okt-3-ene	$C_9H_{12}O$
Benzen, metil-	C_7H_8
Metil isoeugenol	$C_{11}H_{14}O_2$

Çizelge 4.7. Aromalandırılmış organik sızma zeytinyağlarında belirlenen uçucu bileşenler (devamı)

Hidrokarbonlar	**Formül**
2H-1-Benzopiran	C_9H_8O
Cis-İsoeugenol	$C_{10}H_{12}O_2$
Fenol, 3-etil-	$C_8H_{10}O$
Fenol, 4-etil-	$C_8H_{10}O$
Timol	$C_{10}H_{14}O$
Fenol, 5-metil-2-(1-metiletil)-	$C_{10}H_{14}O$
Furanlar	**Formül**
2-Metoksimetilfuran	$C_6H_8O_2$
Furan, 3-pentil-	$C_9H_{14}O$
4-Propil-2,3-dihidrofuran	$C_7H_{12}O$
3-Metilbenzo[b]furan	C_9H_8O
4,5-Dimetoksibenzo[b]furan	$C_{10}H_{10}O_3$

Kontrol grubunda 24 adet uçucu bileşen tespit edilmiş ve aroma profili % dağılımında en yüksek 2-dekanal (% 15,56) iken, onu 1-hekzadekanol (% 13,94), 4-hekzen-1-ol, (Z) (% 9,40), (E)-4,8-dimetil-1,3,7-nonatrien (% 7,94), 4-nonen-1-ol, (E) (% 7,44), 3,5-trans-3-(metilsülfoniloksi)-5-[(E)-1-pentenil]-4,5-dihidro-2(3H)-furanone (% 4,99) ve 2-hekzen-1-ol (% 4,06) takip etmiştir. Kontrol grubu için uçucu aroma profilinde en düşük konsantrasyona 2-nonen-1-ol (% 0,32) bileşiğinin sahip olduğu belirlenmiştir.

Origanum onites L. ilave edilmiş zeytinyağlarında 30 uçucu aroma bileşeni tespit edilmiştir. Uçucu aroma profili % dağılımı incelendiğinde % 19,82 ile en yüksek timol saptanırken, onu % 7,87 ile γ-terpinen, % 7,51 ile 2,4-oktadien-1-ol, % 7,19 *p*-simen ve % 7,10 ile 1-hekzadekanol takip etmiştir. Belirlenen bileşikler içinde en düşük konsantrasyon % 0,56 ile terpinolin olmuştur. Tonk ve ark. (2010) *Origanum onites* L. uçucu yağının tipik aroma bileşenlerinin karvakrol ve timol olduğu bildirilmiş ve minör bileşenleri olarakta γ-terpinen, *p*-simen, linalool, terpinen-4-ol ve sabinen hidrat olarak rapor etmiştir (Kokkini 1997). Ayrıca, *Origanum onites* L.'nin karvakrol içeriğinin % 72,25- 89,22 arasında bulunduğu ifade edilmiştir (Economou ve ark. 2011).

Çalışmamızda, *Origanum majorana* L. ilave edilmiş örnekte 33 uçucu bileşen saptanmıştır. Bu bileşenlerden en yüksek konsantrasyonda terpinen-4-ol (% 12,88) tespit edilirken, onu sırasıyla *p*-simen (% 11,91) ve 1-hekzadekanol (% 10,60) izlemektedir. Belirlenen bileşikler arasında en düşük konsantrasyon 1-fenilbut-1-en-3-

one (% 0,30)'de belirlenmiştir. *Origanum majorana* L. bitkisi uçucu yağında yapılan çalışmada terpinen-4-ol (% 31,15), cis-sabinen hidrat (% 15,76), p-simen (% 6,83), sabinen (% 6,91), trans-sabinen hidrat (% 3,86) ve α-terpineol (% 3,71) ana bileşenler olarak belirlenmiştir (Raina ve Negi 2012). Başka bir çalışmada ise, *Origanum majorana* L. bitkisi hidrodistilasyon ile ekstrakte edilip aroma profili incelenmiş ve 33 aroma bileşeni arasında cis-sabinen hidrat ve terpinen-4-ol major bileşenler olarak tespit edilmiştir (Calín-Sánchez ve ark. 2015).

Issaoui ve ark. (2016) oregano türlerinin aromatik ekstraktının ilave edildiği zeytinyağlarının uçucu aroma profilini belirlemişlerdir. Oregano türü ilave edilmiş edilmiş zeytinyağlarında yaklaşık 27 bileşik tanımlamış ve ana bileşenler olarak 1,8-sineol (% 36,1), *p*-simen (% 15,6), α-pinen (% 6,9) ve β-pinen (% 6,3) belirlemiştir.

Thymus vulgaris L. ilave edilmiş zeytinyağlarında 26 uçucu bileşen tespit edilmiş olup uçucu bileşen % dağılımında en yüksek, 1-hekzadekanol (% 17,86) ve en düşük benzen,1-metil-2-(1-metiletil) (% 0,35) olarak belirlenmiştir. Timol bileşiğinin dağılımı % 2,46 olarak tespit edilmiştir. *Thymus vulgaris* L. bitkisinin major bileşenleri timol, simen, linalool, limonen ve sineol olarak bildirilmiştir (Thomas ve ark. 2000). *Thymus vulgaris* L. esansiyel yağında yapılan bir çalışamada ana aroma bileşenleri timol (% 46,2), γ-terpinen (% 14,1), *p*-simen (% 9,9), linalool (% 4), mirsen (% 3,5), α-pinen (% 3,0) ve α-thujene (% 2,8) olarak belirlenmiştir (Ozcan ve Chalchat 2004).

Thymus citriodorus L. ilave edilmiş örneklerde 28 uçucu bileşen belirlenmiştir. Örnekler % uçucu bileşen açısından değerlendirildiğinde, % 12,72 ile en yüksek konsantrasyon beta-sitral'de saptanırken onu, sırasıyla 1-hekzadekanol (% 11,36), sitral (% 8,05), nerol (% 7,24) ve 4-hekzen-1-ol, (E)- (% 7,20) takip etmiştir. *Thymus citriodorus* L. ilave edilmiş zeytinyağlarında belirlenen bileşiklerden 2,3-dimetilbenzaldehitin % 0,40 ile en düşük konsantrasyonda olduğu belirlenmiştir. *Thymus citriodorus* L. uçucu yağının incelendiği bir çalışmada, geraniyol (% 54,4), geraniyal (% 13,9), neral (% 10,1), nerol (% 5,2), 3-oktanon (% 3,3) ve borneol (% 3,2) tespit edilen aroma bileşenleri olduğu rapor edilmiştir (Omidbaigi ve ark. 2005).

Yapılan başka bir çalışmada ise *Thymus citriodorus* L.'nin, geraniyol bakımından zengin (% 60'a kadar) uçucu bir yağ içerdiği ve tanımlanan diğer bileşikler arasında geranil asetat (% 1,0), geranil bütirat (% 0,8) nerol (% 2,8) ve sitronellol (% 0,3) bulunduğu ifade edilmiştir. Limon kokusu, % 8,2 geranial ve % 5,5 neralden kaynaklanmaktadır. Timol içeriği % 0,5 olarak bulunmuştur (Stahl-Biskup ve Holthuijzen 1995). Çalışmamızda *Thymus citriodorus* L.'nin baskın aroma bileşenlerinden nerol % 7,24 oranında tespit edilmiştir.

Thyme türlerinin kullanılararak aromalandırılan zeytinyağlarında, uçucu aroma bileşenlerinin % 40'tan fazlasını *p*-simen ve kayda değer miktarlarda diğer monoterpenler, örneğin γ-terpinen (% 17,9), timol (% 8,3) ve linalool (% 4,2) oluşturduğu bildirilmiştir (Issaoui ve ark. 2016).

Satureja hortensis L. ilave edilmiş zeytinyağlarında 29 uçucu bileşen tespit edilmiş olup en yüksek *p*-simen (% 13,70) belirlenirken, onu takiben sırasıyla timol (% 12,37), 1-hekzadekanol (% 11,36) ve γ-terpinen (% 9,63) gelmektedir. Belirlenen uçucu bileşenlerden en düşük değerlere 2-siklopropilsiklobutanone (% 0,33) ve (1R,2R)-metanol-2-asetonitrile-4-siklohekzen (% 0,33) sahiptir. *Satureja hortensis* L. bitkisinin uçucu yağlarının yaygın ana bileşenlerinin timol ve karvakrol, γ-terpinen ve *p*-simen olduğu rapor edilmiştir (Katar ve ark. 2017).

Artemisia dracunculus L. bitkisinin uçucu yağlarının analizlendiği bir çalışmada baskın aroma bileşenleri trans-anethole (% 21,1), α-trans-osimen (% 20,65), limonen (% 12,4), α-pinen (% 5,1), allo osimen (% 4,8), metil eugenol (% 2,2), β-pinen (% 0,8), α-terpinolen (% 0,5), bornil asetat (% 0,5) ve bisiklogermacrene (% 0,5) olarak belirlenmiştir (Sayyah ve ark. 2004). Çalışmamızda, *Artemisia dracunculus* L. ilave edilmiş zeytinyağlarında 28 uçucu bileşen tespit edilmiştir. Bu bileşenler arasında en yüksek oranda β-thujene (% 8,28) saptanırken, onu sırasıyla metil isoeugenol (% 7,42) ve β-osimen-x (% 7,10) takip etmiştir. Ayrıca, DL-limonen (% 2,53) ve α-pinen (% 3,08) bileşiklerine de rastlanırken % 1,07 ile L-felandren en az belirlenen bileşik olmuştur.

Ocimum basilicum L. ilave edilmiş zeytinyağlarında 30 uçucu bileşen saptanmış olup en yüksek konsantrasyonlarda saptanan bileşikler, 1-hekzadekanol (% 15,93), 4-hekzen-1-ol, (Z)- (% 14,33) ve (E)-4,8-dimetil-1,3,7-nonatrien (% 9,81)'dir. Linalool, metil chavicol, eugenol (Li ve Chang 2016; Klimankova ve ark. 2017), bergamotene ve metil sinamatın *Ocimum basilicum* L. aromasından sorumlu ana bileşikler olduğu rapor edilmiştir (Klimankova ve ark. 2017). Fakat bizim örneğimizde bu bileşiklere rastlanmamıştır. Reyhan ilave edilmiş zeytinyağı örneklerinde yapılan bir çalışmada uçucu aroma profilinde linalool (% 30,6), metil chavicol (% 26,5) ve 1,8-sineol (% 22,6) olmak üzere 33 bileşik tespit edilmiştir (Issaoui ve ark. 2016).

Rosmarinus officinalis L. bitkisinin uçucu yağında 1,8-sineol, kamfor, borneol, α-terpineol, verbenone, α-pinen, kamfen ve *p*-simen'nin baskın bileşenler olduğu ifade edilmiştir (Zawirska-Wojtasiak ve Wasowicz 2009; Benmoussa ve ark. 2017). Thomas ve ark. (2000) ise *Rosmarinus officinalis* L. bitkisinin major bileşenlerini pinen, sineol, linalool olarak bildirilmiştir.

Çalışmamızda, *Rosmarinus officinalis* L. ilave edilmiş örneklerde 34 uçucu bileşen tespit edilmiştir. Uçucu bileşen profili % dağılımı incelendiğinde en yüksek oranda 1-hekzadekanol (% 16,41) belirlenirken, onu sırasıyla (E)-4,8-dimetil-1,3,7-nonatrien (% 9,79) ve (R)-(-)-(Z)-14-metil-8-hekzadeken-1-ol (% 7,03) takip etmiş ve en düşük konsantrasyonda ise (1R,2R)-1-metanol-2-asetonitrile-4-sikloheksen (% 0,48) saptanmıştır. Kamfor bileşiği % 3,04 oranında belirlenirken *Rosmarinus officinalis* L. uçucu yağına ait diğer major bileşenler gözlenmemiştir.

Lavandula angustifolia L. ilave edilmiş zeytinyağı örneklerinde 20 uçucu bileşen tespit edilmiş olup, en yüksek linalool (% 40,57), onu takiben sırasıyla α-pinen, (-)- (% 9,84) ve 1-hekzadekanol (% 8,33) saptanmıştır. *Lavandula* spp. bitkisinin major bileşenleri linalool ve linalil asetat olarak bildirilmiş (Thomas ve ark. 2000) olup çalışmamızdaki sonuçla paralellik göstermektedir.

Lippia citriodora L. ilave edilmiş zeytinyağlarında 30 uçucu bileşen belirlenmiştir. Bu bileşenlerden 1-hekzadekanol % 14,75 ile en yüksek konsantrasyonda iken, onu % 12,80 ile 3-hekzen-1-ol takip etmiştir. *Lippia citriodora* L. bitkisinin esansiyel yağında

sitral (% 20,21), neral (% 14,37), mirsen (% 8,50), geraniol (% 7,45), kariofilen (% 5,45) ve linalool (% 1,59) belirlendiği bildirilmiştir (Kaskoos 2019). Çalışmamızda β-mirsen % 1,45 oranında saptanmış olup esansiyel yağında bulunduğu bildirirlen diğer bileşenlere rastlanmamıştır.

Mentha piperita L. bitkisinin major bileşeni mentol olarak bildirilmiştir (Thomas ve ark. 2000). *Mentha piperita* L. ilave edilmiş zeytinyağlarında 26 uçucu bileşen tespit edilmiş olup en yüksek oranda L-menthone (% 16,49), daha sonra sırasıyla oktenal (% 14,84) ve 10-undekanal (% 11,62) saptanmıştır.

Mentha spicata L. ilave edilmiş zeytinyağlarında ise 32 uçucu bileşen belirlenmiştir. Örneklerin uçucu aroma profili incelendiğinde en yüksek D-karvon (% 21,02) saptanmış olup, onu sırasıyla DL-limonen (% 16,79) ve α-fenchene (% 12,79) takip etmiş ve en düşük değere 3-metil-N-(4-piridil) indol (% 0,25) sahip olmuştur.

Çalışmamızda belirlenen ve literatürde karşılaşılan veriler arasında farklılıklar bulunduğu gözlemlenmiştir. Bu farklılıklarda kullanılan türlere ait genotiplerin özellikleri, yetiştirildiği ortam ve koşullar, iklim koşulları, hasat dönemi ve zamanı, bitkilerin kurutulma şekli, ilave edildiği zeytinyağının özellikleri, zeytinyağlarının depolama koşulları ve süresinin etkili olabileceği düşünülmektedir. Çizelge 4.8.'de aromalandırılmış organik sızma zeytinyağı örneklerinin uçucu aroma profilindeki (%) bileşenler verilmiştir.

Çizelge 4.8. Aromalandırılmış organik sızma zeytinyağı örneklerinin uçucu aroma profilindeki (%) bileşenler

Örnekler	Kontrol (%)	*Origanum onites* L. (%)	*Thymus vulgaris* L. (%)	*Thymus citriodorus* L. (%)	*Satureja hortensis* L. (%)	*Origanum majorana* L. (%)	*Artemisia dracunculus* L. (%)	*Ocimum basilicum* L. (%)	*Rosmarinus officinalis* L. (%)	*Lavandula angustifolia* L. (%)	*Lippia citriodora* L. (%)	*Mentha piperita* L. (%)	*Mentha spicata* L. (%)	RT (s)
Propionik asit											0,71			1,481
(3S)-3-Fenil-2,3-dihidro-1H- l-1-one	1,38													2,147
2-(1-Metil-1H-2- nolin	1,21					1,30		0,65						2,88
N-Decylpyrrole											2,37			3,159
2,3-Dimetil-1-[1',2',3'- ıtil)siklopropenil]-2-buten-1-											2,73			3,333
Metil 5-O-metoksimetil- ofuranoside											2,15			3,425
3-Metil-N-(4-piridil)indol	0,64		1,44			0,91			0,82					3,525
β-Thujone											6,34			4,222
Brazinil format											4,07			4,388
1-Trifluorometil-1-hidroksi- ızan													2,40	4,625
Trans-dihidroKarvon								2,28	4,82				2,13	5,289
(+)-Grandisol		1,42		2,00							5,59			6,216
Ekzoisokampen						2,81								6,261
Siklopropan, 1,1-dimetil-2-								3,71	2,01					6,286
7-anti[(ekzo)- 2.1.]Pent-5-yl]-2,3- siklo[2.2.1]hept-2-ene							3,84							6,318
α-Thujene						3,77	3,59							6,589
β-Thujene							8,28							7,181

Çizelge 4.8. Aromalandırılmış organik sızma zeytinyağı örneklerinin uçucu aroma profilindeki (%) bileşenler (devamı)

Örnekler	**Kontrol** (%)	***Origanum onites* L.** (%)	***Thymus vulgaris* L.** (%)	***Thymus citriodorus* L.** (%)	***Satureja hortensis* L.** (%)	***Origanum majorana* L.** (%)	***Artemisia dracunculus* L.** (%)	***Ocimum basilicum* L.** (%)	***Rosmarinus officinalis* L.** (%)	***Lavandula angustifolia* L.** (%)	***Lippia citriodora* L.** (%)	***Mentha piperita* L.** (%)	***Mentha spicata* L.** (%)	**RT** (s)
(-)-(1S,4R,5R)-4-Metil-6,6,7,7-Tetrametil-3-okzabisiklo[3.2.]Heptan-2-one													0,35	7,631
1,5-Heptadien-4-one, 3,3,6-trimetil-											0,72			7,652
1,3-Propandiol, 2-metil-2-propil-, dikarbamat				0,52	0,48				0,71			0,21		7,648
Sabinen							3,16							9,174
2-β-Pinen									1,08					9,176
Terpinolin		0,56					3,14							9,455
Kamfen													1,46	9,690
β-Mirsen		1,55			1,81	1,16					1,45		1,56	10,054
DL-Limonen						3,34	2,53		1,88	1,29	8,28	1,88	16,79	10,269
α-(Hidroksimetil)metilenesiklobutan	1,49													10,360
α-Fenchene													12,95	10,479
L-Felandren						2,57	1,07							1,0582
Etil (E)-2',2'-difluorohekzadek-13-enoate									1,87					10,72
1-Hekzadekanol	13,94	7,10	17,39	11,36	11,36	10,60	5,76	15,93	16,41	8,33	14,75	7,56		11,255
α-Pinen, (-)-					1,68		3,08			9,84			0,61	12,137
β-Kariofilen(trans-[[1r-(1r*,4e,9s*)]-4,11,11-trimetil-8-metilene...										1,75				12,280
γ-Terpinen		7,87	4,24		9,63	1,56							0,62	12,345
.Delta.3-karen						7,35	6,32							12,372

Çizelge 4.8. Aromalandırılmış organik sızma zeytinyağı örneklerinin uçucu aroma profilindeki (%) bileşenler (devamı)

Örnekler	**Kontrol** (%)	***Origanum onites* L.** (%)	***Thymus vulgaris* L.** (%)	***Thymus citriodorus* L.** (%)	***Satureja hortensis* L.** (%)	***Origanum majorana* L.** (%)	***Artemisia dracunculus* L.** (%)	***Ocimum basilicum* L.** (%)	***Rosmarinus officinalis* L.** (%)	***Lavandula angustifolia* L.** (%)	***Lippia citriodora* L.** (%)	***Mentha piperita* L.** (%)	***Mentha spicata* L.** (%)	**RT** (s)
7-Hekzadeken, (Z)-		2,55	3,97	2,23	3,21		1,53	4,56	4,46			1,55	1,91	12,736
1-Nonanol										2,34				12,682
(S)-(+)-6-Metil-1-oktanol	2,21													12,718
6-Metilheptan-1-ol											2,95			12,734
2-(1-Metiletil)-1-fenilbut-3-en-1-ol						2,94								12,772
4-Etil-1-hekzin-3-ol													0,85	12,913
3-Heptanone, 5-metil-				3,21										12,921
β-Osimen-x							7,10							12,928
p-Simen		7,19	16,69		13,70	11,91	2,13						1,98	13,343
Benzen, 1-metil-2-(1-metiletil)-			0,35	2,41										13,469
8-Okzatrisiklo[2.2.2.(2,6)]oktan-7-one								1,66						13,495
3,5-Oktadiene-2-one	1,40													13,54
2-Siklohekzil-1-fenilbut-3-en-1-ol	0,61													13,939
α-Terpinen						2,14	3,52							13,958
Nerolidol									0,57					13,959
2-Nonen-1-ol	0,32													14,769
2-Okten-1-ol								0,54						14,857
Oktanal												1,23		14,875
(E)-4,8-Dimetil-1,3,7-nonatrien	7,94			6,33	6,29	6,27	4,12	9,81	9,79	6,08	5,36	4,15	3,99	15,425
(S)-(+)-3-Metil-4-penten-1-ol	2,75	2,16	3,14	2,19	1,84			4,60						15,858

Çizelge 4.8. Aromalandırılmış organik sızma zeytinyağı örneklerinin uçucu aroma profilindeki (%) bileşenler (devamı)

Örnekler	**Kontrol** (%)	***Origanum onites* L.** (%)	***Thymus vulgaris* L.** (%)	***Thymus citriodorus* L.** (%)	***Satureja hortensis* L.** (%)	***Origanum majorana* L.** (%)	***Artemisia dracunculus* L.** (%)	***Ocimum basilicum* L.** (%)	***Rosmarinus officinalis* L.** (%)	***Lavandula angustifolia* L.** (%)	***Lippia citriodora* L.** (%)	***Mentha piperita* L.** (%)	***Mentha spicata* L.** (%)	**RT** (s)
(Z)-3-Hekzenil butenoat						1,99								15,869
Siklopropan, (1-metiletenil)-							1,34				2,02		1,77	15,875
(+,-)-3-Metil-4-pentenol									2,53					15,878
2-Siklopropilsiklobutanone		0,75			0,33			1,55			1,06			16,190
3-Hekzen-1-ol, propanoat, (Z)-	1,02		0,80											16,146
(3RS,1'RS)-3-(1',4'-dimetilsiklohek-3'-enil)-3-metilhek-5-en-2-one								1,19	1,09					16,638
2-Propenoik asit, 2-metilpropil ester		1,04										0,89		17,483
(E)-9-Metil-7-dekenoik acid			1,65											17,513
1-Penten, 3-metil-	1,67							2,64						17,525
1-Pentanol, 3-metil-											2,88		1,37	17,532
2-Kloro-2-metil-2-heptan					0,69									17,532
β-Cis-osimen							2,57			2,58			0,50	18,161
(Z)-3-Hekzenil butenoat		0,82			0,66									18,625
4-Hekzen-1-ol, (Z)-	9,4	5,64	8,16			3,79		14,33	2,17	1,57	1,47		0,64	18,743
4-Hekzen-1-ol, (E)-				7,20	5,22							4,57		18,787
3-Hekzen-1-ol	2,33						4,53	0,72		1,50	12,80		6,36	18,930
2-Deken-1-ol		0,58	1,84	2,58		0,35		2,30						19,290
Dodekanal						1,63			2,89					19,460
4-Nonen-1-ol, (E)-	7,84													19,246
2-Metoksimetilfuran			4,15											19,257
(E)-1-((1'S,2'S)-trans-Metilsiklopentil)-2-bütiletilen									4,01		2,95			19,268

Çizelge 4.8. Aromalandırılmış organik sızma zeytinyağı örneklerinin uçucu aroma profilindeki (%) bileşenler (devamı)

Örnekler	**Kontrol** (%)	***Origanum onites* L.** (%)	***Thymus vulgaris* L.** (%)	***Thymus citriodorus* L.** (%)	***Satureja hortensis* L.** (%)	***Origanum majorana* L.** (%)	***Artemisia dracunculus* L.** (%)	***Ocimum basilicum* L.** (%)	***Rosmarinus officinalis* L.** (%)	***Lavandula angustifolia* L.** (%)	***Lippia citriodora* L.** (%)	***Mentha piperita* L.** (%)	***Mentha spicata* L.** (%)	**RT** (s)
2-Hekzen-1-ol	4,06		3,41	2,56	1,78	1,25	1,65	4,48						19,817
3-Hekzen-1-ol, propanoat, (Z)-											4,85	1,96		19,821
Siklohekzanol													2,18	19,830
2,2-Dimetil-3-hidroksipropil butanoat										2,65				20,031
1-(1'-Etil)-3,3-dimetilsikloropen				2,98		2,62								20,644
1H-Indene, 2,3-dihidro-1-metil-		0,55	0,72		0,61						0,59			20,755
(E)-2-Pheny-2-buten								0,61	0,94				1,10	20,777
E-1-Fenilbuteten						0,89				0,67				20,778
Benzen, 1,4-dietil-							1,43			0,93				21,238
L-Menthone												18,17		21,410
1-Hekzen-3-ol				1,06										21,765
1-Okten-3-ol								1,01				2,45		21,771
1-Hepten-3-ol			1,49											21,773
(E)-3-(3-Nitroallil)siklohekzen										2,09				21,950
(1α,5α,6α,7β)-6,7-(e,e)-Dipropenil-3-okzabisiklo[3.2....		4,20			3,24									22,100
Furan, 3-pentil-									4,24					22,600
Pulegone								3,88						22,700
1-Propil-1-siklohekzen			4,79											22,230

Çizelge 4.8. Aromalandırılmış organik sızma zeytinyağı örneklerinin uçucu aroma profilindeki (%) bileşenler (devamı)

Örnekler	**Kontrol** (%)	***Origanum onites* L.** (%)	***Thymus vulgaris* L.** (%)	***Thymus citriodorus* L.** (%)	***Satureja hortensis* L.** (%)	***Origanum majorana* L.** (%)	***Artemisia dracunculus* L.** (%)	***Ocimum basilicum* L.** (%)	***Rosmarinus officinalis* L.** (%)	***Lavandula angustifolia* L.** (%)	***Lippia citriodora* L.** (%)	***Mentha piperita* L.** (%)	***Mentha spicata* L.** (%)	**RT** (s)
1-Asetil-3-(1-hidroksietil)bisiklo[1.1.1]pentan							5,77							22,460
α-Copaene	3,03	1,96	3,21	2,31	2,89			2,66	3,45	3,36	3,51			22,636
Asetik asit				2,98		4,01	3,26	1,96				1,14		22,717
Formik asit hidrazid										1,62				22,871
Kamfor									3,04					23,352
Benzaldehit	1,29	1,43	1,98						1,47			1,17		24,175
(E)-3-(Tolylmetilsulfinil)propen				1,71				2,73		1,83				24,191
2,3-Dibromo-1-fenil-1-butanone											1,63			24,228
4-Nitrophthalamid	7,39	3,88	4,97	4,18	3,67	2,67	1,95	4,30	4,30	3,58	3,11	4,51	1,57	24,737
β-Felandren		2,71												25,266
Terpinen-4-ol						12,88	4,41							25,540
Metan, sulfinilbis-									2,74					25,677
Linalool										40,57				25,730
2-Bromo-3-nitronaftalin									1,90					25,835
1-Hekzanol, 3,5,5-trimetil-												3,20		26,690
Tert-bütilmetil eter								2,80	2,92					26,387
Metil 5-[3,3-bis(trimetilsilil)oksiran-2-yl]pentanoat												1,89		26,410
Trans-α-bergamotene		1,10		0,64		0,84			0,93					26,670
4-İsopropenil-piridin								0,83						26,915
2-(Butenil)-2-siklopenten-1-one									0,81					26,972
Cis-dihidrokarvon													3,63	27,280

Çizelge 4.8. Aromalandırılmış organik sızma zeytinyağı örneklerinin uçucu aroma profilindeki (%) bileşenler (devamı)

Örnekler	**Kontrol** (%)	***Origanum onites* L.** (%)	***Thymus vulgaris* L.** (%)	***Thymus citriodorus* L.** (%)	***Satureja hortensis* L.** (%)	***Origanum majorana* L.** (%)	***Artemisia dracunculus* L.** (%)	***Ocimum basilicum* L.** (%)	***Rosmarinus officinalis* L.** (%)	***Lavandula angustifolia* L.** (%)	***Lippia citriodora* L.** (%)	***Mentha piperita* L.** (%)	***Mentha spicata* L.** (%)	**RT** (s)
2-İsopropil-5-metil-1-metoksiBenzen			1,05											27,636
3,5-Trans-3-(Metilsulfoniloksi)-5-[(E)-1-pentenil]-4,5-dihidro-2(3H)-furanone	4,99	3,09			1,19									27,860
2(3H)-Furanone, 5-etildihidro-													0,41	28,143
4-Hidroksihekz-2-en-1-al		0,98		1,08	0,70	1,47			1,42				0,79	28,564
(cis)-Oktahidro-3a-metil-2H-inden-2-one												7,23		28,619
1-Metil-2-(γ-hidroksi)propilasetilen										5,72				28,884
7-Metilbisiklo[3.2.1]oktan-1-ol		6,32			5,05									28,923
2-Hekzenal, (E)-			6,12										7,00	28,957
2-Dekanal	15,56													28,962
Oktenal												14,84		28,967
Pentanoik asit				0,99		0,63			0,95					29,746
N-Formil-N-trimetilsililmetilaniline								0,84						29,755
Dihidrokarvil asetat													0,95	29,987
Sitral				8,05										30,336
2,4-Dekadien-1-ol				6,03					0,63			2,79		30,698
Bisiklo[3.1.1]hept-3-en-2-one, 4,6,6-trimetil-									4,84					30,710
(+)-(S)-5-Hidroksimetiloksolan-2-one			0,78											30,859
Z-β-Ocimenol						3,20								31,100
D-Karvon													21,2	31,996
Beta-Sitral				12,72										32,254

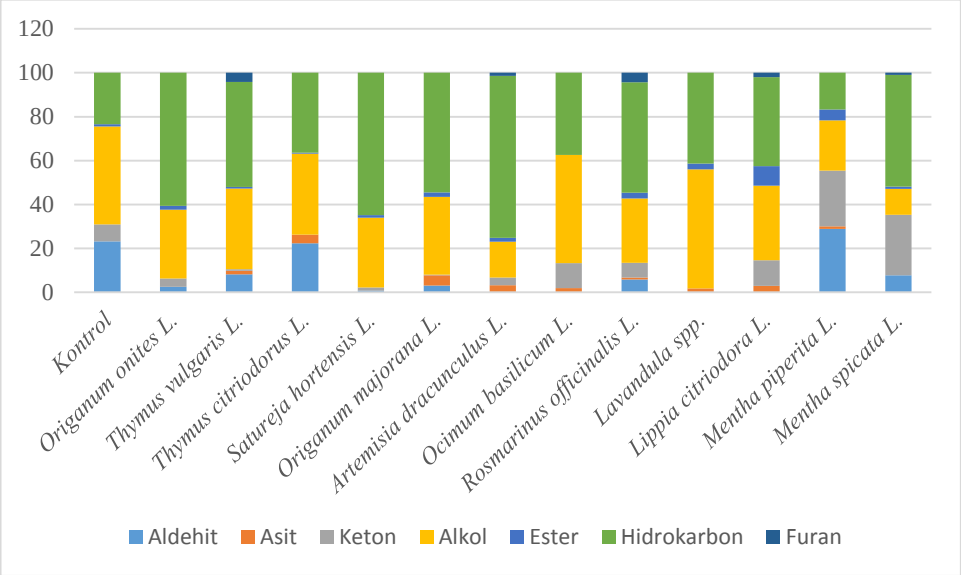
Çizelge 4.8. Aromalandırılmış organik sızma zeytinyağı örneklerinin uçucu aroma profilindeki (%) bileşenler (devamı)

Örnekler	**Kontrol** (%)	***Origanum onites* L.** (%)	***Thymus vulgaris* L.** (%)	***Thymus citriodorus* L.** (%)	***Satureja hortensis* L.** (%)	***Origanum majorana* L.** (%)	***Artemisia dracunculus* L.** (%)	***Ocimum basilicum* L.** (%)	***Rosmarinus officinalis* L.** (%)	***Lavandula angustifolia* L.** (%)	***Lippia citriodora* L.** (%)	***Mentha piperita* L.** (%)	***Mentha spicata* L.** (%)	**RT** (s)
2-Undekanal	6,29													32,433
2,4-Oktadien-1-ol		7,51												32,925
1-Undekanal												11,62		32,954
(R)-(-)-(Z)-14-Metil-8-hekzadeken-1-ol					5,47				7,03			1,96		32,957
4-Propil-2,3-dihidrofuran											1,13		1,20	33,370
Benzoik asit, 2-hidroksi-, metil ester							1,74							33,540
(1R,2R)-1-Metanol-2-asetonitrile-4-siklohekzen		0,66	0,48	0,65	0,33				0,48					34,593
(9Z,15Z)-6,7:12,13-Bisepoxyhenicosa-9,15,2-trien		1,57			1,29									34,989
3-Metil-N-(4-piridil)indol		0,63									0,54	0,40	0,25	36,356
N-Benzilindol					0,86									36,558
Nerol				7,24										36,693
Kalkon								0,68						36,748
1,2-Etanediol, 1,2-difenil-		2,33			2,09									37,493
Fenol, 2-metil-			3,49			2,41								37,525
2,2-Difluoro-1-fenil-3-buten-1-ol								3,82						37,53
1-Fenilpropan-1,2-diol											1,34			37,57
Benzenmetanol				3,89								1,71	0,94	37,53
Cis-1-Formilbisiklo[3.3.]Okt-3-ene									0,8					38,200
5-Metil-4-hekzen-2,3-diol												0,60		38,393
Benzenetanol	1,23	2,03	1,23		1,01	0,43		1,62			0,65		0,85	38,591
Benzen, metil-												1,15		38,592

Çizelge 4.8. Aromalandırılmış organik sızma zeytinyağı örneklerinin uçucu aroma profilindeki (%) bileşenler (devamı)

Örnekler	**Kontrol** (%)	***Origanum onites* L.** (%)	***Thymus vulgaris* L.** (%)	***Thymus citriodorus* L.** (%)	***Satureja hortensis* L.** (%)	***Origanum majorana* L.** (%)	***Artemisia dracunculus* L.** (%)	***Ocimum basilicum* L.** (%)	***Rosmarinus officinalis* L.** (%)	***Lavandula angustifolia* L.** (%)	***Lippia citriodora* L.** (%)	***Mentha piperita* L.** (%)	***Mentha spicata* L.** (%)	**RT** (s)
1-Fenilbut-1-en-3-one						0,30								39,770
Metil isoeugenol							7,42							42,110
2H-1-Benzopiran											1,07			42,373
3-Metilbenzo[b]furan											0,92			42,448
Cis-isoeugenol								1,29						46,738
Fenol, 3-etil-				0,50										47,227
Fenol, 4-etil-					0,54									47,238
4,5-Dimetoksibenzo[b]furan							1,37							47,267
Dekanoik asit										1,73				47,652
2,3-Dimetilbenzaldehit				0,40										48,470
Timol		19,82	2,46		12,37									48,590
Fenol, 5-metil-2-(1-metiletil)-													0,39	48,431
Cis-Asarone							3,39							53,213

Aromalandırılmış organik sızma zeytinyağlarının uçucu bileşen profilinde belirlenen % aldehit bileşikleri , % asit bileşikleri, % keton bileşikleri , % alkol bileşikleri , % ester bileşikleri, % hidrokarbon bileşikleri ve % furan bileşikleri dağılımları Şekil 4.10.'da verilmiştir.



Şekil 4.10. Aromalandırılmış organik sızma zeytinyağlarında belirlenen uçucu bileşenlerinin % dağılımları

Aromalandırılmış organik sızma zeytinyağlarında belirlenen uçucu bileşenlerinin % dağılımları her örnek için ayrı ayrı değerlendirilmiş olup sonuçlar aşağıda verilmiştir.

Kontrol örneklerinin uçucu bileşen profilinde belirlenen % dağılımlar incelendiğinde alkol bileşikleri % 44,68 ile ilk sırada yer almakta bunu sırasıyla, % 23,38 ile hidrokarbon grup bileşikleri, aldehit bileşikleri (% 23,14), keton bileşikleri (% 7,78) ve ester bileşikleri (% 1,02) izlemiştir. Kontrol grubunda asit ve furan bileşiklerine rastlanmamıştır.

Origanum onites L. ilave edilmiş zeytinyağları % 60,55 oranında hidrokarbon grup bileşikleri içermekte olup bunu alkol bileşikleri (% 31,34), keton bileşikleri (% 3,84), aldehit bileşikleri (% 2,41) ve ester bileşikleri (% 1,85) izlemiştir. *Origanum onites* L. ilave edilmiş örneklerde de asit ve furan bileşiklerine rastlanmamıştır.

Origanum majorana L. ilave edilmiş zeytinyağlarındaki uçucu bileşenler, *Origanum onites* L. ilave edilmiş örneklerdeki ile benzer olarak hidrokarbon grup bileşiklerini (% 54,51) en yoğun olarak içermektedir. Bunları sırasıyla alkol bileşikleri (% 35,46), asitli bileşikler (% 4,64), aldehit bileşikleri (% 3,10), ester bileşikleri (% 1,99) ve keton bileşikleri (% 0,30) takip etmektedir. *Origanum majorana* L. ilave edilmiş örneklerde furan bileşiklerine rastlanmamıştır.

Thymus vulgaris L. ilaveli zeytinyağları ağırlıklı olarak hidrokarbon grup bileşikleri (% 47,86) belirlenmiş bunu alkol bileşikleri (% 36,66), aldehit bileşikleri (% 8,10), furan bileşikleri (% 4,15), asit bileşikleri (% 1,65), ester bileşikleri (% 0,80) ve keton bileşikleri (% 0,78) takip etmiştir.

Thymus citriodorus L. ilave edilmiş zeytinyağlarının uçucu bileşenlerinde % 36,87 ile en çok alkol bileşikleri belirlenirken bunu % 36,38 ile hidrokarbon grup bileşikleri, % 22,25 ile aldehit bileşikleri, % 3,98 ile asitli bileşikler ve % 0,52 ile ester bileşikleri izlemiştir. *Thymus vulgaris* L. ilave edilmiş örneklerden farklı olarak *Thymus citriodorus* L. ilave edilmiş zeytinyağlarında keton ve furan bileşiklerine rastlanmamıştır.

Satureja hortensis L. ilaveli zeytinyağlarında asit ve furan bileşikleri belirlenememiştir. Buna karşın, hidrokarbon grup bileşikleri % 64,91, alkol bileşikleri % 31,72, keton bileşikleri % 1,52, ester bileşikleri % 1,14 ve aldehit bileşikleri % 0,70 olarak saptanmıştır.

Artemisia dracunculus L. ilave edilmiş zeytinyağlarının uçucu bileşenlerinin % dağılımları en çoktan en aza doğru, hidrokarbon bileşikleri (% 73,88), alkol bileşikleri (% 16,35), keton bileşikleri (% 3,39), asitli bileşikler (% 3,26), ester bileşikleri (% 1,74) ve furan bileşikleri (% 1,37) şeklinde sıralanmış olup, aldehit bileşikleri belirlenememiştir.

Ocimum basilicum L. ilave edilmiş zeytinyağlarında sınırlı sayıda aromatik uçucu bileşik grubu belirlenmiş olup aldehit, ester ve furan bileşiklerine rastlanmamıştır. Belirlenen bileşiklerden alkoller (% 49,36) ilk sırada yer almakta olup bunu hidrokarbon grubu bileşikler (% 37,43), ketonlar (% 11,25) ve asitli bileşikler (% 1,96) izlemiştir.

Rosmarinus officinalis L. ilave edilmiş zeytinyağlarında uçucu bileşen profili; hidrokarbon grubu bileşikler % 50,41, alkoller % 29,33, ketonlar % 6,72, aldehitler % 5,78, furanlar % 4,24, esterler % 2,57 ve asitli bileşikler % 0,95 olarak saptanmıştır.

Lavandula angustifolia L. ilaveli zeytinyağlarında aldehit, keton ve furan bileşikleri saptanamamış olup, alkoller % 54,31, hidrokarbon grubu bileşikler % 41,31, esterler % 2,65 ve asitli bileşikler % 1,73 olarak belirlenmiştir.

Lippia citriodora L. ilave edilmiş zeytinyağları, hidrokarbon grubu bileşikleri % 40,44, alkolleri % 33,96, ketonları % 11,76, esterleri % 8,92, asitli bileşikleri % 2,86 ve furanları % 2,05 oranında içermekte olup aldehit bileşikleri saptanamamıştır.

Mentha piperita L. ilaveli örneklerde baskın uçucu bileşen grubu; aldehitler (% 28,86) olup, onu ketonlar (% 25,41), alkoller (% 22,98), hidrokarbon grubu bileşikler (% 16,66), esterler (% 4,95) ve asitli bileşikler (% 1,14) izlemekte olup furanlara rastlanılamamıştır.

Mentha spicata L. ilave edilmiş zeytinyağlarında, en yüksek oranda hidrokarbon grubu bileşikler (% 50,86) bulunurken bunu ketonlar (% 27,54), alkoller (% 11,82), aldehitler (% 7,80), furanlar (% 1,02) ve esterler (% 0,95) izlemekte olup asitli bileşikler belirlenememiştir.

4.6.1. Alkol bileşikleri

24 ay boyunca depolanan aromalandırılmış zeytinyağı örneklerinde belirlenen alkol bileşiklerinin oranları (%) Çizelge 4.9'de verilmiştir. Yapılan çalışmada 34 bileşik belirlenmiştir. Aromalandırılmış organik sızma zeytinyağı örneklerinde *Mentha spicata* L. ilave edilen zeytinyağları hariç tamamında baskın alkol 1-hekzadekanol olmuştur. Genel olarak aromalandırılmış zeytinyağlarında belirlenen baskın bileşikler 1-hekzadekanol olup onu sırasıyla 4-hekzen-1-ol, (Z)-, benzenetanol, 2-hekzen-1-ol, (S)-(+)-3-metil-4-penten-1-ol ve 3-hekzen-1-ol bileşikleri takip etmiştir. Örnekler arasında alkol bileşikleri (%) dağılımı en yüksek olan *Ocimum basilicum* L. ilave edilmiş zeytinyağları iken, onu kontrol takip etmektedir. En düşük alkol bileşiği miktarına ise *Artemisia dracunculus* L. ilave edilmiş örnek sahiptir.

4.6.2. Keton bileşikleri

Aromalandırılmış zeytinyağlarında belirlenen keton bileşikleri (%) Çizelge 4.10'de verilmiştir. Yapılan çalışmada 21 keton bileşiği saptanmış olup, 2-siklopropilsiklobutanone en çok belirlenen bileşik olmuş ve 4 örnekte tespit edilmiştir. Bu örnekler arasında keton bileşikleri % dağılımı en yüksek olan *Mentha spicata* L. ve onu takiben *Mentha piperita* L. ilave edilmiş örnektir. *Thymus citriodorus* L. ve *Lavandula angustifolia* L. ilave edilmiş örneklerde keton bileşiklerine rastlanmamıştır. Keton bileşiklerinin çeşidi açısından en zengin örnek, *Ocimum basilicum* L. ilave edilmiş zeytinyağları olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.9. Aromalandırılmış zeytinyağlarında belirlenen alkol bileşikleri

Alkoller (%)	Kontrol	*Origanum onites* L.	*Thymus vulgaris* L.	*Thymus citriodorus* L.	*Satureja hortensis* L.	*Origanum majorana* L.	*Artemisia dracunculus* L.	*Ocimum basilicum* L.	*Rosmarinus officinalis* L.	*Lavandula angustifolia* L.	*Lippia citriodora* L.	*Mentha piperita* L.	*Mentha spicata* L.	RT (s)
1-Hekzadekanol	13,94	7,10	17,39	11,36	11,36	10,60	5,76	15,93	16,41	8,33	14,75	7,56		11,255
1-Nonanol										2,34				12,682
(S)-(+)-6-Metil-1-oktanol	2,21													12,718
6-Metilheptan-1-ol											2,95			12,734
2-(1-Metiletil)-1-fenilbut-3-en-1-ol						2,94								12,772
4-Etil-1-hekzin-3-ol													0,85	12,913
2-Siklohekzil-1-fenilbut-3-en-1-ol	0,61													13,939
Nerolidol									0,57					13,959
2-Nonen-1-ol	0,32													14,769
2-Okten-1-ol								0,54						14,857
(S)-(+)-3-Metil-4-penten-1-ol	2,75	2,16	3,14	2,19	1,84			4,60						15,858
(+,-)-3-Metil-4-pentenol									2,53					15,878
4-Hekzen-1-ol, (Z)-	9,40	5,64	8,16					14,33	2,17	1,57	1,47		0,64	18,743
4-Hekzen-1-ol, (E)-				7,20	5,22	3,79						5,90		18,787
3-Hekzen-1-ol	2,33						4,53	0,72		1,50	12,80		6,36	18,930
2-Deken-1-ol		0,58	1,84	2,58		0,35		2,30						19,290
4-Nonen-1-ol, (E)-	7,84													19,246
2-Hekzen-1-ol	4,06		3,41	2,56	1,78	1,25	1,65	4,48						19,817
Siklohekzanol													2,18	19,830
1-Hekzen-3-ol				1,06										21,765
1-Okten-3-ol								1,01				2,45		21,771
1-Hepten-3-ol			1,49											21,773
Terpinen-4-ol						12,88	4,41							25,540

Çizelge 4.9. Aromalandırılmış zeytinyağlarında belirlenen alkol bileşikleri (devamı)

Alkoller (%)	**Kontrol**	***Origanum onites* L.**	***Thymus vulgaris* L.**	***Thymus citriodorus* L.**	***Satureja hortensis* L.**	***Origanum majorana* L.**	***Artemisia dracunculus* L.**	***Ocimum basilicum* L.**	***Rosmarinus officinalis* L.**	***Lavandula angustifolia* L.**	***Lippia citriodora* L.**	***Mentha piperita* L.**	***Mentha spicata* L.**	**RT (s)**
Linalool										40,57				25,730
7-Metilbisiklo[3.2.1]oktan-1-ol		6,32			5,05									28,923
2,4-Dekadien-1-ol				6,03					0,63			2,79		30,698
Z-β-Ocimenol						3,20								31,100
2,4-Oktadien-1-ol		7,51												32,925
(R)-(-)-(Z)-14-Metil-8-hekzadeken-1-ol					5,47				7,03			1,96		32,957
2,2-Difluoro-1-fenil-3-buten-1-ol								3,82						37,530
1-Fenilpropan-1,2-diol											1,34			37,570
Benzenmetanol				3,89								1,71	0,94	37,530
5-Metil-4-hekzen-2,3-diol												0,60	0,85	38,393
Benzenetanol	1,23	2,03	1,23		1,01	0,43		1,62			0,65			38,591

Çizelge 4.10. Aromalandırılmış zeytinyağlarında belirlenen keton bileşikleri

Ketonlar (%)	Kontrol	*Origanum onites* L.	*Thymus vulgaris* L.	*Thymus citriodorus* L.	*Satureja hortensis* L.	*Origanum majorana* L.	*Artemisia dracunculus* L.	*Ocimum basilicum* L.	*Rosmarinus officinalis* L.	*Lavandula angustifolia* L.	*Lippia citriodora* L.	*Mentha piperita* L.	*Mentha spicata* L.	RT (s)
(3S)-3-Fenil-2,3-dihidro-1H-isoindol-1-one	1,38													2,147
2,3-Dimetil-1-[1',2',3'-tris(t-butil)siklopropenil]-2-buten-1-one											2,73			3,333
β-Thujone											6,34			4,222
Trans-dihidroKarvon								2,28	4,82				2,13	5,289
(-)-(1S,4R,5R)-4-Metil-6,6,7,7-Tetrametil-3-okzabisiklo[3.2.]Heptan-2-one													0,35	7,631
8-Okzatrisiklo[2.2.2.(2,6)]oktan-7-one								1,66						13,495
3,5-Oktadiene-2-one	1,40													13,540
2-Siklopropilsiklobutanone		0,75			0,33			1,55			1,06			16,190
(3RS,1'RS)-3-(1',4'-Dimetilsiklohek-3'-enil)-3-metilhek-5-en-2-one								1,19	1,09					16,638
L-Menthone												18,17		21,970
Pulegone								3,88						22,700
2,3-Dibromo-1-fenil-1-butanone														24,228
2-(Butenil)-2-siklopenten-1-one									0,81					26,972
Cis-dihidrokarvon													3,63	27,280
3,5-Trans-3-(Metilsulfoniloksi)-5-[(E)-1-pentenil]-4,5-dihidro-2(3H)-furanone	4,99	3,09			1,19									27,860
2(3H)-Furanone, 5-etildihidro-													0,41	28,143

Çizelge 4.10. Aromalandırılmış zeytinyağlarında belirlenen keton bileşikleri (devamı)

Ketonlar (%)	**Kontrol**	***Origanum onites* L.**	***Thymus vulgaris* L.**	***Thymus citriodorus* L.**	***Satureja hortensis* L.**	***Origanum majorana* L.**	***Artemisia dracunculus* L.**	***Ocimum basilicum* L.**	***Rosmarinus officinalis* L.**	***Lavandula angustifolia* L.**	***Lippia citriodora* L.**	***Mentha piperita* L.**	***Mentha spicata* L.**	**RT (s)**
(cis)-Oktahidro-3a-metil-2H-inden-2-one												7,23		28,619
(+)-(S)-5-Hidroksimetiloksolan-2-one			0,78											30,859
D-Karvon													21,02	31,996
Kalkon								0,68						36,748
1-Fenilbut-1-en-3-one						0,30								39,770
Cis-Asarone							3,39							53,213

4.6.3. Ester bileşikleri

Aromalandırılmış zeytinyağlarının ester bileşikleri (%) Çizelge 4.11'de verilmiştir. Aromalandırılmış zeytinyağlarında 12 ester bileşiği belirlenmiş olup, 1,3-propandiol, 2-metil-2-propil-dikarbamat en çok saptanmış ve 4 örnekte tespit edilmiştir. Örnekler arasında ester bileşikleri (%) dağılımı en yüksek olan *Lippia citriodora* L. ilave edilmiş zeytinyağlarıdır. *Ocimum basilicum* L. ilave edilmiş zeytinyağlarında ester bileşiklerine rastlanmamıştır. Ester bileşiklerinin çeşidi açısından en zengin örnek, *Mentha piperita* L. ilave edilmiş zeytinyağları olarak belirlenmiştir.

4.6.4. Hidrokarbon bileşikleri

Aromalandırılmış zeytinyağı örneklerinde belirlenen hidrokarbon bileşikleri (%) Çizelge 4.12'de verilmiştir. Örneklerde 80 adet hidrokarbon bileşiği belirlenmiştir. Aromalandırılmış organik sızma zeytinyağlarının tamamında 4-nitrophthalamid bileşiği tespit edilmiştir. Bu bileşiği takiben sırasıyla en çok belirlenen hidrokarbon bileşikleri (E)-4,8-dimetil-1,3,7-nonatrien, 7-hekzadeken, (z)- ve α-copaene olmuştur. Hidrokarbon bileşenleri (%) dağılımı en fazla olan *Artemisia dracunculus* L. ilave edilmiş zeytinyağları iken, en düşük *Mentha piperita* L. ilave edilmiş zeytinyağları olarak belirlenmiştir.

Kekik türleri içinde yer alan *Origanum onites* L., *Thymus vulgaris* L., *Thymus citriodorus* L., *Satureja hortensis* L., *Origanum majorana* L. ilave edilmiş zeytinyağları için baskın hidrokarbon bileşikleri γ-terpinen, 7-hekzadeken, (z)-, *p*-simen, α-copaene, 4-nitrophthalamid ve (1R,2R)-1-metanol-2-asetonitrile-4-siklohekzen olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.11. Aromalandırılmış zeytinyağlarında belirlenen ester bileşikleri

Esterler (%)	**Kontrol**	***Origanum onites* L.**	***Thymus vulgaris* L.**	***Thymus citriodorus* L.**	***Satureja hortensis* L.**	***Origanum majorana* L.**	***Artemisia dracunculus* L.**	***Ocimum basilicum* L.**	***Rosmarinus officinalis* L.**	***Lavandula angustifolia* L.**	***Lippia citriodora* L.**	***Mentha piperita* L.**	***Mentha spicata* L.**	**RT (s)**
Brazinil formate											4,07			4,388
1,3-Propandiol, 2-metil-2-propil-, dikarbamat				0,52	0,48				0,71			0,21		7,648
Etil (E)-2',2'-difluorohekzadec-13-enoat									1,87					1,720
(Z)-3-Hekzenil butenoat					0,66									15,869
3-Hekzen-1-ol, propanoat, (Z)-	1,02		0,80								4,85			16,146
2-Propenoik asit, 2-metilpropil ester		1,04										0,89		17,483
(Z)-3-Hekzenil butenoat		0,82				1,99								18,625
3-Hekzen-1-ol, propanoat, (Z)-												1,96		19,821
2,2-Dimetil-3-hidroksipropil butanoat										2,65				20,031
Metil 5-[3,3-bis(trimetilsilil)oksiran-2-yl]pentanoat												1,89		26,410
Dihidrocarvil asetat													0,95	29,987
Benzoik asit, 2-hidroksi, metil ester							1,74							33,540

Çizelge 4.12. Aromalandırılmış zeytinyağlarında belirlenen hidrokarbon bileşikleri

Hidrokarbonlar (%)	**Kontrol**	***Origanum onites* L.**	***Thymus vulgaris* L.**	***Thymus citriodorus* L.**	***Satureja hortensis* L.**	***Origanum majorana* L.**	***Artemisia dracunculus* L.**	***Ocimum basilicum* L.**	***Rosmarinus officinalis* L.**	***Lavandula angustifolia* L.**	***Lippia citriodora* L.**	***Mentha piperita* L.**	***Mentha spicata* L.**	**RT (s)**
2-(1-Metil-1H-2-pirol)kinolin	1,21					1,30		0,65						2,880
N-Decylpyrrole											2,37			3,159
3-Metil-N-(4-piridil)indol	0,64					0,91			0,82					3,525
1-Trifluorometil-1-hidroksi-siklohekzan													2,04	4,625
(+)-Grandisol		1,42		2,00							5,59			6,216
Ekzoisokampen						2,81								6,261
Siklopropan, 1,1-dimetil-2-allil-								3,71	2,01					6,286
7-Anti[(exo)-Bisiklo[2.1.]Pent-5-yl]-2,3-diazabisiklo[2.2.1]hept-2-ene							3,84							6,318
α-Thujene						3,77	3,59							6,589
β-Thujene							8,28							7,181
1,5-Heptadien-4-one, 3,3,6-trimetil-											0,72			7,652
Sabinen							3,16							9,174
2-β-Pinen									1,08					9,176
Terpinolin		0,56					3,14							9,455
Kamfen													1,46	9,690
β-m,Mirsen		1,55			1,81	1,16					1,45		1,56	10,054
DL-Limonen						3,34	2,53		1,88	1,29	8,28	1,88	16,79	10,269
α-(Hidroksimetil)metilenesiklobutan	1,49													10,36

Çizelge 4.12. Aromalandırılmış zeytinyağlarında belirlenen hidrokarbon bileşikleri (devamı)

Hidrokarbonlar (%)	**Kontrol**	***Origanum onites* L.**	***Thymus vulgaris* L.**	***Thymus citriodorus* L.**	***Satureja hortensis* L.**	***Origanum majorana* L.**	***Artemisia dracunculus* L.**	***Ocimum basilicum* L.**	***Rosmarinus officinalis* L.**	***Lavandula angustifolia* L.**	***Lippia citriodora* L.**	***Mentha piperita* L.**	***Mentha spicata* L.**	**RT (s)**
α-Fenchene													12,95	10,479
L-Felandren						2,57	1,07							10,582
α-pinen, (-)-					1,68		3,08			9,84			0,61	12,137
β-Kariofilen(trans-[[1r-(1r*,4e,9s*)]-4,11,11-trimetil-8-metilene...										1,75				12,280
γ-Terpinen		7,87	4,24		9,63	1,56							0,62	12,345
.Delta.3-karen						7,35	6,32							12,372
7-Hekzadeken, (z)-		2,55	3,97	2,23	3,21		1,53	4,56	4,46			1,55	1,91	12,736
3-Heptanone, 5-metil-				3,21										12,921
β-Osimen-x							7,10							12,928
Para-simen		7,19	16,69		13,70	11,91	2,13						1,98	13,343
Benzen, 1-metil-2-(1-metiletil)-			0,35	2,41										13,469
α-Terpinen						2,14	3,52							13,958
(E)-4,8-Dimetil-1,3,7-nonatrien	7,94			6,33	6,29	6,27	4,12	9,81	9,79	6,08	5,36	4,15	3,99	15,425
Siklopropan, (1-metiletenil)-							1,34				2,02		1,77	15,875
1-Penten, 3-metil-	1,67							2,64						17,525
1-Pentanol, 3-metil-											2,88		1,37	17,532
2-Kloro-2-metil-2-heptan					0,69									17,532
Beta-cis-osimen							2,57			2,58			0,50	18,161
(E)-1-((1'S,2'S)-trans-Metilsiklopentil)-2-bütiletilen									4,01		2,95			19,268

Çizelge 4.12. Aromalandırılmış zeytinyağlarında belirlenen hidrokarbon bileşikleri (devamı)

Hidrokarbonlar (%)	**Kontrol**	***Origanum onites* L.**	***Thymus vulgaris* L.**	***Thymus citriodorus* L.**	***Satureja hortensis* L.**	***Origanum majorana* L.**	***Artemisia dracunculus* L.**	***Ocimum basilicum* L.**	***Rosmarinus officinalis* L.**	***Lavandula angustifolia* L.**	***Lippia citriodora* L.**	***Mentha piperita* L.**	***Mentha spicata* L.**	**RT (s)**
1-(1'-Etil)-3,3-dimetilsikloropropen				2,98		2,62								20,644
1H-Indene, 2,3-dihidro-1-metil-		0,55	0,72		0,61						0,59			20,755
(E)-2-Pheny-2-buten								0,61	0,94				1,10	20,777
E-1-Fenilbuteten						0,89				0,67				20,778
Benzen, 1,4-dietil-							1,43			0,93				21,238
(E)-3-(3-Nitroallil)siklohekzen										2,09				21,950
(1α,5α,6α,7β)-6,7-(e,e)-Dipropenil-3-okzabisiklo[3.2....		4,20			3,24									22,100
1-Propil-1-siklohekzen			4,79											22,230
1-Asetil-3-(1-hidroksietil)bisiklo[1.1.1]pentan							5,77							22,460
α-Copaene	3,03	1,96	3,21	2,31	2,89			2,66	3,45	3,36	3,51			22,636
Formik asit hidrazid										1,62				22,871
Kamfor									3,04					23,352
(E)-3-(Tolylmetilsulfinil)propen				1,71				2,73		1,83				24,191
4-Nitrophthalamid	7,39	3,88	4,97	4,18	3,67	2,67	1,95	4,30	4,30	3,58	3,11	4,51	1,57	24,737
β-Felandren		2,71												25,266
1-Hekzanol, 3,5,5-trimetil-												3,02		26,690
Tert-bütilmetil eter								2,80	2,92					26,387
Trans-α-bergamotene		1,10		0,64		0,84			0,93					26,670

Çizelge 4.12. Aromalandırılmış zeytinyağlarında belirlenen hidrokarbon bileşikleri (devamı)

Hidrokarbonlar (%)	**Kontrol**	***Origanum onites* L.**	***Thymus vulgaris* L.**	***Thymus citriodorus* L.**	***Satureja hortensis* L.**	***Origanum majorana* L.**	***Artemisia dracunculus* L.**	***Ocimum basilicum* L.**	***Rosmarinus officinalis* L.**	***Lavandula angustifolia* L.**	***Lippia citriodora* L.**	***Mentha piperita* L.**	***Mentha spicata* L.**	**RT (s)**
Metan, sulfinilbis-									2,74					25,677
2-Bromo-3-nitronaftalin									1,90					25,835
4-Isopropenil-piridin								0,83						26,915
2-İsopropil-5-metil-1-metoksiBenzen			1,05											27,636
1-Metil-2-(γ-hidroksi)propilasetilen										5,72				28,884
N-Formil-N-trimetilsililmetilaniline								0,84						29,755
Bisiklo[3.1.1]hept-3-en-2-one, 4,6,6-trimetil-									4,84					30,710
(1R,2R)-1-Metanol-2-asetonitrile-4-siklohekzen		0,66	0,48	0,65	0,33				0,48					34,593
(9Z,15Z)-6,7:12,13-Bisepoxyhenicosa-9,15,2-trien		1,57			1,29									34,989
3-Metil-N-(4-piridil)indol		0,63	1,44								0,54	0,40	0,25	36,356
N-benzilindol					0,86									36,558
Nerol				7,24										36,693
1,2-Etanediol, 1,2-difenil-		2,33			2,09									37,493
Fenol, 2-metil-			3,49			2,41								37,525
Cis-1-Formilbisiklo[3.3.]Okt-3-ene									0,80					38,200
Benzen, metil-												1,15		38,592
Metil isoeugenol							7,42							42,110
2H-1-benzopiran											1,07			42,373

Çizelge 4.12. Aromalandırılmış zeytinyağlarında belirlenen hidrokarbon bileşikleri (devamı)

Hidrokarbonlar (%)	**Kontrol**	***Origanum onites* L.**	***Thymus vulgaris* L.**	***Thymus citriodorus* L.**	***Satureja hortensis* L.**	***Origanum majorana* L.**	***Artemisia dracunculus* L.**	***Ocimum basilicum* L.**	***Rosmarinus officinalis* L.**	***Lavandula angustifolia* L.**	***Lippia citriodora* L.**	***Mentha piperita* L.**	***Mentha spicata* L.**	**RT (s)**
Cis-isoeugenol								1,29						46,738
Fenol, 3-etil-				0,50										47,227
Fenol, 4-etil-					0,54									47,238
Timol		19,82	2,46		12,37									48,590
Fenol, 5-metil-2-(1-metiletil)-													0,39	48,431

4.6.5. Aldehit bileşikleri

Aromalandırılmış zeytinyağı örneklerinde belirlenen aldehit bileşikleri Çizelge 4.13'de verilmiştir. Aromalandırılmış zeytinyağlarında 13 aldehit bileşiği belirlenmiş olup, benzaldehit en çok belirlenen aldehit olmuş ve 5 örnekte tespit edilmiştir. Örnekler arasında en yüksek aldehit bileşik dağılımı *Mentha piperita* L. ilave edilmiş zeytinyağları olarak belirlenmiştir. *Artemisia dracunculus* L., *Ocimum basilicum* L., *Lavandula angustifolia* L.ve *Lippia citriodora* L. ilave edilmiş zeytinyağlarında aldehit bileşiklerine rastlanmamıştır. Aldehit bileşik çeşidi en fazla olan örnekler, *Mentha piperita* L. ve *Thymus citriodorus* L. ilave edilmiş zeytinyağları olarak belirlenmiştir.

4.6.6. Asitli bileşikler

Aromalandırılmış zeytinyağlarında belirlenen asitli bileşikleri Çizelge 4.14'de görülmektedir. Yapılan çalışmada 6 asitli bileşik saptanmış ve bunlardan asetik asit en çok belirlenen bileşik olmuş ve 5 örnekte tespit edilmiştir. Bu örneklerden *Origanum majorana* L. ilave edilmiş zeytinyağları en yüksek seviyede asit içeriğine sahiptir. Kontrol, *Origanum onites* L., *Satureja hortensis* L. ve *Mentha spicata* L. ilave edilmiş zeytinyağlarında asitli bileşiklere rastlanmamıştır.

4.6.7. Furan bileşikleri

Aromalandırılmış zeytinyağlarında belirlenen furan bileşikleri Çizelge 4.15'de verilmiştir. Zeytinyağlarında 4 furan bileşeni belirlenmiş ve 4-Propil-2,3-dihidrofuran en çok saptanan bileşik olmuştur. Furanlar en çok *Rosmarinus officinalis* L. ilave edilmiş zeytinyağlarında belirlenirken, kontrol, *Origanum onites* L., *Thymus citriodorus* L., *Satureja hortensis* L., *Origanum majorana* L., *Ocimum basilicum* L., *Lavandula angustifolia* L. ve *Mentha piperita* L. ilave edilmiş örneklerde bulunamamıştır.

Çizelge 4.13. Aromalandırılmış zeytinyağlarında belirlenen aldehit bileşikleri

Aldehitler (%)	**Kontrol**	***Origanum onites* L.**	***Thymus vulgaris* L.**	***Thymus citriodorus* L.**	***Satureja hortensis* L.**	***Origanum majorana* L.**	***Artemisia dracunculus* L.**	***Ocimum basilicum* L.**	***Rosmarinus officinalis* L.**	***Lavandula angustifolia* L.**	***Lippia citriodora* L.**	***Mentha piperita* L.**	***Mentha spicata* L.**	**RT (s)**
Oktanal												1,23		14,875
Dodekanal						1,63			2,89					19,460
Benzaldehit	1,29	1,43	1,98						1,47			1,17		24,175
4-Hidroksihekz-2-en-1-al		0,98		1,08	0,70	1,47			1,42				0,79	28,564
2-Hekzenal, (E)-			6,12										7,00	28,957
2-Dekanal	15,56													28,962
Oktenal												14,84		28,967
Sitral				8,05										30,336
Beta-Sitral				12,72										32,254
2-Undekanal	6,29													32,433
10-Undekanal												11,62		32,954
2,3-Dimetilbenzaldehit				0,40										48,470

Çizelge 4.14. Aromalandırılmış zeytinyağlarında belirlenen asit bileşikleri

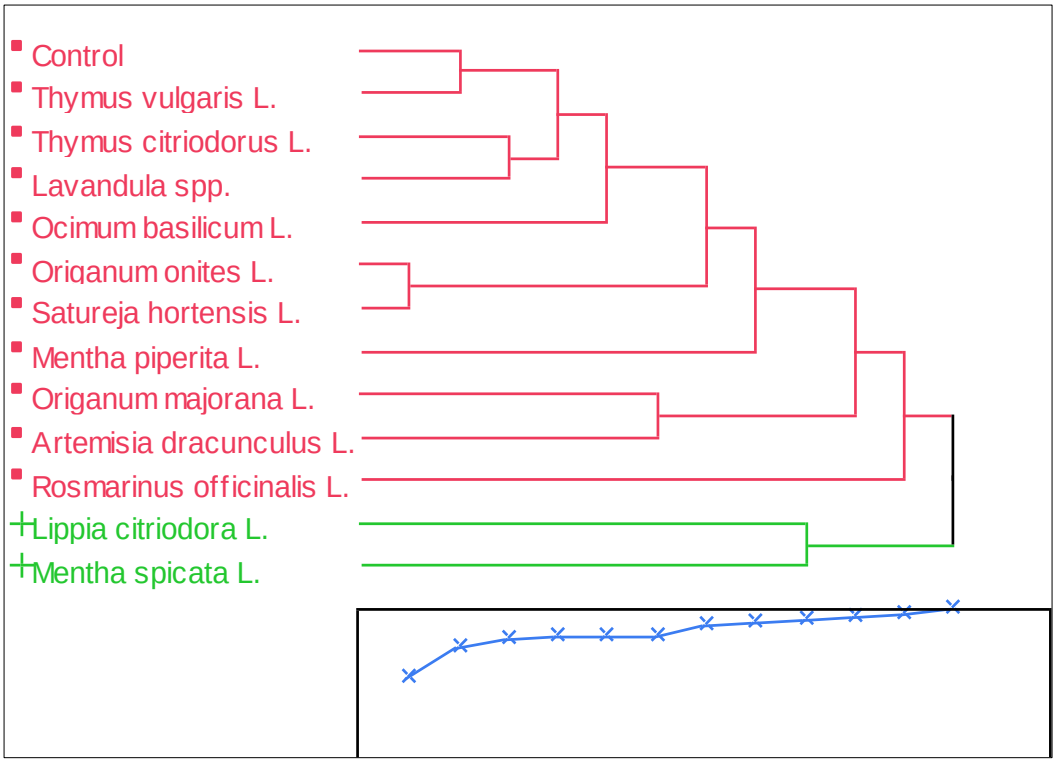
Asitli Bileşenler (%)	**Kontrol**	***Origanum onites* L.**	***Thymus vulgaris* L.**	***Thymus citriodorus* L.**	***Satureja hortensis* L.**	***Origanum majorana* L.**	***Artemisia dracunculus* L.**	***Ocimum basilicum* L.**	***Rosmarinus officinalis* L.**	***Lavandula angustifolia* L.**	***Lippia citriodora* L.**	***Mentha piperita* L.**	***Mentha spicata* L.**	**RT (s)**
Propionik asit											0,71			1,481
Metil 5-O-metoksimetil-.α,D-ribofuranoside											2,15			3,425
(E)-9-Metil-7-dekenoik asit			1,65											17,513
Asetik asit				2,98		4,01	3,26	1,96				1,14		22,717
Pentanoik asit				0,99		0,63			0,95					29,746
Dekanoik asit										1,73				47,652

Çizelge 4.15. Aromalandırılmış zeytinyağlarında belirlenen furan bileşikleri

Furanlar (%)	**Kontrol**	***Origanum onites* L.**	***Thymus vulgaris* L.**	***Thymus citriodorus* L.**	***Satureja hortensis* L.**	***Origanum majorana* L.**	***Artemisia dracunculus* L.**	***Ocimum basilicum* L.**	***Rosmarinus officinalis* L.**	***Lavandula angustifolia* L.**	***Lippia citriodora* L.**	***Mentha piperita* L.**	***Mentha spicata* L.**	**RT (s)**
2-Metoksimetilfuran			4,15											19,257
Furan, 3-pentil-									4,24					22,600
4-Propil-2,3-dihidrofuran											1,13		1,02	33,370
3-Metilbenzo[b]furan											0,92			42,448
4,5-Dimetoksibenzo[b]furan							1,37							47,267

Aromalandırılmış zeytinyağlarının uçucu bileşen profilindeki benzer grupları belirlemek amacıyla "Hiyerarşik Kümeleme Yöntemi" kullanılmıştır. Şekil 4.11'de tıbbi ve aromatik bitkilerle aromalandırılmış organik sızma zeytinyağı örneklerinin uçucu bileşen analizi dendrogramı verilmiştir.

Analiz edilen aromalandırılmış sızma zeytinyağları arasında uçucu bileşen içeriği bakımından *Origanum onites* L. ve *Satureja hortensis* L. ilave edilmiş örnekler arasında çok kuvvetli benzerlik belirlenmiştir. Kontrol ve *Thymus vulgaris* L. ilave edilmiş örnekler ile *Thymus citriodorus* L. ve *Lavandula angustifolia* L. ilave edilmiş örnekler arasında da kuvvetli benzerlikler bulunmaktadır. *Origanum majorana* L. ve *Artemisia drancunculus* L. ilave edilmiş örnekler aynı grupta yer almış olmakla birlikte benzerlik oranı orta seviyelerdedir. *Ocimum basicilicum* L. ilave edilmiş *Mentha piperita* L. ilave edilmiş ve *Rosmarinus officinalis* L. ilave edilmiş örnekler diğerlerinden farklı özellikler göstermektedir. *Lippia citriodora* L. ve *Mentha spicata* L. ilave edilmiş zeytinyağları uçucu bileşenler bakımından tüm diğer örneklerden ayrılmaktadır.



Şekil 4.11. Aromalandırılmış organik sızma zeytinyağlarının uçucu bileşen profili dendrogramı

Yılmazer ve ark. (2016) yaptığı çalışmada, zeytinyağlarına biberiye yaprağı ilavesinin, bitkinin karakteristik aroma bileşiklerinin zeytinyağına geçişi için güçlü bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Sacchi ve ark. (2017) limon yaprağı, albedo ve limon suyu ilavesinin kalitesiz zeytinlerden elde edilen zeytinyağlarındaki olumsuz aromayı maskelediği buna karşın kaliteli zeytinlerden elde edilen zeytinyağlarına ilavesi ile meyvemsi, yeşil yaprak aroması ve keskinliğin baskılandığını bildirmiştir.

4.7. Duyusal Değerlendirme

Aromalandırılmış zeytinyağlarının tüketici tarafından kabul edilebilirlik çalışmaları bu ürünlerin pazara sunulması açısından oldukça önemlidir. Farklı tıbbi ve aromatik bitkilerle aromalandırılmış organik sızma zeytinyağlarına ait duyusal değerlendirme sonuçları Çizelge 4.16.'de görülmektedir. 12 farklı tıbbi ve aromatik bitki ilave edilmiş organik sızma zeytinyağları ile kontrol grubu içerisinde genel kabul edilebilirliği en yüksek olan örnek kontrol grubu olmuştur. Kontrol grubunu *Origanum onites* L., *Thymus citriodorus* L. ve *Mentha spicata* L. ilave edilmiş örnekler takip etmektedir. Genel kabul edilebilirliği en düşük olan örnek *Mentha piperita* L. ilave edilmiş zeytinyağı olmuştur. Analiz edilen örnekler arasında renk, meyvemsilik, acılık, keskinlik ve bozuk tat bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Koku ve zeytinden farklı bir tat alma bakımından en yüksek puanlamayı *Mentha spicata* L. ilave edilmiş örnek almıştır.

Panelistler *Thymus vulgaris* L. ilave edilmiş örneği yakıcılığı en yüksek örnek olarak belirlemiş ve diğer örnekler (*Artemisia dracunculus* L., *Ocimum basilicum* L. ve *Rosmarinus officinalis* L. ilave edilmiş örnekler hariç) ile aralarında istatiksel olarak anlamlı bir farklılık belirlenememiştir.

Analiz edilen örnekler arasından *Ocimum basilicum* L. ilave edilmiş örnek tatlılık bakımından en yüksek değerlendirmeye sahiptir ve diğer örmekler (*Origanum onites* L. ve *Thymus vulgaris* L. ilave edilmiş örnek hariç) ile aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilememiştir.

Ayadi ve ark. (2009) yaptığı çalışmada limon, kekik, biberiye, reyhan, nane, adaçayı ve lavanta ile aromalandırılmış zeytinyağı örneklerinde, panelistlerin biberiye ve reyhan

aromalı yağların yağ rengini, limon ve kekik aromalı zeytinyağlarının tadını tercih ettikleri belirlenmiştir. Genel kabul edilebilirliği en yüksek olan zeytinyağı örneği limon ile aromalandırılmış örnek olmuştur.

Asensio ve ark. (2013) yaptığı çalışmada kekik esansiyel yağı ilave edilmiş zeytinyağı örneklerinde duyusal analizde panelistler tarafından tercih edildiğini ve tüketici kabulünü etkilediğini ifade etmişlerdir.

Issaoui ve ark. (2016) kekik, İzmir kekiği, baharat karışımı, biberiye ve reyhan ilave edilmiş zeytinyağı örneklerinde yaptığı çalışmada, tüketici tarafından genel kabul edilebilirliği en yüksek olan örnek aromalandırılmamış zeytinyağı ve onu takiben kekik aromalı zeytinyağı olduğunu bildirmiştir.

Çizelge 4.16. Aromalandırılmış zeytinyağlarının duyusal değerlendirme sonuçları

	Renk	Koku	Meyvemsilik	Zeytinden farklı tat	Acılık	Yakıcılık	Keskinlik	Tatlılık	Bozuk tat	Genel kabul edilebilirlik
Kontrol	4,30 ± 0,86^{a}	3,70 ± 1,03^{ab}	3,05 ± 1,15^{a}	2,05 ± 1,28^{c}	2,15 ± 1,60^{a}	3,15 ± 1,63^{ab}	2,95 ± 1,36^{a}	2,90 ± 1,48^{ab}	1,25 ± 0,72^{a}	3,95 ± 0,94^{a}
Origanum onites L.	4,00 ± 0,92^{a}	3,90 ± 1,07^{ab}	3,35 ± 1,18^{a}	3,40 ± 1,57^{a}	2,45 ± 1,39^{a}	3,00 ± 1,26^{a}	3,15 ± 1,14^{a}	2,35 ± 1,31^{b}	1,40 ± 0,94^{a}	3,90 ± 0,91^{a}
Thymus vulgaris L.	3,95 ± 0,83^{a}	3,55 ± 0,94^{b}	3,05 ± 1,19^{a}	2,35 ± 1,18^{c}	2,35 ± 1,39^{a}	3,30 ± 1,34^{ab}	3,10 ± 1,17^{a}	2,15 ± 1,23^{b}	1,30 ± 0,66^{a}	3,60 ± 1,10^{a}
Thymus citriodorus L.	3,95 ± 0,83^{a}	3,75 ± 1,12^{ab}	3,25 ± 1,41^{a}	2,95 ± 1,57^{abc}	2,10 ± 1,33^{a}	2,85 ± 1,39^{ab}	2,75 ± 1,29^{a}	2,90 ± 1,41^{ab}	1,30 ± 0,73^{a}	3,90 ± 0,85^{a}
Satureja hortensis L.	4,15 ± 0,59^{a}	3,60 ± 1,14^{ab}	2,95 ± 1,32^{a}	3,30 ± 1,63^{ab}	2,25 ± 1,21^{a}	3,10 ± 1,55^{ab}	2,95 ± 1,28^{a}	2,55 ± 1,50^{ab}	1,45 ± 1,00^{a}	3,65 ± 0,99^{a}
Origanum majorana L.	4,25 ± 0,79^{a}	3,60 ± 1,27^{ab}	2,85 ± 1,31^{a}	2,45 ± 1,54^{bc}	2,15 ± 1,31^{a}	3,25 ± 1,48^{a}	3,05 ± 1,15^{a}	2,40 ± 1,19^{ab}	1,30 ± 0,80^{a}	3,75 ± 0,79^{a}
Artemisia dracunculus L.	4,20 ± 0,62^{a}	4,00 ± 1,08^{ab}	2,95 ± 1,39^{a}	2,85 ± 1,57^{abc}	2,00 ± 1,12^{a}	2,35 ± 1,31^{b}	2,75 ± 1,21^{a}	2,85 ± 1,53^{ab}	1,55 ± 1,23^{a}	3,85 ± 0,81^{a}
Ocimum basilicum L.	4,10 ± 0,85^{a}	3,70 ± 1,17^{ab}	3,00 ± 1,38^{a}	3,50 ± 1,10^{a}	1,75 ± 1,29^{a}	2,35 ± 1,27^{b}	2,65 ± 1,39^{a}	3,20 ± 1,28^{a}	1,35 ± 0,81^{a}	3,80 ± 0,95^{a}
Rosmarinus officinalis L.	4,35 ± 0,67^{a}	3,85 ± 1,09^{ab}	3,00 ± 1,08^{a}	2,75 ± 1,48^{abc}	2,10 ± 1,17^{a}	2,35 ± 1,50^{b}	2,60 ± 1,27^{a}	2,75 ± 1,41^{ab}	1,20 ± 0,52^{a}	3,60 ± 0,88^{a}
Lavandula angustifolia L.	4,35 ± 0,75^{a}	4,05 ± 1,15^{ab}	3,10 ± 1,33^{a}	3,30 ± 1,72^{ab}	2,30 ± 1,22^{a}	2,85 ± 1,18^{ab}	2,90 ± 1,21^{a}	2,90 ± 1,25^{ab}	1,35 ± 0,99^{a}	3,85 ± 1,04^{a}
Lippia citriodora L.	4,35 ± 0,93^{a}	3,40 ± 1,23^{b}	3,00 ± 1,30^{a}	2,35 ± 1,42^{c}	2,05 ± 1,19^{a}	2,80 ± 1,47^{ab}	2,75 ± 1,41^{a}	2,70 ± 1,42^{ab}	1,20 ± 0,52^{a}	3,50 ± 1,10^{a}
Mentha piperita L.	4,35 ± 0,75^{a}	3,85 ± 1,09^{ab}	3,20 ±1,28^{a}	3,65 ± 1,42^{a}	2,20 ± 1,36^{a}	2,75 ± 1,16^{ab}	2,85 ± 1,27^{a}	2,65 ± 1,27^{ab}	1,30 ± 0,80^{a}	3,40 ±1,14^{a}
Mentha spicata L.	4,35 ± 0,81^{a}	4,25 ± 0,79^{a}	3,30 ± 1,45 ^{a}	3,65 ± 1,23^{a}	2,10 ± 1,21^{a}	3,05 ± 1,23^{ab}	3,00 ± 1,38^{a}	2,70 ± 1,30^{ab}	1,35 ± 0,99^{a}	3,90 ± 1,37^{a}

*Aynı sütun ve değişkenlerde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır ($p<0.05$).

5. SONUÇ

Bu çalışmada, organik sızma zeytinyağları, 12 farklı tıbbi ve aromatik bitki ilave edilerek aromalandırılmış ve bu yağlar 24 ay boyunca depolanmıştır. Aromalandırılmış sızma zeytinyağlarının bozulmaya karşı stabiliteleri (serbest yağ asitliği ve peroksit değeri), toplam fenol içerikleri, antioksidan kapasiteleri (ABTS, CUPRAC, FRAP) ve bunların % biyoerişilebilirlikleri karşılaştırılmıştır. Ayrıca aromalandırılmış yağların duyusal özellikleri ve uçucu bileşen profilleri de belirlenmiştir. Böylece sızma zeytinyağlarının organoleptik özelliklerinin geliştirilmesi, oksidatif stabilitelerinin arttırılması, ürün yelpazesinin geliştirilmesi ve tüketicilerin beğenebileceği yeni ve fonksiyonel ürünlerin elde edilmesi hedeflenmiştir. Bunlara ek olarak, fonksiyonel özelliklere sahip yeni gıda ürünlerinin sektöre kazandırılması ile gıda sanayinde rekabetin, tarımda çeşitliliğin ve ihracat potansiyelinin arttırılması hedeflenmiştir.

Aromalandırılmış organik sızma zeytinyağlarının bozulmaya karşı stabiliteleri ilave edilen tıbbi ve aromatik bitkilere göre değişkenlik göstermiştir. Örneklerin toplam fenol içerikleri ve antioksidan kapasiteleri ekstraksiyon yöntemleri açısından karşılaştırıldığında, ekstrakte edilebilir fraksiyonlar, hidrolize edilebilir fraksiyonlara göre daha yüksek sonuçlar vermiştir. Kullanılan antioksidan kapasite yöntemlerinden en uygun yöntemin CUPRAC yöntemi olduğu ve bunu FRAP yönteminin izlediği saptanmıştır. Aromalandırılmış zeytinyağlarında toplam fenolik içeriğin biyoerişilebilirliği % 17,23 ile % 61,41 arasında değişmiştir. CUPRAC yöntemine göre antioksidan kapasitenin % biyoerişilebilirliği % 21,5-% 96,23 arasında değişmiş olup ortalama % 64,61 olarak belirlenmiştir. Organik sızma zeytinyağlarına ilave edilen tıbbi ve aromatik bitkiler, zeytinyağlarının antioksidatif özelliklerini ve bunların biyoerişilebilirlikleri belirgin olarak arttırmıştır.

Aromalandırılmış sızma zeytinyağlarında aldehit, keton, ester, hidrokarbon, asit ve furan gruplarında toplam 169 uçucu bileşen araştırılmıştır. 4-nitrophthalamid, 1-hekzadekanol, 7-hekzadeken,(Z)-, (E)-4,8-Dimetil-1,3,7-nonatrien tüm örneklerde belirlenmiştir. Bunun dışında uçucu bileşenler ilave edilen bitki türüne bağlı olarak değişiklik göstermiştir. Uygulanan hiyerarşik kümeleme analizine göre *Origanum onites* L. ve *Satureja hortensis* L. ilave edilmiş zeytinyağları arasında çok kuvvetli benzerlik saptanırken, *Lippia*

citriodora L. ve *Mentha spicata* L. ilave edilmiş örnekler uçucu bileşenler bakımından diğer tüm örneklerden ayrılmışlardır. Duyusal değerlendirme sonuçlarına göre, kontrol genel kabul edilebilirliği en yüksek olan örnek olmuş, onu *Origanum onites* L., *Thymus citriodorus* L. ve *Mentha spicata* L. ilave edilmiş örnekler takip etmiştir.

Sonuç olarak, aromalandırılmış organik sızma zeytinyağları farklı organoleptik özellikleri ile hem ürün çeşitliliğine katkı sağlamış, hemde antioksidatif özelikleri ve bunların biyoerişilebilirliğini arttırmıştır, ayrıca oksidatif stabiliteye de katkı sağlamıştır. Bununla birlikte, zeytinyağına ilave edilen tıbbi ve aromatik bitkinin türü, yetiştirildiği ortam ve iklim koşulları, hasat zamanı, kurutma koşulları, ilave edilecek zeytinyağının özellikleri, depolama koşulları ve süresi gibi pek çok faktör zeytinyağının hem antioksidatif hemde organoleptik özelliklerini etkilemiştir. Fonksiyonel özelliklere sahip yeni gıda ürünlerinin sektöre kazandırılması ile gıda sanayinde rekabetin, tarımda çeşitliliğin ve ihracat potansiyelinin arttırılmasına katkı sağlanmıştır.

KAYNAKLAR

Adam, K., Sivropoulou, A., Kokkini, S., Lanaras, T., Arsenakis, M. 1998. Antifungal Activities of *Origanum vulgare subsp. hirtum, Mentha spicata, Lavandula angustifolia* and *Salvia fructinosa* Essential Oils Againts Human Pathogenic Fungi. *Journal of Agricultural &Food Chemistry*, 46:1739- 1745.

Adıyaman, E., Ayhan, V. 2010. Etlik piliçlerin beslenmesinde aromatik bitkilerin kullanımı. *Hayvansal Üretim, 51*(1), 57-63.

Akçar, H. H., Gümüşkesen, A. S. 2011. Sensory evaluation of flavored extra virgin olive oil. *GIDA*, 36(5), 249-253.

Angeloni, C., Malaguti, M., Barbalace, M. C., Hrelia, S. 2017. Bioactivity of olive oil fenols in neuroprotection. *International Journal of Molecular Sciences*, 18(11), 2230.

Angerosa, F. 2002. Influence of volatile compounds on virgin olive oil quality evaluated by analytical approaches and sensor panels. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 104 : 639 – 660.

Angerosa, F., Servili, M., Selvaggini, R., Taticchi, A., Esposto, S., Montedoro, G. 2004. Volatile compounds in virgin olive oil: occurrence and their relationship with the quality. *Journal of Chromatography A*, 1054(1-2), 17-31.

Anonim, 2012. (https://www.ifoam.bio/sites/default/files/page/files/doa_turkish.pdf). (Erişim tarihi: 15.12.2019).

Anonim, 2021a. Organik Tarımın Esasları Ve Uygulanmasına İlişkin Yönetmelik. https://www.mevzuat.gov.tr/anasayfa (Erişim tarihi:30.05.2021).

Anonim, 2021a. Türk Gıda Kodeksi Gıdalarda Kullanılabilecek Bitkiler ve Bitkisel Preparatlar Tebliği. https://www.tarimorman.gov.tr/GKGM/Duyuru/172/Turk-Gida-Kodeksi-Gidalarda-Kullanilabilecek (Erişim Tarihi: 01.06.2021).

Anonim, 2021c. TÜİK. https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Tarim-111 (Erişim Tarihi: 15.06.2021).

Anonim, 2021d. Türk Gıda Kodeksi Zeytinyağı Ve Pirina Yağı Tebliği. https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/09/20170917-9.htm (Erişim tarihi: 30.05.2021).

Antoun, N., Tsimidou, M. 1997. Gourmet olive oils: stability and consumer acceptability studies. *Food Research International*, *30*(2), 131-136.

Apak, R. 2017. Electron transfer-based antioksidant capacity assays and the cupric ion reducing antioksidant capacity (CUPRAC) assay: Measurement of Antioksidant Activity & Capacity: Apak, R., Capanoglu, E., Shahidi, F.: John Wiley & Sons Ltd, 57-76.

Apak, R., Güçlü, K., Özyürek, M., Karademir, S. E. 2004. A novel total antioksidant capacity index for dietary polyfenols, vitamin C and E using their cupric ion reducing capability in the presence of neocuproine: CUPRAC method. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52: 7970-7981.

Apak, R., Güçlü, K., Özyürek, M., Celik, S. E. 2008. Mechanism of antioksidant capacity assays and the CUPRAC (cupric ion reducing antioksidant capacity) assay. *Microchimica Acta*, 160, 413–419.

Apak, R., Ozyurek, M., Guclu, K., Capanoglu, E. 2016. Antioksidant activity/capacity measurement. 1. Classification, physicochemical principles, mechanisms, and electron transfer (ET)-Based assays. *Journal of Agricultural & Food Chemistry*, 64, 997–1027.

Armutcu, F., Namuslu, M., Yüksel, R., Kaya, M. 2013. Zeytinyağı ve sağlık: Biyoaktif bileşenleri, antioksidan özellikleri ve klinik etkileri. *Konuralp Tıp Dergisi*, *5*(1), 60-68.

Asensio, C. M., Nepote, V., Grosso, N. R. 2013. Consumers' acceptance and quality stability of olive oil flavoured with essential oils of different oregano species. *International journal of food science & technology*, *48*(11), 2417-2428.
Ayadi, M. A., Grati-Kamoun, N., Attia, H. 2009. Physico-chemical change and heat stability of extra virgin olive oils flavoured by selected Tunisian aromatic plants. *Food and Chemical Toxicology*, 47(10), 2613-2619.
Aydın, S., Özkan, G., Yorulmaz, A. 2020. Çeşit, olgunluk ve yoğurma şartlarının zeytinyağının sterol profili üzerine etkisi. *Akademik Gıda*, 18(1), 87-95.
Baştaş, N. M. 2007. Farklı dozlarda organik ve inorganik gübre kullanımının ak kekik (*Origanum majorana* L.) bitkisinde verim ve kalite parametrelerine etkisi. Yüksek lisans tezi, ÇOMÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.
Baiano, A., Terracone, C., Gambacorta, G., La Notte, E. 2009. Changes in quality indices, fenolic content and antioksidant activity of flavored olive oils during storage. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, *86*(11), 1083.
Baiano, A., Gambacorta, G., La Notte, E. 2010. Aromatization of olive oil. *Transworld Research Network*, *661*, 1-29.
Bayram, B., Özçelik, B. 2012. Zeytinyağının biyoaktif bileşenleri ve sağlık üzerine yararları. *Akademik Gıda*, 10(1), 77-84.
Baytop,T. 1999. Türkiye'de Bitkiler İle Tedavi (Geçmişte ve Bugün) Sayfa 254-255. Başbakanlık, DİE Kayıtları.
Belitz, H. D., Grosch, W., Schieberle, P. 2009. Food Cemistry. *Springer,* Verlag Berlin Heidelberg, 215-220.
Bener, M., Özyürek, M., Güçlü, K., Apak, R. A. 2010. Development of a low-cost optical sensor for cupric reducing antioksidant capacity measurement of food extracts. *Analytical Chemistry*, 82, 4252–4258.
Benmoussa, H., Farhat, A., Elfalleh, W., Di Maio, I., Servili, M., Romdhane, M. 2017. A rapid application to flavor the olive oil with dried *Rosmarinus officinalis* L. leaves: Microwave-Assisted Maceration. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(3), 12885.
Benzie, I. F., Devaki, M. 2017. The ferric reducing/antioksidant power (FRAP) assay for non-enzymatic antioksidant capacity: concepts, procedures, limitations and applications: Measurement of Antioksidant Activity & Capacity: Apak, R., Capanoglu, E., Shahidi, F.: John Wiley & Sons Ltd, 77-104.
Benzie, I. F., Strain, J. J. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioksidant power": the FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239(1), 70-76.
Berker, K. I., Güçlü, K., Tor, İ., Apak, R. 2007. Comparative evaluation of Fe (III) reducing power-based antioksidant capacity assays in the presence of phenanthroline, batho-phenanthroline, tripiridiltriazine (FRAP), and ferricyanide reagents. *Talanta*, 72(3), 1157-1165.
Boskou, D., Blekas, G., Tsimidou, M. 2006. Olive oil composition. In Olive Oil. *AOCS press*., 41-72.
Calín-Sánchez, Á., Figiel, A., Lech, K., Szumny, A., Martínez-Tomé, J., Carbonell-Barrachina, Á. A. 2015. Dying methods affect the aroma of *Origanum majorana* L. analyzed by GC–MS and descriptive sensory analysis. *Industrial Crops and Products*, 74, 218-227.
Cano, A., Arnao, M. B. 2017. ABTS/TEAC (2,2'-azino-bis(3- etilbenzothiazoline-6-sulfonic acid)/Trolox®-Equivalent Antioksidant Capacity) radical scavenging mixed-

mode assay: Measurement of Antioksidant Activity & Capacity: Apak, R., Capanoglu, E., Shahidi, F.: John Wiley & Sons Ltd, 117-140.
Capanoglu, E., Kamiloglu, S., Ozkan, G., Apak, R. 2017. Evaluation of antioksidant activity/capacity measurement methods for food products: Measurement of Antioksidant Activity & Capacity: Apak, R., Capanoglu, E., Shahidi, F.: John Wiley & Sons Ltd, 273-286 .
Caponio, F., Durante, V., Varva, G., Silletti, R., Previtali, M. A., Viggiani, I., Squeo, G., Summo, C., Pasqualone, A., Gomes, T., Baiano, A. 2016. Effect of infusion of spices into the oil vs. combined malaxation of olive paste and spices on quality of naturally flavoured virgin olive oils. *Food chemistry*, 202, 221-228.
Caporaso, N., Paduano, A., Nicoletti, G., Sacchi, R. 2013. Capsaicinoids, antioksidant activity, and volatile compounds in olive oil flavored with dried chili pepper (*Capsicum annuum*). *European Journal of Lipid Science and Technology*, *115*(12), 1434-1442.
Carbonell-Capella, J.M., Buniowska, M., Barba, F.J., Esteve, M.J., Frigola, A. 2014. Analytical methods for determining bioavailability and bioaccessibility of bioactive compounds from fruits and vegetables: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13, 155-171.
Ceylan, A. 1997. Tıbbi Bitkiler II (Uçucu Yağ İçerenler). Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları No:481, Sayfa 206-306. Bornova-İzmir.
Clodoveo, M. L., Dipalmo, T., Crupi, P., Durante, V., Pesce, V., Maiellaro, I., Franchini, C. 2016. Comparison between different flavored olive oil production techniques: Healthy value and process efficiency. *Plant Foods for Human Nutrition*, 71(1), 81-87.
Çelik, S. A., Ayran, İ. 2020. Antioksidan kaynağı olarak bazı tıbbi ve aromatik bitkiler. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 13(2), 115-125.
Çevik, Ş., Özkan, G., Kıralan, M. 2015. Çeşit, olgunluk ve yoğurma şartlarının zeytinyağı verimi, bazı kalite parametreleri ve aroma profili üzerine etkisi. *Akademik Gıda*, 13(4), 335-347.
Dalgıç, L., Özkan, G., Karacabey, E. 2016. Altın çilek çeşnili zeytinyağı üretiminde işlem koşullarının kalite parametreleri üzerine etkilerinin incelenmesi ve optimizasyonu. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 11 (2), 21-34.
Damechki, M., Sotiropoulou, S., Tsimidou, M. 2001. Antioksidant and pro-oksidant factors in oregano and rosemary gourmet olive oils. *Grasas y Aceites*, *52*(3-4), 207-213.
Demiryürek, K. 2004. Dünya ve Türkiye'de organik tarım. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi,* 8 (3/4), 63-71.
Dıraman, H., Hışıl, Y. 2010. Bazı bitkisel (zeytin, fındık ve karışım) yağlara baharat ilavesinin oksidatif stabilite ve yağ asitleri bileşenleri üzerine etkisi. *GIDA*, *35*(1), 1-7.
Dıraman, H., Köseoğlu, O. 2017. Zeytinyağı kimyası: Sofralık zeytin ve zeytinyağı teknolojisi, Editörler: Susamcı, E., Ötleş, S., Dıraman, H.,İ İzmir, s. 297-316.
Dinç, E. 2014. Sater (*Satureja hortensis* L.) bitkisinde inorganik ve organik gübre uygulamalarının verim ve bazı kalite unsurlarına etkileri. Yüksek Lisans Tezi, NKÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
Dorman, H. J. D., Deans, S. G. 2000. Antimicrobial Agents From Plants: Antibacterial Activity of Plant Volatile Oils. *Journal of Applied Microbiology*, 88:308-316.
Economou, G., Panagopoulos, G., Tarantilis, P., Kalivas, D., Kotoulas, V., Travlos, I. S., Polysiou, M., Karamanos, A. 2011. Variability in essential oil content and composition of *Origanum hirtum* L., *Origanum onites* L., *Coridothymus capitatus* (L.)

and *Satureja thymbra* L. populations from the Greek island Ikaria, *Ind. Crops Prod*, 33, 236–241.
Ekren, S., Sönmez, Ç., Sancaktaroğlu, S., Bayram, E. 2009. Farklı dikim sıklıklarının fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) bitkisinin verim ve kalite özellikleri üzerine etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, *46*(3), 165-173.
Fagundes, M. B., Ballus, C. A., Soares, V. P., de Freitas Ferreira, D., Leães, Y. S. V., Robalo, S. S., Vendruscolo, R. G., Bastianello Campagno, P. C., Barin, J. S., Cichosk, A. J., Marcuzzo, S. B., Bertuol, D. A., Wagner, R. 2020. Characterization of olive oil flavored with Brazilian pink pepper (Schinus terebinthifolius Raddi) in different maceration processes. *Food Research International*, 137, 109593.
Faydaoğlu, E., Sürücüoğlu, M. 2013. Tıbbi ve aromatik bitkilerin antimikrobiyal, antioksidan aktiviteleri ve kullanım olanakları. *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, *6*(2), 233-265.
Foscolou, A., Critselis, E., Panagiotakos, D. 2018. Olive oil consumption and human health: A narrative review. *Maturitas*, 118, 60-66.
Galanakis, C. M. 2017. Bioavailability, bioaccessibility and bioactivity of food components. In Nutraceutical and Functional Food Components: Effects of Innovative Processing Techniques, 1st ed.; Galankis, C.M., Ed.; Elsevie Inc.: Athens, Greece, 2017; pp. 1–14.
Gambacorta, G., Faccia, M., Pati, S., Lamacchia, C., Baiano, A., La Notte, E. 2007. Changes in the chemical and sensorial profile of extra virgin olive oils flavored with herbs and spices during storage. *Journal of Food Lipids*, *14*(2), 202-215.
Garcia-Oliveira, P., Jimenez-Lopez, C., Lourenço-Lopes, C., Chamorro, F., Pereira, A. G., Carrera-Casais, A., Fraga-Corral, M., Carpena, M., Simal-Gandara, J., Prieto, M. A. 2021. Evolution of flavors in extra virgin olive oil shelf-life. *Antioxidants*, 10(3), 368.
George, E. S., Marshall, S., Mayr, H. L., Trakman, G. L., Tatucu-Babet, O. A., Lassemillante, A. C. M., Bramley, A., Reddy, A. J., Forsyht, A., Tierney, A. C.,Thomas, J.C., Itsiopoulos, C., Marx, W. 2019. The effect of high-polyfenol extra virgin olive oil on cardiovascular risk factors: A systematic review and meta-analysis. *Critical reviews in food science and nutrition*, 59(17), 2772-2795.
Göktaş, Ö., Gıdık, B. 2019. Tıbbi ve aromatik bitkilerin kullanım alanları. *Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 2(1), 145-151.
Gulçin, I. 2012. Antioksidant activity of food constituents. An overview. *Archives of Toksicology*, 86(3), 345–391.
Gupta, D. 2015. Methods for determination of antioksidant capacity: a review. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 6(2), 546.
Gutiérrez, F., Arnaud, T., Albi, M. A. 1999. Influence of ecological cultivation on virgin olive oil quality. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, *76*(5), 617-621.
Issaoui, M., Flamini, G., Hajaij, M. E., Cioni, P. L., Hammami, M. 2011. Oksidative evolution of virgin and flavored olive oils under thermo-oksidation processes. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, *88*(9), 1339-1350.
Issaoui, M., Flamini, G., Souid, S., Bendini, A., Barbieri, S., Gharbi, I., Toschi, T. G., Cioni, P. L., Hammami, M. 2016. How the addition of spices and herbs to virgin olive oil to produce flavored oils affects consumer acceptance. *Natural product communications*, 11(6), 1934578X1601100619.

Jimenez-Lopez, C., Carpena, M., Lourenço-Lopes, C., Gallardo-Gomez, M., Lorenzo, J. M., Barba, F. J., Prieto, M. A., Simal-Gandara, J. 2020. Bioactive compounds and quality of extra virgin olive oil. *Foods*, 9(8), 1014.

Kalua, C. M., Allen, M. S., Bedgood Jr, D. R., Bishop, A. G., Prenzler, P. D., Robards, K. 2007. Olive oil volatile compounds, flavour development and quality: A critical review. *Food Chemistry*, 100(1), 273-286.

Karacabey, E., Özkan, G., Dalgıç, L., Sermet, S. O. 2016. Rosemary aromatization of extra virgin olive oil and process optimization including antioksidant potential and yield. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, *4*(8), 628-635.

Karık, Ü., Çiçek, F., Çınar, O. 2017. Menemen ekolojik koşullarında lavanta (*Lavandula* spp.) tür ve çeşitlerinin morfolojik, verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, *27*(1), 17-38.

Kaskoos, R. A. 2019. Essential oil analysis by GC-MS and analgesic activity of *Lippia citriodora* and Citrus limon. *Journal of essential oil bearing plants*, 22(1), 273-281.

Katar, D., Kacar, O., Kara, N., Aytaç, Z., Göksu, E., Kara, S., Katar, N., Erbaş, S., Telci, İ., Elmastaş, M. 2017. Ecological variation of yield and aroma components of summer savory (*Satureja hortensis* L.). *Journal of applied research on medicinal and aromatic plants*, 7, 131-135.

Katar, N., Aytaç, Z. 2019. Sater (*Satureja hortensis* L.) genotiplerinin farklı lokasyonlarda agronomik ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 14(2), 253-269.

Khemakhem, I., Yaiche, C., Ayadi, M. A., Bouaziz, M. 2015. Impact of aromatization by Citrus limetta and Citrus sinensis peels on olive oil quality, chemical composition and heat stability. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 92(5), 701-708.

Klimankova, E., Holadová, K., Hajšlová, J., Čajka, T., Poustka, J., Koudela, M. 2008. Aroma profiles of five basil (*Ocimum basilicum* L.) cultivars grown under conventional and organic conditions. *Food Chemistry*, 107(1), 464-472.

Kokkini, S. 1997. Taxonomy, diversity and distribution of Origanum species. In: Padulosi S (ed) Oregano. *Proceedings of the IPGRI international workshop*, vol 14, Rome, Italy, pp 2–12.

Lamuela-Raventós, R. M. 2017. Folin–Ciocalteu method for the measurement of total fenolic content and antioksidant capacity: Measurement of Antioksidant Activity & Capacity: Apak, R., Capanoglu, E., Shahidi, F.: John Wiley & Sons Ltd, 107-115.

Lagouri, V., G. Blekas, M. Tsimidou, S. Kokkini, D. Boskou. 1993.Composition and antioxidant activity of essential oils from oregano plants grown wild in Greece. *Zertschrift für Lebensmittel Untersuchung und Forschung*, 197, 20-23.

Lombardo, L., Grasso, F., Lanciano, F., Loria, S., Monetti, E. 2018. Broad-spectrum health protection of extra virgin olive oil compounds**.** *In Studies in natural products chemistry* (Vol. 57, pp. 41-77). *Elsevier*.

Li, Q. X., Chang, C. L. 2016. Basil (*Ocimum basilicum* L.) oils. In Essential oils in food preservation, flavor and safety. *Academic Press***,** 231-238.

Mannina, L., D'Imperio, M., Gobbino, M., D'Amico, I., Casini, A., Emanuele, M. C., Sobolev, A. P. 2012. Nuclear magnetic resonance study of flavoured olive oils. *Flavour and fragrance journal*, 27(3), 250-259.

Mariotti, M., Peri, C., 2014. The composition and nutritional properties of extra-virgin olive oil. *In The Extra-Virgin Olive Oil Handbook*, 21–34.

Martinez-Gonzalez, M. A., Dominguez, L. J., Delgado-Rodriguez, M. 2014. Olive oil consumption and risk of CHD and/or stroke: a meta-analysis of case–control, cohort and intervention studies. *British journal of nutrition*, 112(2), 248-259.

Martysiak-Żurowska, D., Wenta, W. 2012. A comparison of ABTS and DPPH methods for assessing the total antioksidant capacity of human milk. *Acta scientiarum polonorum technologia alimentaria*, 11(1), 83-89.

Morales, M. T., Luna G., Aparicio, R. 2005. Comparative Study of Virgin Olive Oil Sensory Defects, *Food Chemistry*, 91; 293–301.

Naczk, M., Shahidi, F. 2004. Extraction and analysis of phenolics in food. *Journal of Chromatography A*, 1054:95-111.

Omidbaigi, R., Fattahi, F., Alirezalu, A. 2009. Essential oil content and constituents of *Thymus× citriodorus* L. at different phenological stages. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, *12*(3), 333-337.

Omidbaigi, R., Sefidkon, F., Hejazi, M. 2005. Essential oil composition of *Thymus* citriodorus* L. cultivated in Iran. *Flavour and Fragrance Journal*, 20(2), 237-238.

Owen, R. W., Giacosa, A., Hull, W. E., Haubner, R., Würtele, G., Spiegelhalder, B., Bartsch, H. 2000. Olive-oil consumption and health: the possible role of antioksidants. *The lancet oncology*, *1*(2), 107-112.

Ozcan, M., Chalchat, J. C. 2004. Aroma profile of *Thymus vulgaris* L. growing wild in Turkey. *Bulgarian Journal of Plant Physiology*, 30(3-4), 68-73.

Özcan, M. 1999. Antioksidant activity of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) extracts on natural olive and sesame oils. *Grasas y Aceites*, *50*(5), 355-358.

Öztürk, M., Altundağ, E., Gücel, S. 2012. Medicinal and aromatic plants (Turkey). *Ethnopharmacology, Encyclopedia of Life Support Systems* (EOLSS).

Öztürk, F., Yalçın, M., Varol, N. 2010. Ege bölgesinde konvansiyonel ve organik zeytin yetiştiriciliğinin ekonomik analizi.

Paduano, A., Caporaso, N., Santini, A., Sacchi, R. 2014. Microwave and ultrasound-assisted extraction of capsaicinoids from chili peppers (*Capsicum annuum* L.) in flavored olive oil. *Journal of Food Research*, *3*(4), 51.

Pellegrini, N., Battino, M. 2010. Total Antioxidant Capacity of Olive Oils: Olive oil and health, Editörler: Quiles, J. L., Carmen Ramírez-Tortosa, M., Yaqoob, P., USA, 63-71.

Pelucchi, C., Bosetti, C., Negri, E., Lipworth, L,. La Vecchia, C. 2011. Olive oil and Cancer risk: an update of epidemiological findings through 2010, *Current Pharmaceutical Design*, 17 (8), 805–812,

Prior, R.L., Wu, X. Schaich, K. 2005. Standardized methods for the determination of antioksidant capacity and fenolics in foods and dietary supplements. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(10), 4290–4302.

Psaltopoulou, T., Kosti, R. I., Haidopoulos, D., Dimopoulos, M., Panagiotakos, D. B. 2011. Olive oil intake is inversely related to cancer prevalence: a systematic review and a meta-analysis of 13800 patients and 23340 controls in 19 observational studies. *Lipids in health and disease*, 10(1), 1-16.

Raina, A. P., Negi, K. S. 2012. Essential oil composition of *Origanum majorana* and *Origanum vulgare* ssp. *hirtum* growing in India. *Chemistry of Natural Compounds*, 47(6), 1015-1017.

Rice-Evans, C. A., Miller, N. J., Paganga, G. 1996. Structure–antioksidant activity relationships of flavonoids and fenolic acids. *Free Radical Biology and Medicine*, 20, 933–956.

Sacchi, R., Della Medaglia, D., Paduano, A., Caporaso, N., Genovese, A. 2017. Characterisation of lemon-flavoured olive oils. *LWT-Food Science and Technology*, 79, 326-332.

Sayyah, M., Nadjafnia, L., Kamalinejad, M. 2004. Anticonvulsant activity and chemical composition of *Artemisia dracunculus* L. essential oil. *Journal of Ethnopharmacology*, *94*(2-3), 283-287.

Schwingshackl, L., Christoph, M., Hoffmann, G. 2015. Effects of olive oil on markers of inflammation and endothelial function—a systematic review and meta-analysis. *Nutrients*, 7(9), 7651-7675.

Schwingshackl, L., Lampousi, A. M., Portillo, M. P., Romaguera, D., Hoffmann, G., Boeing, H. 2017. Olive oil in the prevention and management of type 2 diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis of cohort studies and intervention trials. *Nutrition & diabetes*, 7(4), 262-262.

Seiquer, I., Rueda, A., Olalla, M., Cabrera-Vique, C. 2015. Assessing the bioavailability of polyfenols and antioksidant properties of extra virgin argan oil by simulated digestion and $CaCO_2$ cell assays. Comparative study with extra virgin olive oil. *Food chemistry, 188*, 496-503.

Sena-Moreno, E., Alvarez-Ortí, M., Serrano-Díaz, J., Pardo, J. E., Carmona, M., Alonso, G. L. 2018. Olive oil aromatization with saffron by liquid–liquid extraction. *Journal of food science and technology*, *55*(3), 1093-1103.

Sevim, D. 2011. Antioksidanlar ve zeytinyağı. *Zeytin Bilimi*, *2*(1), 43-47.

Shahidi, F., Zhong, Y. 2010. Lipid oksidation and improving the oksidative stability. *Chemical society reviews*, 39(11), 4067-4079.

Shindler, J. S., Bardsley, W. G. 1975. Steady-state kinetics of lactoperoksidase with ABTS as chromogen. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 67(4), 1307–1312.

Sivropoulou, A., Papanicolaou E., Nikolau, C., Kokkini, S., Lanaras, T., Arsenakis, M. 1996. Antimicrobial and Cytotoxic Activities of Origanum essential Oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44: 1202-1205.

Souleles, C. 1991. Volatile Constituents of Origanum dubium leaves and stem-bark. *Planta medica*, 57:77-79.

Sousa, A., Casal, S., Malheiro, R., Lamas, H., Bento, A., Pereira, J. A. 2015. Aromatized olive oils: Influence of flavouring in quality, composition, stability, antioksidants, and antiradical potential. *LWT-Food Science and Technology*, 60(1), 22-28.

Stahl-Biskup, E., Holthuijzen, J. 1995. Essential oil and glycosidically bound volatiles of lemonscented thyme, *Thymus× citriodorus* (Pers.) *Schreb. Flavour and fragrance journal*, 10(3), 225-229.

Sun, Y., Yang, C., Tsao, R. 2017. Nomenclature and general classification of antioksidant activity/capacity assays: Measurement of Antioksidant Activity & Capacity: Apak, R., Capanoglu, E., Shahidi, F.: John Wiley & Sons Ltd, 1-15.

Şahan, Y., Çelik, G., Doğangün, E. 2017. Comparison of some fenolic compounds of organic and conventional extra-virgin olive oil. *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, Vol. 22, No. 3.

Temel, M., Tinmaz, A. B., Öztürk, M., Gündüz, O. 2018. Dünyada ve Türkiye'de tıbbi-aromatik bitkilerin üretimi ve ticareti. *Tarım ve Doğa Dergisi*, 21, 198.

Thomas, J., Joy, P. P., Mathew, S., Skaria, B. P. 2000. Plant sources of aroma chemicals and medicines in India. *Chemical Industry Digest (Special Millennium Issue)*, 104-108.

Tonk, F. A., Yüce, S., Bayram, E., Giachino, R. R. A., Sönmez, Ç., Telci, I., Furan, M. A. 2010. Chemical and genetic variability of selected Turkish oregano (*Origanum onites* L.) clones. *Plant systematics and evolution*, 288(3), 157-165.

Turhan, Ş. 2005. Tarımda sürdürülebilirlik ve organik tarım. *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 11(1), 13 -24.

Üstü, Y., Uğurlu, M. 2018. Kekiğin tıbbi kullanımı. *Ankara Medical Journal, 18*(2), 242-245.

Üstü, Y., Uğurlu, M. 2019. Lavantanın tıbbi kullanımı. *Ankara Medical Journal*, *19*(2), 416-418.

Varlı, M., Hancı, H., Kalafat, G. 2020. Tıbbi ve aromatik bitkilerin üretim potansiyeli ve biyoyararlılığı. *Research Journal of Biomedical and Biotechnology*, *1*(1), 24-32.

Visioli, F., Poli, A., Gall, C. 2002. Antioksidant and other biological activities of fenols from olives and olive oil. *Medicinal research reviews, 22*(1), 65-75.

Vitali, D., Vedrina Dragojevic, I., Šebecic, B. 2009.Effects of incorporation of integral raw materials and dietary fibre on the selected nutritional and functional properties of biscuits. *Food Chemistry*, 114:1462-1469.

Wojtunik-Kulesza, K., Oniszczuk, A., Oniszczuk, T., Combrzyński, M., Nowakowska, D., Matwijczuk, A. 2020. Influence of in vitro digestion on composition, bioaccessibility and antioksidant activity of food polyfenols—A non-systematic review. Nutrients, 12(5), 1401.

Xin, Y., Li, X. Y., Sun, S. R., Wang, L. X., Huang, T. 2015. Vegetable oil intake and breast cancer risk: a meta-analysis. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 16(12), 5125-5135.

Yaman, Ş., Dıraman, H. 2017. Zeytinyağında depolama ve ambalajlama teknikleri: Sofralık zeytin ve zeytinyağı teknolojisi, Editörler: Susamcı, E., Ötleş, S., Dıraman, H.,İ İzmir, s. 239-255.

Yılmazer, M., Karagöz, S. G., Ozkan, G., Karacabey, E. 2016. Aroma transition from rosemary leaves during aromatization of olive oil. *Journal of food and drug analysis*, 24(2), 299-304.

Yorulmaz, A., Tekin, A. 2008. Zeytin ve zeytinyağı fenolikleri. I.Ulusal Zeytin Öğrenci Kongresi, 17-18 Mayıs 2008, Edremit-Balıkesir.

Zawirska-Wojtasiak, R., Wąsowicz, E. 2009. GC analysis of rosemary aroma isolated traditionally by distillation and by SPME. *Journal of Essential Oil Research*, 21(1), 8-15.

Zeybek, N. 1985. Farmasötik Botanik (Kapalı Tohumlu Bitkiler Sistamatiği ve Önemli Maddeleri). Ege Üniversitesi, Eczacılık Fak. Yayınları, No:1, Sayfa 329-330, İzmir.

Zouari, S., Zouari, N., Fakhfakh, N., Ayadi, M. A., Neffati, M. 2012. Physicochemical properties and oksidative stability of extra virgin olive oil flavored by *Artemisia herba alba* and *Thymus algeriensis*. In *International symposium on Medicinal and Aromatic Plants-SIPAM 2012 997*, 137-144.

EKLER

EK 1. Kontrol ile aromalandırılmış örneğe ait uçucu aroma profili kromatogramı

EK 2. *Origanum onites* L. ile aromalandırılmış örneğe ait uçucu aroma profili kromatogramı

EK 3. *Thymus vulgaris* L. ile aromalandırılmış örneğe ait uçucu aroma profili kromatogramı

EK 4. *Thymus citriodorus* L. ile aromalandırılmış örneğe ait uçucu aroma profili kromatogramı

EK 5. *Satureja hortensis* L. ile aromalandırılmış örneğe ait uçucu aroma profili kromatogramı

EK 6. *Origanum majorana* L. ile aromalandırılmış örneğe ait uçucu aroma profili kromatogramı

EK 7. *Artemisia dracunculus* L. ile aromalandırılmış örneğe ait uçucu aroma profili kromatogramı

EK 8. *Ocimum basilicum* L. ile aromalandırılmış örneğe ait uçucu aroma profili kromatogramı

EK 9. *Rosmarinus officinalis* L. ile aromalandırılmış örneğe ait uçucu aroma profili kromatogramı

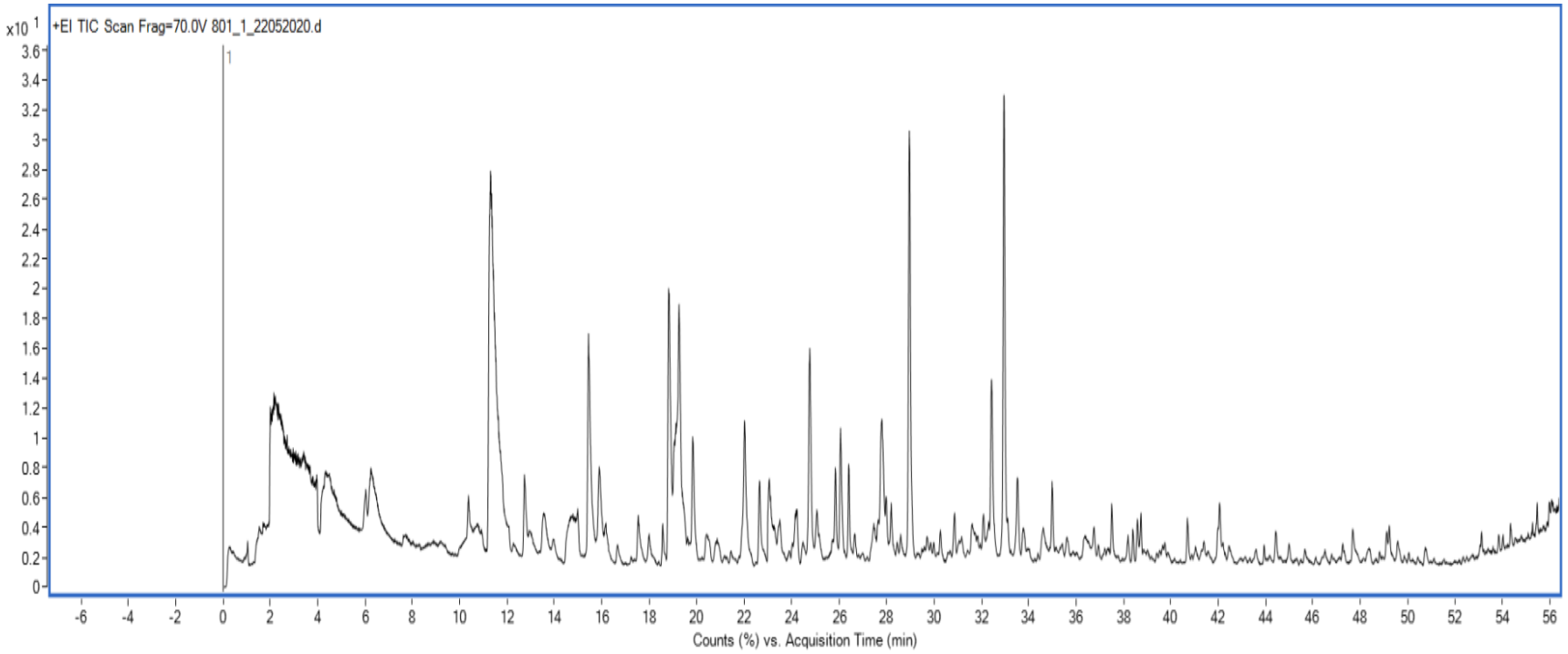
EK 10. *Lavandula angustifolia* L. ile aromalandırılmış örneğe ait uçucu aroma profili kromatogramı

EK 11. *Lippia citriodora* L. ile aromalandırılmış örneğe ait uçucu aroma profili kromatogramı

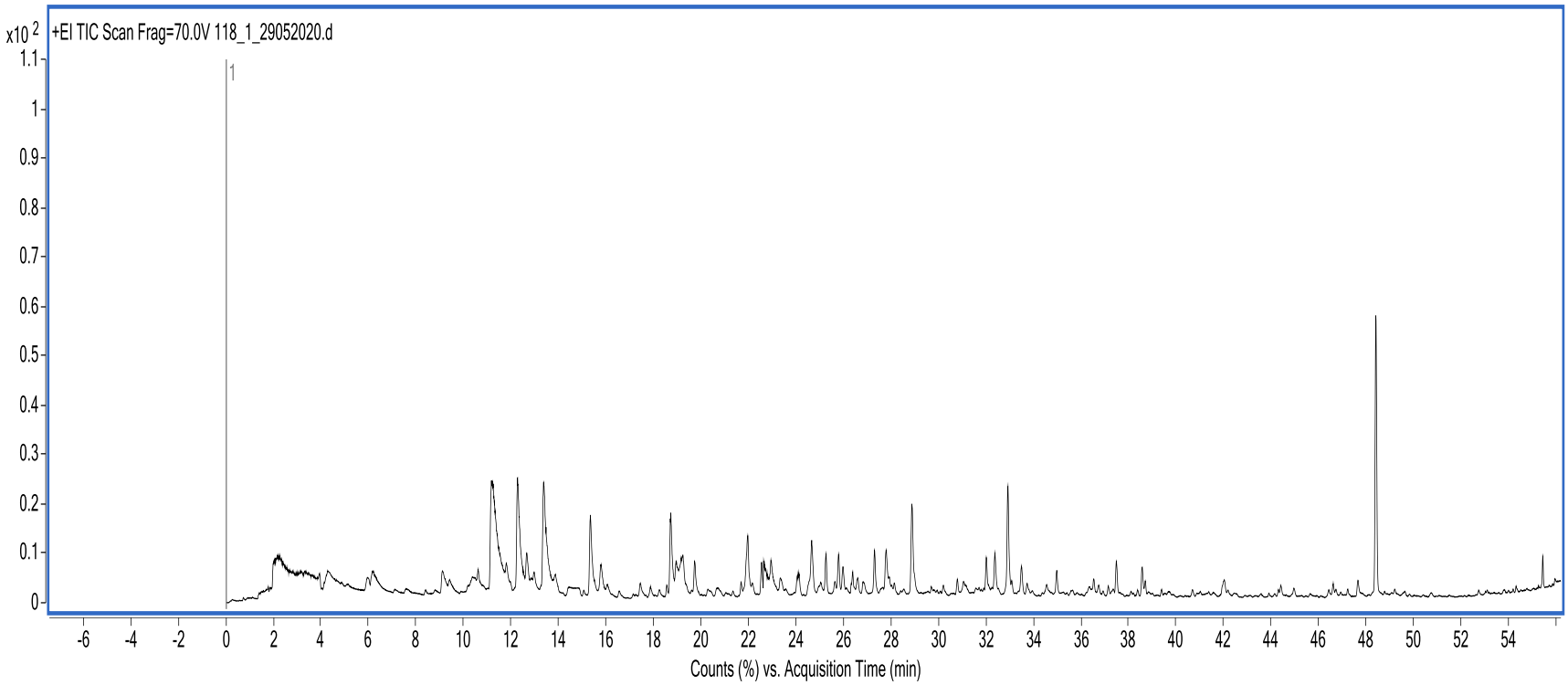
EK 12. *Mentha piperita* L. ile aromalandırılmış örneğe ait uçucu aroma profili kromatogramı

EK 13. *Mentha spicata* L. ile aromalandırılmış örneğe ait uçucu aroma profili kromatogramı

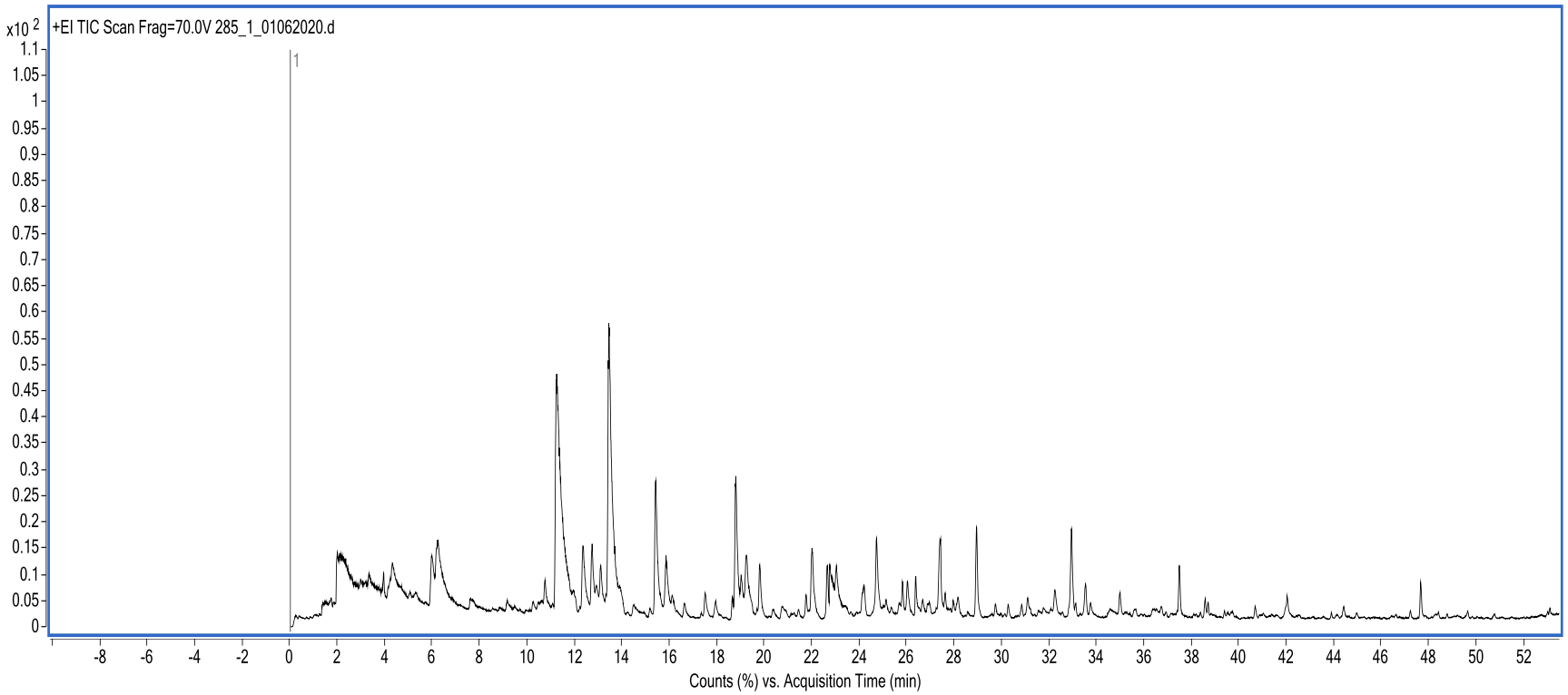
EK 1. Kontrol grubu örneğe ait uçucu aroma profili kromatogramı



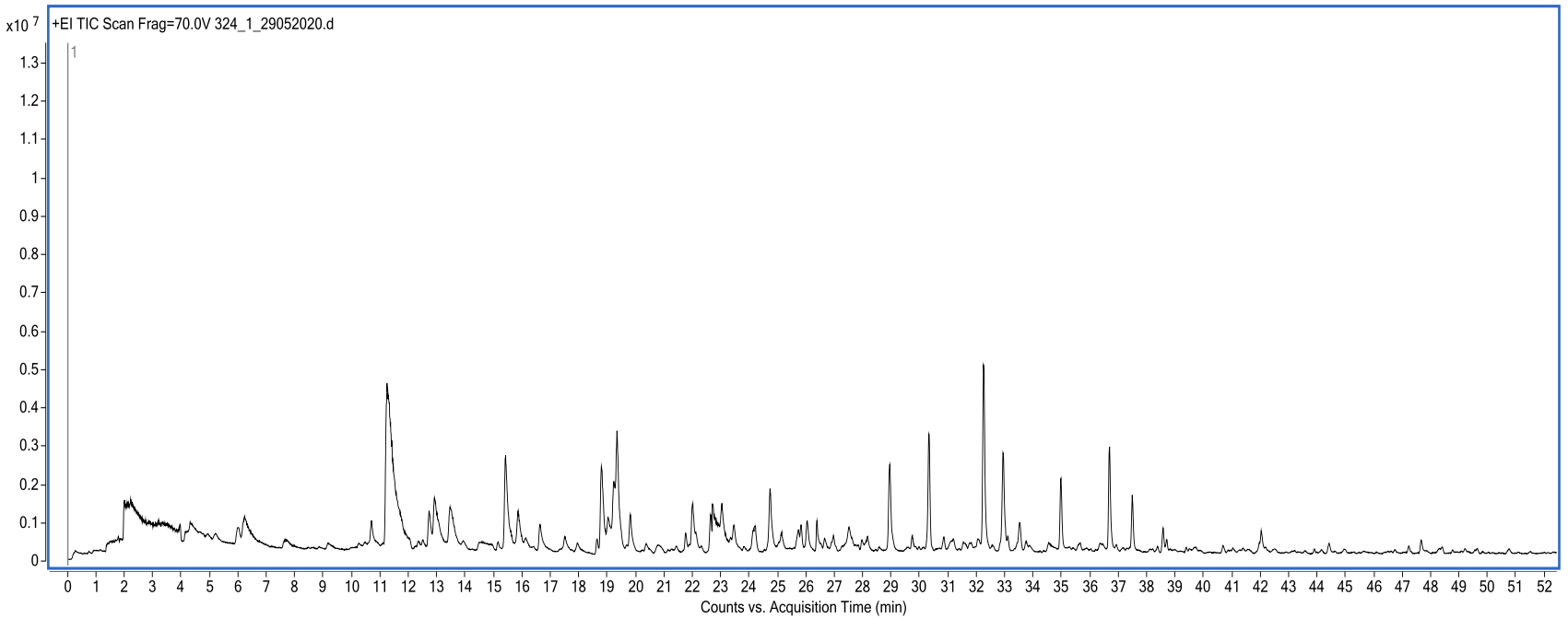
EK 2. *Origanum onites* L. ile aromalandırılmış örneğe ait uçucu aroma profili kromatogramı



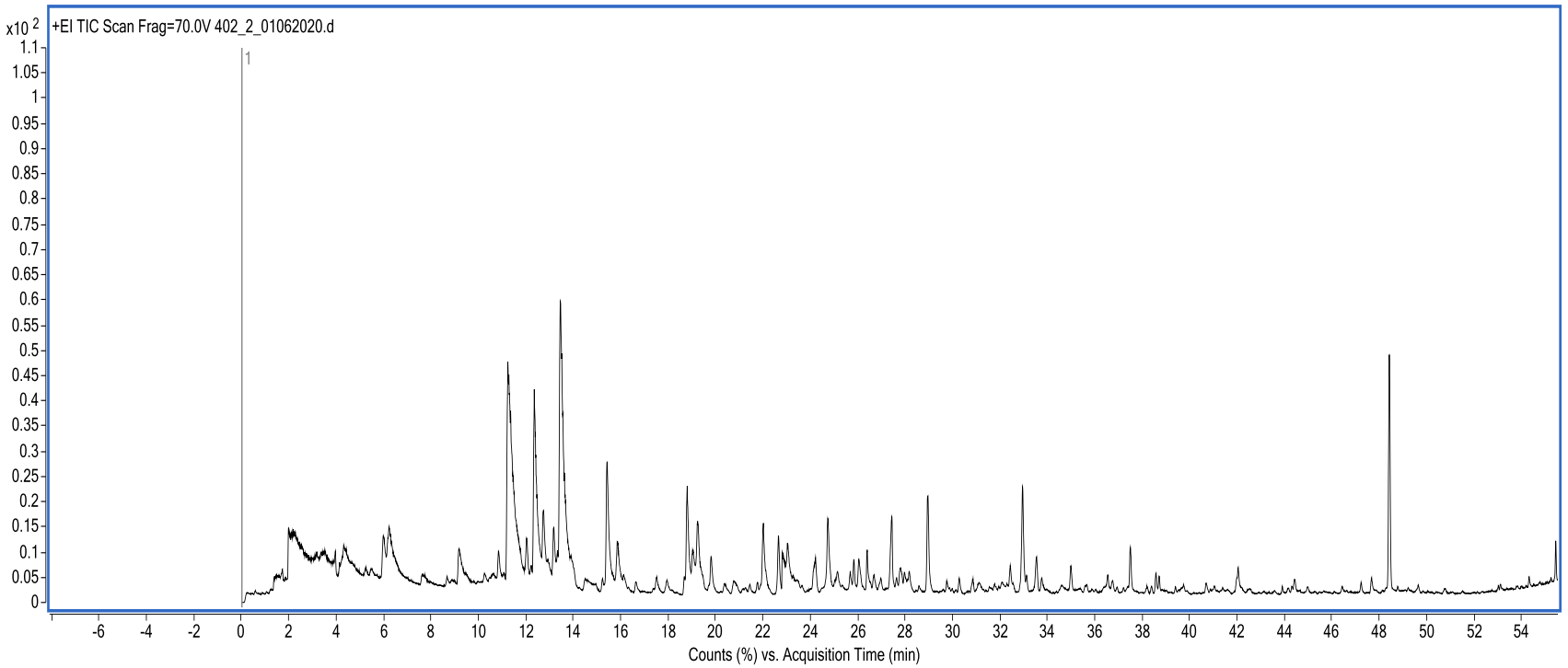
EK 3. *Thymus vulgaris* L. ile aromalandırılmış örneğe ait uçucu aroma profili kromatogramı



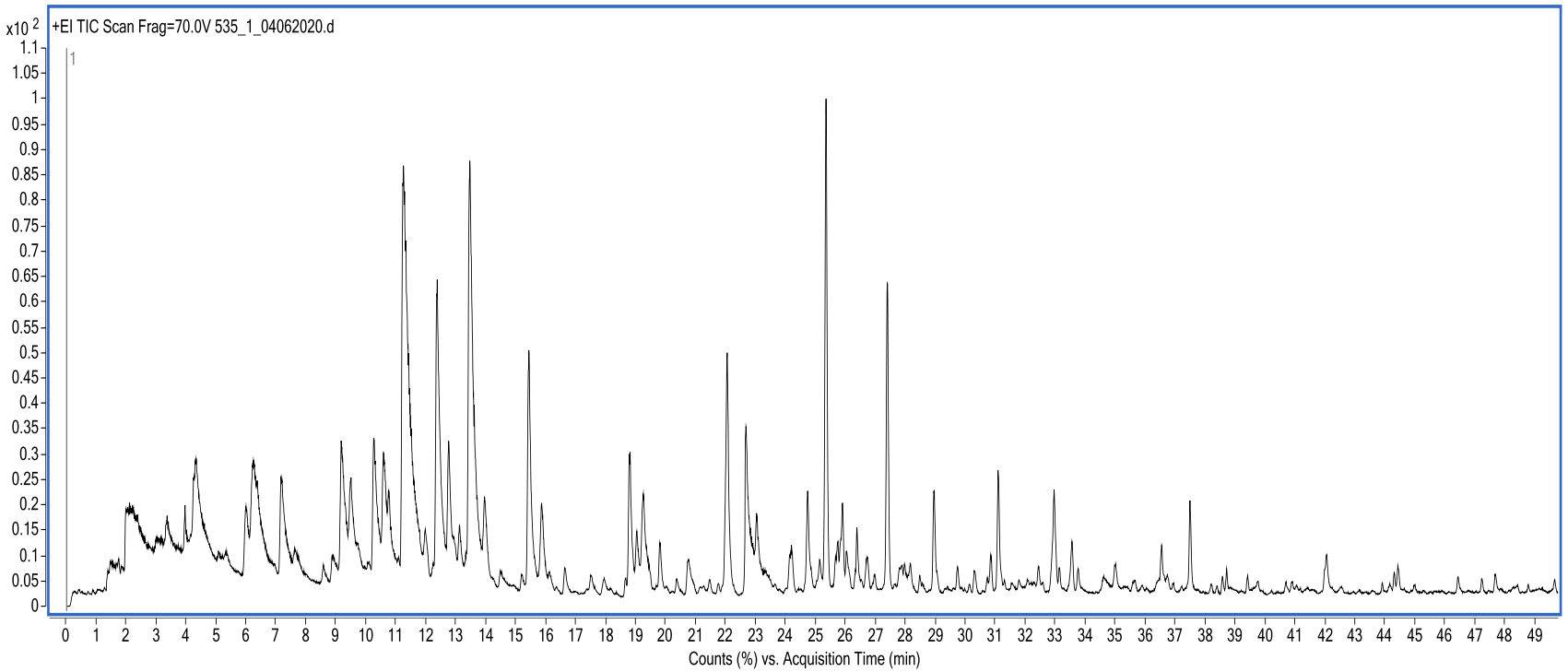
EK 4. *Thymus citriodorus* L. ile aromalandırılmış örneğe ait uçucu aroma profili kromatogramı



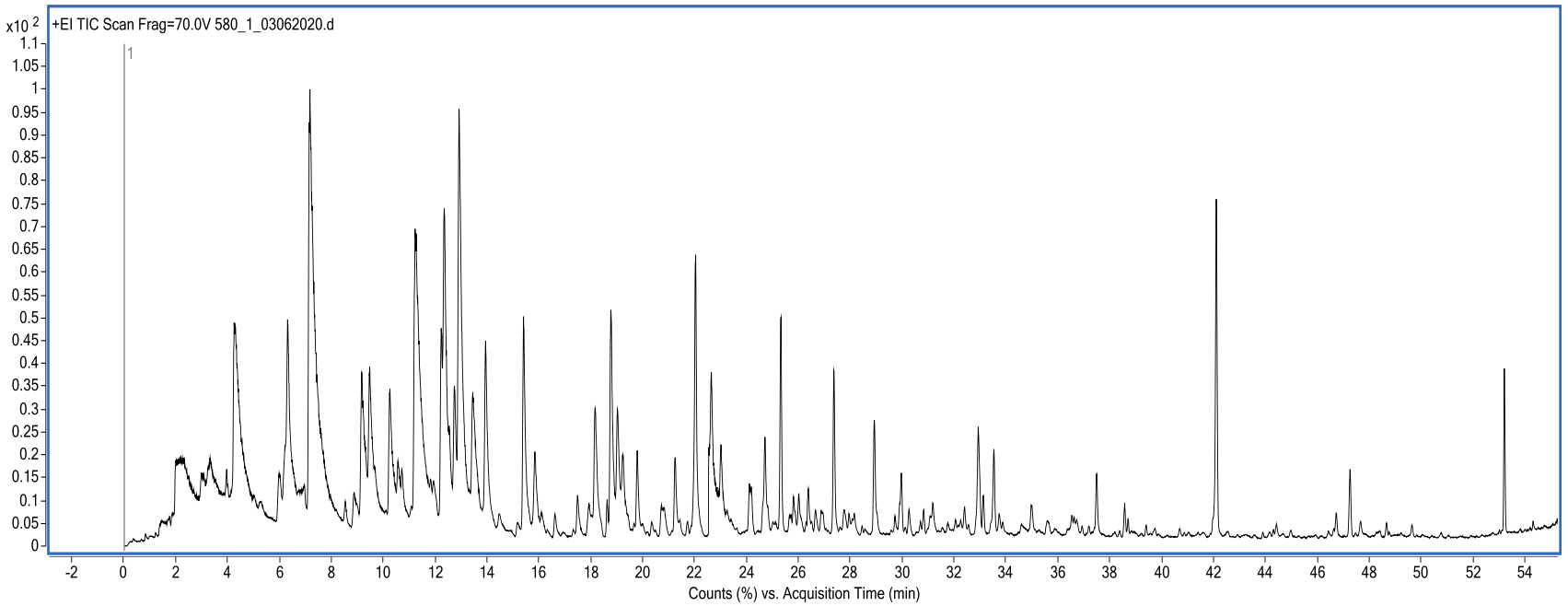
EK 5. *Satureja hortensis* L. ile aromalandırılmış örneğe ait uçucu aroma profili kromatogramı



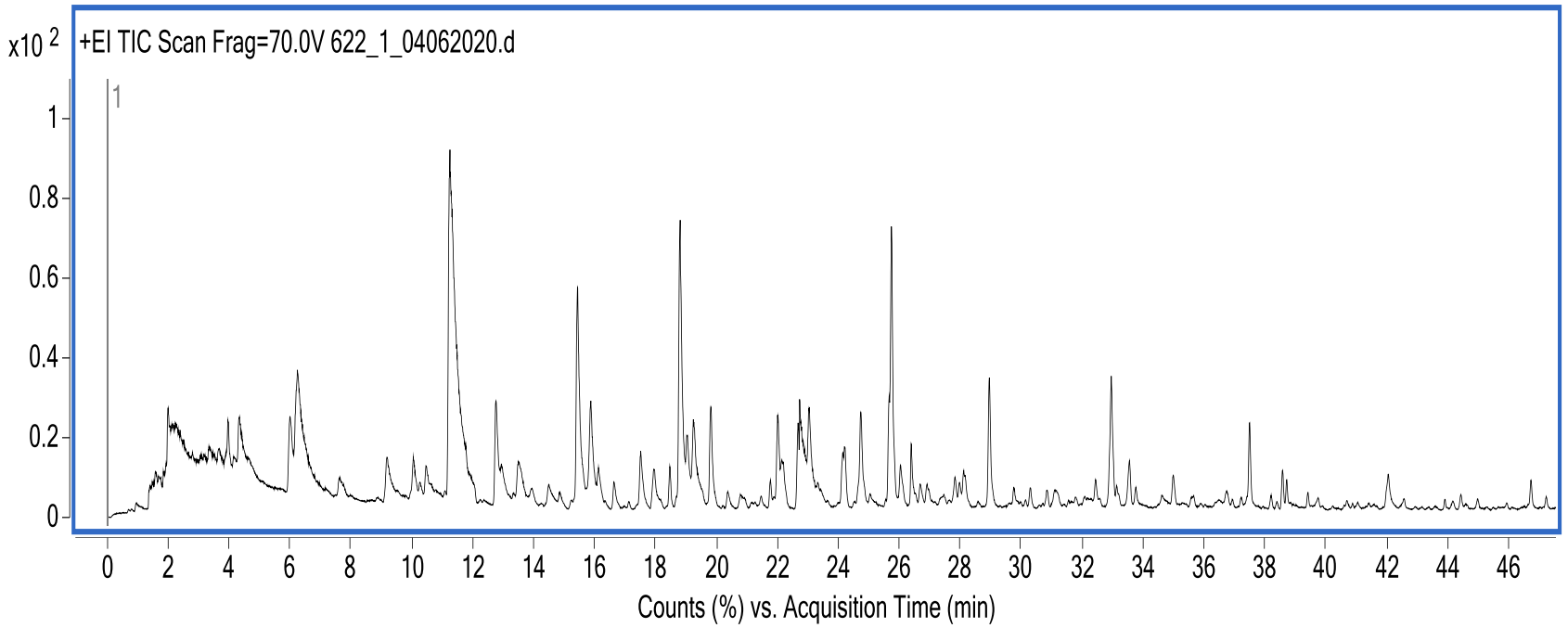
EK 6. *Origanum majorana* L. ile aromalandırılmış örneğe ait uçucu aroma profili kromatogramı



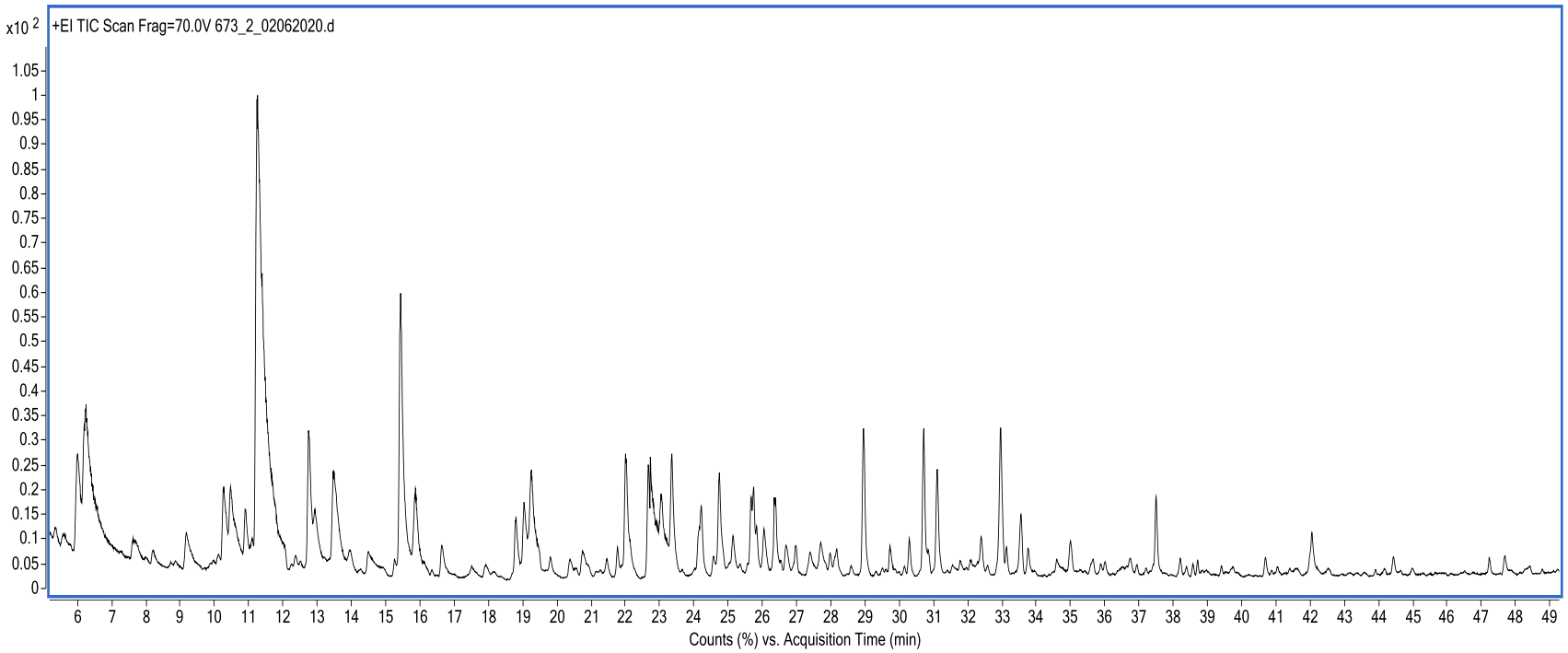
EK 7. *Artemisia dracunculus* L. ile aromalandırılmış örneğe ait uçucu aroma profili kromatogramı



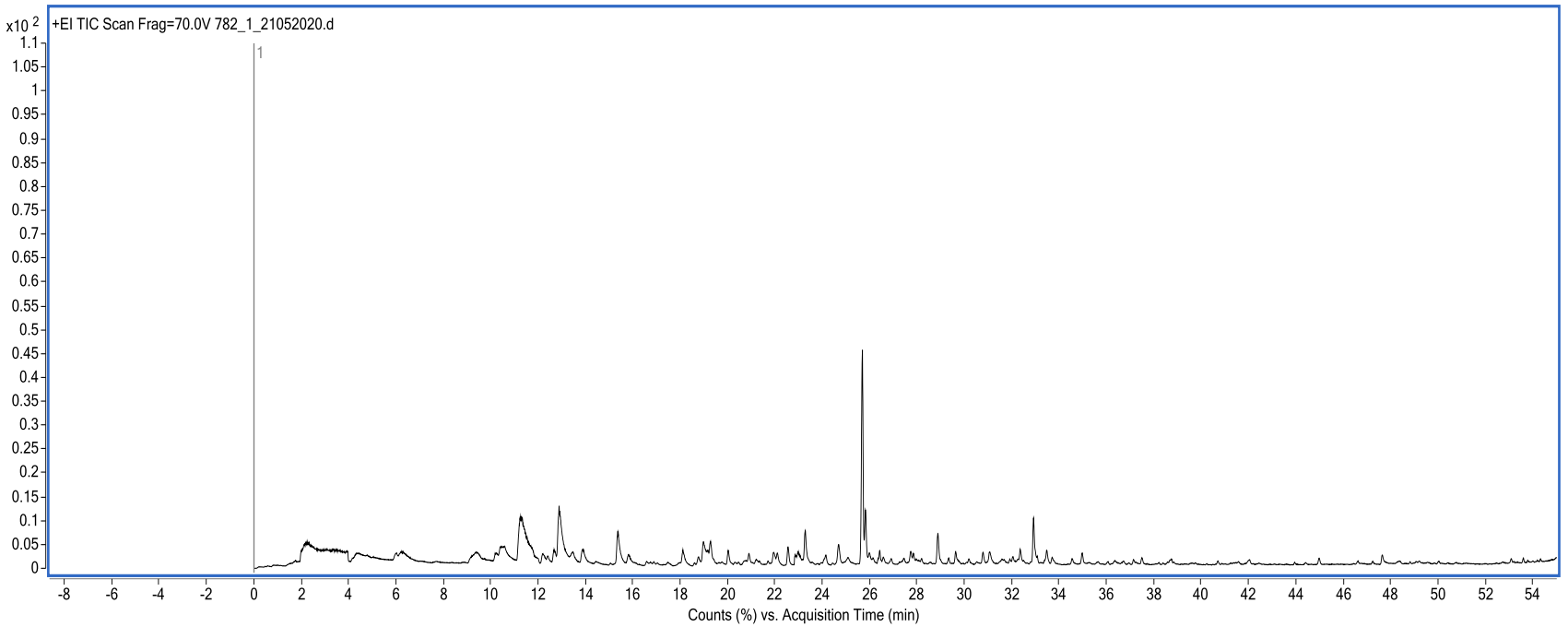
EK 8. *Ocimum basilicum* L. ile aromalandırılmış örneğe ait uçucu aroma profili kromatogramı



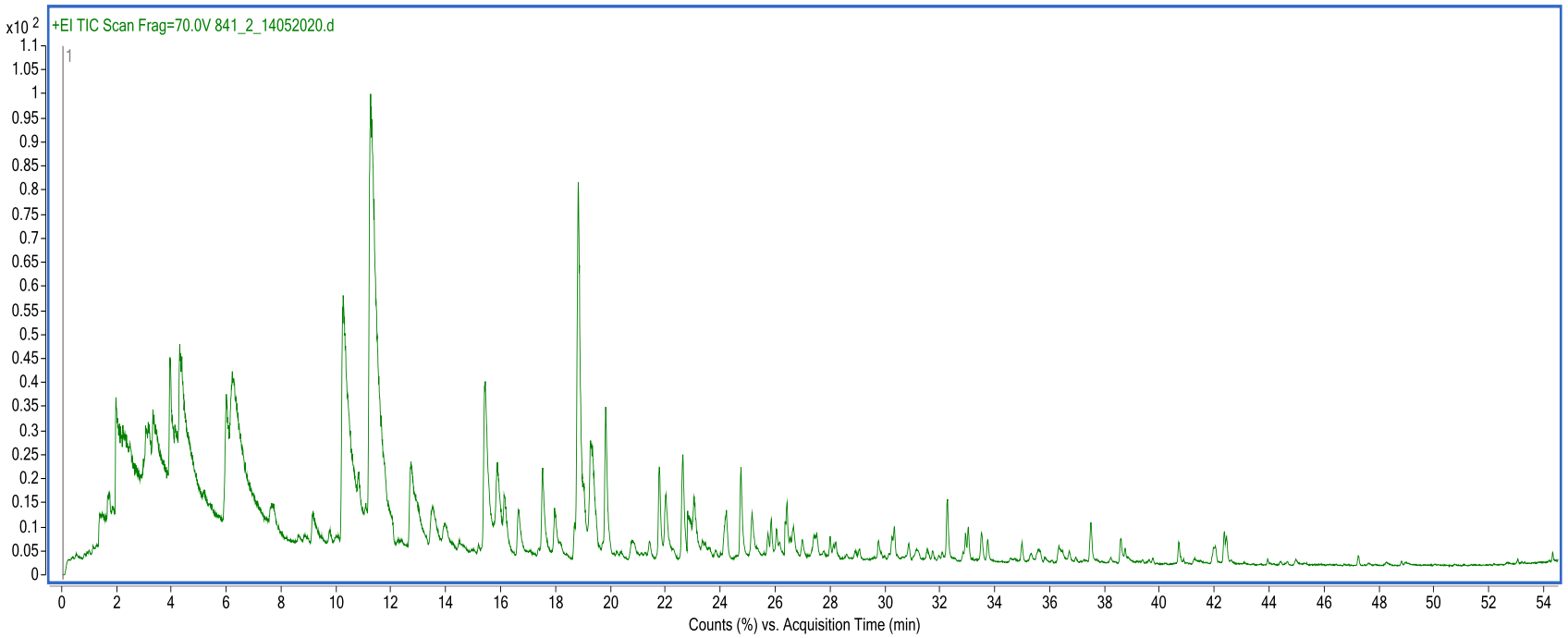
EK 9. *Rosmarinus officinalis* L. ile aromalandırılmış örneğe ait uçucu aroma profili kromatogramı



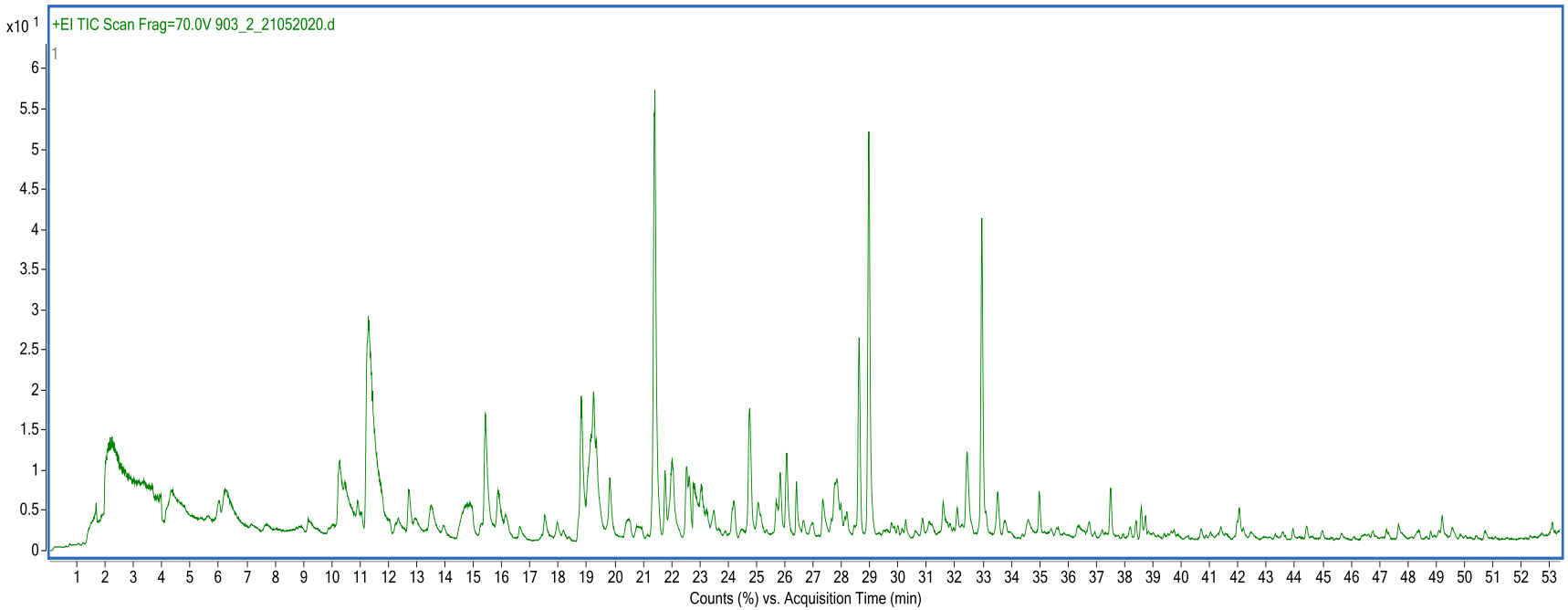
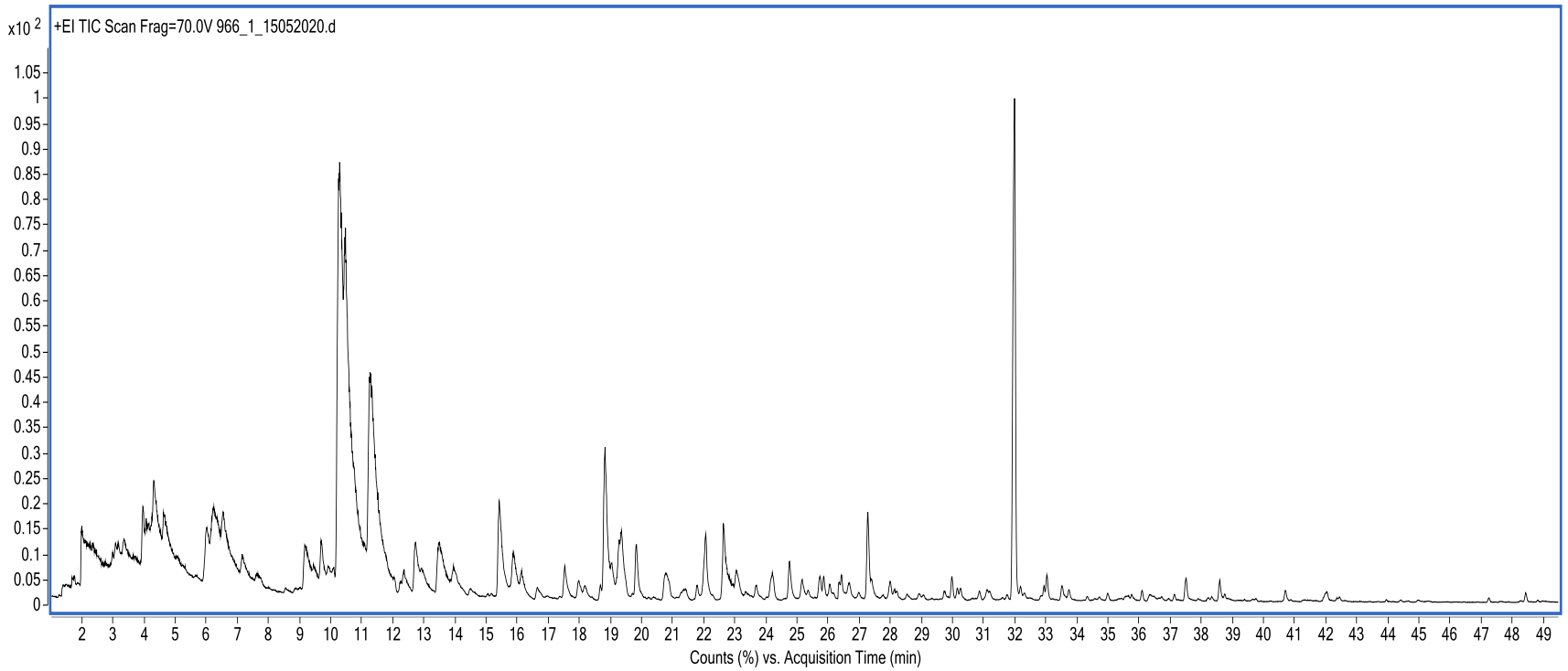
EK 10. *Lavandula angustifolia* L. ile aromalandırılmış örneğe ait uçucu aroma profili kromatogramı



EK 11. *Lippia citriodora* L. ile aromalandırılmış örneğe ait uçucu aroma profili kromatogramı



EK 12. *Mentha piperita* L. ile aromalandırılmış örneğe ait uçucu aroma profili kromatogramı



EK 13. *Mentha spicata* L. ile aromalandırılmış örneğe ait uçucu aroma profili kromatogramı