



**T.C.
MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HATAY İLİ ZEYTİNYAĞLARININ UÇUCU BİLEŞEN PROFİLLERİ
ÜZERİNDE ÇEŞİT ve OLGUNLUĞUN ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

LEYLA KARTAL

**GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**HATAY
OCAK-2015**



T.C.
MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

HATAY İLİ ZEYTİNYAĞLARININ UÇUCU BİLEŞEN PROFİLLERİ
ÜZERİNDE ÇEŞİT ve OLGUNLUĞUN ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

LEYLA KARTAL

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HATAY
OCAK-2015

MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HATAY İLİ ZEYTİNYAĞLARININ UÇUCU BİLEŞEN PROFİLLERİ
ÜZERİNDE ÇEŞİT ve OLGUNLUĞUN ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

LEYLA KARTAL
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Yrd. Doç. Dr. Dilşat BOZDOĞAN KONUŞKAN danışmanlığında hazırlanan bu tez,
27/01/ 2015 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından **OYBİRLİĞİ** ile kabul edilmiştir.

Yrd.Doç.Dr.Dilşat BOZDOĞAN KONUŞKAN
Başkan

Prof.Dr.Yahya Kemal AVŞAR
Üye

Doç.Dr.Celil TOPLU
Üye

Kod No:799

Prof.Dr. İsmail Hakkı KARAHA
Enstitü Müdürü

Bu çalışma MKÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından desteklenmiştir.
Proje No:1105 Y 0114

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

ÖZET

HATAY İLİ ZEYTİNYAĞLARININ UÇUCU BİLEŞEN PROFİLLERİ ÜZERİNDE ÇEŞİT VE OLGUNLUĞUN ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Bu çalışmada, Hatay'ın Altınözü ilçesinden 3 olgunluk döneminde toplanan Halhalı, Gemlik, Karamani ve Haşebi zeytin çeşitlerine ait zeytinyağı örneklerinin uçucu bileşen profillerinin çeşit ve olgunluğa bağlı olarak değişimi incelenmiştir. Ayrıca zeytinyağlarında serbest yağ asitleri, peroksit sayısı, ultraviyole ışığında özgül soğurma, toplam klorofil-karotenoid miktarları ve yağ asitleri kompozisyonu da tespit edilmiştir.

Zeytinyağı örneklerinde belirlenen uçucu bileşenlerin hekzanal, trans-2-hekzenal, 1-hekzanol, 1-heptanal, oktanal, nonanal ve trans-2-undekanal olduğu saptanmıştır. En yüksek değer ve olgunlaşmaya göre en çok azalma Gemlik çeşidinin trans-2-undekanal (15.13) bileşiğinde tespit edilmiştir.

Zeytinyağlarında serbest yağ asitliği değerleri en yüksek Gemlik çeşidinde (%0,04), en düşük ise Karamani çeşidinde (%0.26), peroksit değerleri en yüksek Haşebi çeşidinde (9.74 meqO₂/kg), en düşük ise Karamani çeşidinde (5.3 meqO₂/kg) bulunmuştur. Zeytinyağı örneklerinde tespit edilen başlıca yağ asitleri oleik asit (%69.9-77.2), palmitik asittir (%12.1-16.1). Yağ asitleri bakımından Karamani çeşidinin en yüksek oleik asit içeriğine sahip olup olgunlaşma ile arttığı, Halhalı çeşidinin ise en yüksek palmitik asit içeriğine sahip olup olgunlaşma ile azaldığı belirlenmiştir.

2015, 72 sayfa

Anahtar Kelimeler: zeytinyağı, Hatay, uçucu bileşenler, kalite, çeşit, olgunluk

ABSTRACT

A STUDY OF INFLUENCE OF CULTIVAR AND RIPENING ON VOLATILE COMPOUNDS PROFILES OF VIRGIN OLIVE OIL IN HATAY PROVINCE

In this study, it was investigated to change of depending on the cultivar and ripening of volatile component profiles of virgin olive oil samples of obtained from Halhalı, Gemlik, Karamani and Haşebi olive cultivars of collected at three ripening stage from the Altınözü district of Hatay province. Moreover, free fatty acidity, peroxide value, UV absorbtion, total chlorophyll-carotenoid contents and fatty acid composition were determined.

The volatile components detected in oil samples were hexanal, trans-2-hexenal, 1-hexanol, 1-heptanal, octanal, nonanal ve trans-2-undecanal. It was identified that the highest value and the lowest decreased for ripening at trans-2-undecanal component (15.13) of Gemlik cultivar.

The highest free fatty acid values were in Gemlik cultivar (%0,04) while the lowest ones were in Karamani cultivar (%0.26). On the other hand, the peroxide values were determined the highest in Haşebi cultivar (9.74 meqO₂/kg) and the lowest in Karamani cultivar (5.3 meqO₂/kg). Major fatty acids detected in samples were oleic acid (%69.9-77.2) and palmitic acid (%12.1-16.1). In terms of fatty acids, Karamani cultivar had the highest oleic acid content and increased with ripening, Halhalı cultivar had the highest palmitic acid content and decreased with ripening were determined.

2015, 72 pages

Key words: olive oil, Hatay, volatile components, quality, cultivar, ripening.

TEŞEKKÜR

Çalışmalarımın her aşamasında, sahip olduğu bilgi, beceri ve tecrübesini benimle paylaşmaktan kaçınmayan; maddi-manevi yardımı, desteği ve fedakarlığı esirgemeyen ve bana her zaman yol gösterip cesaret veren çok değerli Danışmanım Sn. Yrd.Doç.Dr.Dilşat BOZDOĞAN KONUŞKAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez aşamasında değerli önerileriyle ve çalışmalarına yardımlarıyla katkıda bulunan Sn. Prof.Dr.Yahya Kemal AVŞAR'a ve Sn. Doç.Dr. Celil Toplu'ya, Merkez Laboratuvarında analizlerim sırasında yardımlarını esirgemeyen Uzm. Seher MISIRLIOĞLU'na, istatistiksel analizlerimin yapılmasında yardımlarını esirgemeyen Sn.Yrd.Doç. Dr. Ömer KONUŞKAN'a ve Yrd.Doç. Dr. Aziz GÜL'e sonsuz teşekkürler ederim.

Çalışmam boyunca maddi, manevi destek ve yardımlarını esirgemeyen değerli eşim Yüksek Gıda Mühendisi Uğur KARTAL'a sonsuz teşekkür ederim. Bütün yaşamım boyunca maddi-manevi her türlü, emeklerini, desteklerini ve hoşgörülerini gördüğüm annem Gülten ALTINÖZ'e, babam Şerafeddin ALTINÖZ'e sonsuz teşekkürler ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ	V
ÇİZELGELER DİZİNİ	VI
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	VII
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	3
2.1.Zeytinin Botanik Özellikleri	3
2.2.Zeytinyağının Bileşimi ve Özellikleri.....	3
2.3. Uçucu Bileşenlerin Oluşumu ve Aroma Üzerine Etkisi	9
2.4. Uçucu Bileşenlerin Duyusal Kaliteye Etkisi	13
2.5. Zeytinyağındaki Uçucu Bileşenlerin Belirlenmesi ve İlgili Yöntemler.....	19
3. MATERYAL VE YÖNTEM	26
3.1 Materyal	26
3.2 Yöntem.....	28
3.2.1. Serbest Yağ Asitliği	28
3.2.2. Peroksit Sayısı.....	28
3.2.3.Ultraviyole Işığında Özgül Soğurma	29
3.2.4. Toplam Karotenoid ve Klorofil.....	30
3.2.5. Yağ Asitleri Kompozisyonu.....	31
3.2.6. Katı Faz Mikro Ekstraksiyon/Gaz Kromatografisi/Kütle Spektrometresi ile Uçucu Bileşenlerinin Analizi	31
3.2.7. İstatistiksel Değerlendirme.....	34
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	35
4.1 Serbest Yağ Asitleri	35
4.2. Peroksit Sayısı.....	36
4.3 Ultraviyole Işığında Özgül Soğurma	38
4.4 Toplam Karotenoid	41
4.5 Toplam Klorofil	43
4.6. Yağ Asitleri Kompozisyonu.....	44
4.7. Uçucu Bileşenler	52
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	61
KAYNAKLAR	63
ÖZGEÇMİŞ	71
EKLER.....	72
EK 1. Gemlik çeşidinde (1. derim) belirlenen uçucu bileşenlerin kromatografi	72
EK 2. Karamani çeşidinde (2. derim) belirlenen uçucu bileşenlerin kromatografi	72

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Naturel zeytinyağlarında lipoksigenaz yolu	12
Şekil 3.1. Halhalı zeytin çeşidinin resmi.....	26
Şekil 3.2. Gemlik zeytin çeşidinin resmi.....	27
Şekil 3.3. Haşebi zeytin çeşidinin resmi.....	27
Şekil 3.4. Katı faz mikro ekstraksiyon yönteminin önemli basamakları	33
Şekil 4.1. Zeytinyağındaki hekzenal bileşeninin olgunlaşmaya bağlı değişimi.....	54
Şekil 4.2. Zeytinyağındaki trans-2-hekzenal bileşeninin olgunlaşmaya bağlı değişimi .	55
Şekil 4.3. Zeytinyağındaki 1-hekzanol bileşeninin olgunlaşmaya bağlı değişimi	56
Şekil 4.4. Zeytinyağındaki 1-heptanal bileşeninin olgunlaşmaya bağlı değişimi.....	57
Şekil 4.5. Zeytinyağındaki oktanal bileşeninin olgunlaşmaya bağlı değişimi	58
Şekil 4.6. Zeytinyağındaki nonanal bileşeninin olgunlaşmaya bağlı değişimi	59
Şekil 4.7. Zeytinyağındaki trans-2-undekanal bileşeninin olgunlaşmaya bağlı değişimi	60

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Zeytinyağının yağ asitleri kompozisyonu	6
Çizelge 2.2. Zeytinyağında aroma üzerine etkili bileşenler ve duyuşsal tanımları	16
Çizelge 4.1. Zeytinyağı örneklerinin serbest yağ asitleri miktarına ilişkin ortalama değerler.....	35
Çizelge 4.2. Zeytinyağı örneklerinin peroksit sayılarına ilişkin ortalama değerler.....	37
Çizelge 4.3. Zeytinyağı örneklerinin K_{270} değerlerine ilişkin ortalama ölçüm sonuçları	38
Çizelge 4.4. Zeytinyağı örneklerinin K_{232} değerlerine ilişkin ortalama ölçüm sonuçları	39
Çizelge 4.5. Zeytinyağı örneklerinin Delta E değerlerine ilişkin ortalama ölçüm sonuçları.....	40
Çizelge 4.6. Zeytinyağı örneklerinin toplam karotenoid miktarına ilişkin ortalama değerler.....	41
Çizelge 4.7. Zeytinyağı örneklerinin toplam klorofil miktarına ilişkin ortalama değerler	43
Çizelge 4.8. Zeytinyağı örneklerinin palmitik asit değerlerine ilişkin ortalama ölçüm sonuçları.....	45
Çizelge 4.9. Zeytinyağı örneklerinin palmitoleik asit değerlerine ilişkin ortalama ölçüm sonuçları.....	46
Çizelge 4.10. Zeytinyağı örneklerinin stearik asit değerlerine ilişkin ortalama ölçüm sonuçları.....	47
Çizelge 4.11. Zeytinyağı örneklerinin oleik asit değerlerine ilişkin ortalama ölçüm sonuçları.....	48
Çizelge 4.12. Zeytinyağı örneklerinin linoleik asit değerlerine ilişkin ortalama ölçüm sonuçları.....	49
Çizelge 4.13. Zeytinyağı örneklerinin linolenik asit değerlerine ilişkin ortalama ölçüm sonuçları.....	50
Çizelge 4.14. Zeytinyağı örneklerinin araşidik asit değerlerine ilişkin ortalama ölçüm sonuçları.....	51
Çizelge 4.15. KFME/GK/KS analizleri sonucunda 2011-2012 hasat döneminde alınan zeytinyağlarında belirlenen uçucu bileşenler ve % alanları.....	53

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

KISALTMALAR

KFME	Katı Faz Mikro Ekstraksiyon
GK	Gaz Kromatografisi
KS	Kütle Spektrometresi
ITKS	İyon Tutucu Kütle Spektrometresi
TB	Tepe Boşluğu
STB	Statik Tepe Boşluğu
DTB	Dinamik Tepe Boşluğu
TD	Termal Desorpsiyon
SSE	Süperkritik Sıvı Ekstraksiyonu
DVB	Divinilbenzen
CAR	Carboxen
PDMS	Polidimetilsiloksan
PA	Poli Akrilat
IOOC	International Olive Oil Council
FID	Alev İyonizasyon Dedektörü

1.GİRİŞ

Zeytin ağacı (*Olea europaea* L.)'nin kökeni, yukarı Mezopotamya ve Güney Asya'dan gelmekte ve bu bölge Türkiye ve Suriye'nin Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin bir bölümünü içermektedir (Kıralan ve ark., 2009). Zeytinin dünyaya yayılışı üç yoldan olmuştur. Birincisi Mısır üzerinden Tunus ve Fas, ikincisi Anadolu boyunca Ege adaları, Yunanistan, İtalya ve İspanya ve üçüncüsü ise İran üzerinden Pakistan ve Çin'dir (Özkaya ve ark., 2010).

Zeytin ağacı için, yetiştirilmeye elverişli coğrafya; yazları sıcak, kışları ılıman geçen iklimlerdir (Anonim, 2010a). Bu yüzden zeytinin yetiştiği yerler Akdeniz Ülkeleri'dir.

2013 sezonu dünya zeytin üretimi verilerine göre İspanya 7.875 bin ton ile birinci sırada, ülkemiz ise 1.666 bin ton ile dördüncü sırada yer almaktadır (FAO, 2013). Dünya zeytinyağı üretiminde ise İspanya 1.384 bin ton ile birinci sırada, İtalya 572 bin ton ile ikinci sıradadır. Yunanistan 350 bin ton ile üçüncü sırada, ülkemiz ise 206 bin ton ile dördüncü sırada yerini almaktadır (FAO, 2012).

2013/2014 zeytin sezonunda Türkiye'de toplam 166.146.570 adet zeytin ağacı bulunmakta olup, bunun yaklaşık 136 milyonu (136.750.764) meyve veren, yaklaşık 29 milyonu (29.395.806) ise meyve vermeyen yaşta ağaçlardır. Ayrıca 410.162 tonu sofralık zeytine, 623.223 tonu ise yağlık zeytine ayrılmaktadır (Anonim,2013a).

Ege ve Marmara Bölgesinde 96.337.252 adet meyve veren 11.088.249 adet meyve vermeyen ağaç mevcut olup, bunun 287.645 tonu sofralık, 356.785 tonu yağlık zeytine ayrılmaktadır. Güneydoğu Anadolu ve Doğu Akdeniz Bölgesi'nde toplam 28.446.688 adet meyve veren, 11.022.946 adet meyve vermeyen ağaç mevcuttur ve bunun 62.437 tonu sofralık zeytine, 261.198 tonu yağlık zeytine ayrılmaktadır. (Anonim, 2013b). Akdeniz Bölgesi'nde zeytin üretiminde birinci sırada gelen Hatay ilinde ise mevcut ağaç sayısı 14.540.011 adet olup bunun 11.888.323 adet meyve veren ağaçlardır. Ayrıca bunun 71.215 tonu yağlık zeytine, 23.892 tonu ise sofralık zeytine ayrılmaktadır (Anonim, 2013a).

Zeytinden zeytinyağının teknolojik olarak elde edilışinde birkaç ön basamak vardır. Bunlar; yaprak ve toprak ayırma, yıkamadır. Bunu kırma, ezme ve zeytin hamurundan yağı ayırma (ve suyu) işlemleri izler. Yağı ayırma işlemlerinin yapıldığı son basamak üç şekilde yapılabilir. Bunlar; en eski sistem olan presleme, en yaygın olan kontinü sistem santrifüj ve hamurdaki sıvıların farklı yüzey gerilimleriyle ayrıldığı perkolasyon sistemidir (Gomes da Silva ve ark., 2008).

Zeytinyağının kalitesini besinsel ve duysal yönleri etkilemektedir. Zeytinyağının aroması uçucu bileşiklerden önemli ölçüde etkilenmekte; besinsel değeri ise yüksek miktardaki oleik asit ve fenolik bileşikler gibi minör bileşen içeriğinden kaynaklanmaktadır (Kalua ve ark., 2007). Ayrıca zeytinyağı, çoklu doymamış yağ asitleri, fenolikler (hidroksitirosol, tirosol ve oleuropein), squalen, oleik asit (tekli doymamış yağ asitleri) gibi bileşenlere sahip olması sebebiyle de önemli bir gıdadır (Cajka ve ark., 2010).

Zeytinyağı, sabunlaşan ve sabunlaşmayan olmak üzere iki ana gruptan oluşur: Zeytinyağı kompozisyonunun yaklaşık % 98'ini trigliseritler, kısmi gliseritler, yağ asidi esterleri ve esterleşmemiş serbest yağ asitleri gibi sabunlaşan maddeler oluştururken; steroller, hidrokarbonlar, pigmentler, fenoller, flavonoidler ve uçucu bileşikler gibi bir çok farklı kimyasal yapıları içeren sabunlaşmayan maddeler de % 2'sini oluşturmaktadır (Cavalli ve ark., 2004).

Zeytinyağının rafinasyon işlemine tabi tutulmaması, yapısında yer alan ve sağlık üzerine olumlu etki gösteren birçok bileşiğin yağın içinde kalmasına ve zeytinyağının eşsiz aroma ve lezzetini oluşturan çoğu bileşenin kaybının önlenmesine neden olmaktadır (Kara, 2011).

Bu çalışmada, Hatay-Altınözü'nden 2011-2012 zeytin sezonunda 15 Eylül-15 Ekim-15 Kasım olmak üzere 3 olgunluk döneminde toplanan Halhalı, Gemlik, Karamani ve Haşebi zeytin çeşitlerine ait zeytinyağı örneklerinde uçucu bileşenler ile serbest yağ asitleri, peroksit sayısı, ultraviyole ışığında özgül soğurma, toplam karotenoid, toplam klorofil ve yağ asitleri kompozisyonunun çeşit ve olgunluğa bağlı olarak değişimlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bu bölümde, zeytin ve zeytinyağı ile ilgili genel bilgiler ve natürel zeytinyağlarında bulunan uçucu bileşenler üzerine ülkemizde ve zeytinciliğin gelişmiş olduğu ülkelerde yapılmış çalışmalar derlenmiştir.

2.1. Zeytinin Botanik Özellikleri

Zeytin, 30°-45° kuzey ve güney enlemleri arasında yetiştirilmekte, ancak dünyada zeytin yetiştiriciliğinin büyük bir kısmı (%98) Akdeniz iklim kuşağında yapılmaktadır. Zeytin, iklim bakımından yağışı bol olan ılık bir kışa, kuru ve sıcak bir yaza, kısa ilkbahara ve uzun sonbahara ihtiyaç duyar (Toplu, 2000). Zeytin ağacının dayanabildiği minimum sıcaklık -7°C iken, sulama koşulu ile dayanabildiği maksimum sıcaklık ise 40°C'dir (Anonim, 2014a). Ancak iyi bir büyüme ve meyve oluşumu için sıcaklığın 15-25°C'lerde olması istenir (Bozdoğan Konuşkan, 2008).

Zeytin ağacı vejetasyon döneminde yaklaşık 750-800 mm'lik yağışa ihtiyaç duymaktadır. Bu yağışın %24'ü vejetasyon başlangıcı ve gelişme dönemi olan Mart-Nisan aylarında, %6'sı çiçeklenme dönemi olan Mayıs ayında, %50'si meyve büyüme dönemi olan Haziran-Temmuz periyodunda, %20'si ise meyvenin olgunlaşma dönemi olan Ağustos-Eylül aylarında ağaç tarafından kullanılmaktadır. Zeytin ağaçlarında yüksek kaliteli üretim ve iyi dengelenmiş büyüme için gerekli suyu bu dönemlerde yeterli miktarda toprakta bulmalıdır (Anonim, 2014a).

2.2. Zeytinyağının Bileşimi ve Özellikleri

Naturel zeytinyağı, zeytin ağacının meyvesinden sadece mekanik veya diğer fiziksel yöntemlerle elde edilen ve yağın bozulmasına neden olmayacak koşullarda, özellikle ısıya maruz kalması önlenerek, yıkama, dekantasyon, santrifüjleme ve süzme dışında hiç bir işlem görmemiş olan yağıdır (Cimato ve ark., 2006, Bozdoğan Konuşkan, 2008). Yani zeytinyağının kendine özgü, benzersiz bir yağ olması diğer bitkisel yağların

aksine herhangi bir rafine işleminden geçmeden ham olarak tüketilmesine bağlanmaktadır (Dhifi ve ark., 2005).

Zeytinyağı üretimi iklimsel, genetik, agronomik faktörlerden ve bunların birbirleriyle etkileşimlerinden etkilenmektedir. Sıcaklık ve yağış gibi iklimsel faktörler, bitkinin fizyolojik davranışını ve bunun sonucu olarak da yağın kimyasal özelliklerini etkilemektedir (Ben Temime ve ark., 2006a).

Zeytinyağının yaklaşık %98-99'luk kısmını (major bileşenler) sabunlaşan fraksiyonda bulunan trigliseridler (yağ asitleri), mono-digliseridler, serbest yağ asitleri ve fosfolipidler (fosfatidler) oluştururken %1-2'lik kısmını ise (minör bileşenler), sabunlaşmayan fraksiyonda bulunan fenolik maddeler, tokoferoller, steroller, skualen, karotenoidler ve klorofil oluşturmaktadır (Boskou, 2006). Zeytinyağında bulunan minör bileşenler sağlığa faydaları ve raf ömrüne etkileri sebebiyle büyük öneme sahiptir (Beltran ve ark., 2005).

Naturel sızma zeytinyağı, koroner kalp hastalıkları ve kanser riskini azaltması, başlıca esansiyel yağ asitlerine sahip olması; kolesterol seviyesini kontrol etmesi, tekli doymamış yağ asitlerine sahip olması, yüksek miktarda oleik asit ve yeterli miktarda linoleik ve linolenik asitleri bulundurması sebebiyle Akdeniz diyetinde önemli nutrasötik etkiye sahip temel bir yağ kaynağıdır (Tura ve ark., 2008). Yani yüksek kalitedeki naturel zeytinyağına talebin yüksek olması, sadece potansiyel sağlık faydalarına değil aynı zamanda mükemmel aroma özelliklerine de bağlanabilmektedir (Sánchez-Ortiz ve ark., 2013).

Naturel zeytinyağının kimyasal kompozisyonu ve kalitesi çeşitli faktörlerden etkilenmektedir; bunlar arasında coğrafi üretim alanı (rakım, toprak bileşimi, enlem), üretim yılı içerisinde hüküm süren iklimsel koşullar, zeytin çeşidi ve ekstraksiyon yer almaktadır (Dağ ve ark., 2011). Zeytinyağının kalitesi ekstraksiyon prosesindeki çalışma koşullarından, örneğin; oksijene maruz kalınan sıcaklık ve süre gibi faktörlerden etkilenebilmektedir (Migliorini ve ark., 2011).

Zeytinyağının kalitesi; ticari, besinsel ve duyuşal olarak tanımlanabilmektedir. (Kalua ve ark., 2007). Zeytinyağının duyuşal kalitesi, oksidatif stabilitesi ve sağlık özellikleri, önemli ve dengeli bir kimyasal kompozisyonundan ileri gelmektedir (Baccouri ve ark., 2008a). Zeytinyağının aroması, uçucu bileşiklerin güçlü etkisinden kaynaklanırken; besinsel değeri, yüksek seviyedeki oleik asitten ve fenolik bileşikler

gibi minör bileşenlerden kaynaklanmaktadır (Kalua ve ark., 2007, Tura ve ark., 2004; Gómez-Rico ve ark., 2008). Buna bağlı olarak da uçucu bileşenler ve fenolikleri içeren zeytinyağının tüketici tercihini ve yüksek oranda kabul görmesini büyük ölçüde bu bileşiklerin belirlediği bildirilmektedir (Gómez-Rico ve ark., 2008).

Zeytinyağındaki antioksidan içeriği sabit değildir; zeytin çeşidine, meyvenin olgunlaşma safhasına, tarımsal iklim koşullarına ve zeytin yetiştirme tekniğine bağlı olarak değişmektedir (Beltran ve ark., 2005). En önemli antioksidanlar polifenoller, tokoferoller ve pigmentlerdir. Bu bileşikler yağ asitlerinin oksidasyonunu ve istenmeyen aromanın oluşumunu geciktirmektedir. Zeytinyağının diğer yemeklik yağlardan daha stabil olması, içerdiği yüksek miktardaki fenolik bileşikler, α -tokoferol, karotenoidler ve tekli doymamış yağ asitlerinden kaynaklanmaktadır (Tura ve ark., 2007).

Zeytinin olgunlaşması naturel zeytinyağının kalitesiyle ilgili en önemli faktörlerden biridir (Jimenez ve ark., 2013). Olgunlaşma esnasında meyvenin ağırlığı, çekirdek-pulp oranı, rengi, yağ miktarı ve yağın kimyasal kompozisyonu değişmekte ve enzim aktiviteleri meyvede önemli ölçüde değişikliğe sebep olmaktadır (Dağ ve ark., 2011; Salvador ve ark., 2001). Bu değişimlere bağlı olarak, her bir zeytin çeşidi için en iyi hasat zamanı belirlenmelidir. Bu durum ağaç verimliliğini optimize etmek ve yüksek kalitede zeytinyağı elde etmek için önemli bir faktördür (Jimenez ve ark., 2013). Ayrıca tüm bu değişimler, meyve sertliğini, yağ ekstraksiyonunun kolaylığını ve duyu özellikleri, özellikle aromayı, oksidatif stabiliteyi, son ürünün besinsel değerini ve buna bağlı olarak da yağın kalite derecesini etkilemektedir (Fuentes de Mendoza ve ark., 2013).

Zeytinyağı, esterleşmeye girmemiş serbest yağ asitlerini (oleik asit) içermektedir. Zeytinyağında serbest kalan oleik asit miktarının az olması durumunda zeytinyağı üstün kaliteli ve lezzetlidir. Serbest kalan oleik asit sayısı arttıkça zeytinyağında istenmeyen acılık ortaya çıkmaktadır (Anonim, 2010b).

Yağların depolanması sırasında oksijenin, sıcaklığın, metal iyonlarının ve ışığın etkisiyle bozulmaları söz konusu olabilmektedir. Zeytinyağında bozulmanın derecesi kaliteyi etkileyen peroksit sayısı miktarının ölçümüyle belirlenmektedir (Anonim, 2010b). Zeytinyağında kalite kaybının temel sebeplerinden biri oksidasyondur. Oksidasyon, naturel zeytinyağı elde edildikten sonra başlayan kaçınılmaz bir sürecin

sonucu olarak ortaya çıkmakta ve depolama esnasında daima daha ciddi bir bozulmaya yol açmaktadır. Oksidasyonda ilkin lipidler hidroperoksitlere okside olarak koku ve tat kaybına yol açarlar. Hidroperoksitler oksidasyona daha fazla duyarlıdır, ransiditeye tam bir katkı sağladığı bilinen ve hoş olmayan tipik duyuşsal özelliklere neden olan ikincil reaksiyon ürünlerini meydana getirirler (Ben-Hassine ve ark., 2013).

Zeytinyağlarının 232 ve 270 nm'de ölçülen özgül absorbans değerleri, oksidasyona dayanıklılıklarının bir ölçütü olarak değerlendirilen önemli bir kalite kriteridir. 232 nm'de ölçülen özgül absorbans değeri, oksidasyonun birinci basamağı olan hidroperoksitlerin ve konjuge dienlerin; 270 nm'de ölçülen özgül absorbans değeri de oksidasyonun ikinci basamağı olan karbonilik bileşikler ile konjuge trienlerin göstergesidir. Delta E değeri ise zeytinyağlarının asit aktivite ağartma toprakları ile işlenip işlenmediğinin belirlenmesinde kullanılan ve rafine ya da pirina varlığının tespit edildiği önemli bir kriterdir (Anonim, 2014b).

Zeytinyağlarının yağ asitleri kompozisyonu da kalite kriteri olarak değerlendirilmektedir. Zeytinyağındaki yağ asitleri bileşiminin Türk Gıda Kodeksi'nde belirlenen sınırları Çizelge 2.1.'de yer almaktadır.

Çizelge 2.1. Zeytinyağının yağ asitleri kompozisyonu (Anonim, 2010c)

Yağ Asitleri	İçerik (%)
Miristik (C14:0)	≤0.05
Palmitik (C16:0)	7.5-20
Palmitoleik (C16:1)	0.3-3.5
Heptadekanoik (Margarik) (C17:0)	≤0.3
Heptadesenoik (Margoleik) (C17:1)	≤0.3
Stearik (C18:0)	0.5-5.0
Oleik (C18:1)	55.0-83.0
Linoleik (C18:2)	3.5-21.0
Linolenik (C18:3)	≤1.0
Araşidik (C20:0)	≤0.6
Gadoleik(Eikosenoik) (C20:1)	≤0.4
Behenik (C22:0)	≤0.2
Lignoserik (C24:0)	≤0.2

Türk Gıda Kodeksi'nde belirtilen değerlere göre; zeytinyağında en fazla bulunan yağ asidi Çizelge 2.1.'de de görüldüğü gibi oleik asit (C18:1) olup % 55.0-83.0 arasındadır. Palmitik asit (C16:0) ve linoleik asit (C18:2) oleik asitten sonra en fazla oranda bulunan yağ asitleridir ve miktarları sırasıyla %7.5-20.0 ve %3.5-21.0 arasındadır. Diğer yağ asitleri ise miristik (C14:0), palmitoleik (C16:1), heptadekanoik (C17:0), heptadesenoik (C17:1), stearik (C18:0), linolenik (C18:3), araşidik (C20:0), eikosenoik (C20:1), behenik (C22:0) ve lignoserik (C24:0) asittir (Anonim, 2010c).

Zeytinyağının besinsel değeri yağ asitleri içeriği ile de ilgilidir (Sakouhi ve ark., 2008). Naturel zeytinyağındaki yağ asitleri ve trigliserit içeriği enlem, iklim, çeşitlilik ve zeytinin olgunlaşma safhasına bağlı olarak önemli ölçüde değişiklik göstermektedir (Sevim ve ark., 2013). Ayrıca zeytinyağının yağ asidi kompozisyonunu etkileyen ana faktör meyve çeşitliliğidir (Garcia-Mesa ve ark., 2008). Bununla birlikte zeytinyağının yağ asidi profili kaliteye önemli katkılar sağlamakta ve gen orijinini belirlemede kullanılmaktadır (García-Inza ve ark., 2014). Trigliserit kompozisyonu da zeytinyağının karakterizasyon ve ayrımını belirten kimlik tespiti için son derece önemlidir (Sevim ve ark., 2013). Galeano Diaz ve ark. (2005), yaptıkları bir çalışmada zeytin çeşitlerine bağlı olarak yağların karakterize edilmesinde en iyi sonuçları trigliserit içeriğinde bulmuşlardır. Yağ asidi kompozisyonu temel olarak tekli doymamış yağ asidi olan oleik asit ile karakterize edilmekte ve bu bileşiği sırasıyla doymuş yağ asidi olan palmitik asit ve çoklu doymamış yağ asidi olan linoleik asit takip etmektedir (Garcia-Mesa ve ark., 2008). Oleik asit, zeytinyağındaki toplam yağ asidi bileşiminin %60-80' ini, çoklu doymamış yağ asitleri olan linoleik ve linolenik asitler ise % 5-8' ini oluşturmaktadır (Maggio ve ark., 2009). Zeytin meyvesindeki temel yağ asidi olan oleik asidin konsantrasyonu, ayçiçek yağı gibi tohum yağlarından farklı olarak, genelde enlem veya yükseklik azaldıkça azalmaktadır. Bu durumun sıcaklık artışıyla ilgili olduğu belirtilmektedir (García-Inza ve ark., 2014).

Doymamış yağ asitleri kolesterol seviyesini düzenlemeye yardımcı olmaktadır. Tekli doymamış yağ asitleri LDL-kolesterol reseptörünün mRNA'da taşınmasını teşvik ederek göğüs kanseri riskini azaltmaktadır (Sakouhi ve ark., 2008). Ayrıca linoleik asit içeriğinin koroner kalp hastalıkları ve kanser riskini azaltmada yeterli olduğu bildirilmektedir (Casale ve ark., 2012).

Depolama ve pişirme esnasında trigliseritler hidroliz, oksidasyon, izomerizasyon ve polimerizasyon gibi bir dizi reaksiyona uğrayabilmektedir. Ayrıca, hidrolize tekli doymamış ve çoklu doymamış yağ asitleri; peroksit, aldehit ve ketonların üretimine yol açan ve besinsel ve duyuşal kalitede genel bir azalmaya sebep olan oksidatif reaksiyonlara uğrayabilmektedir (Maggio ve ark., 2009).

Zeytinyağının besinsel değeriine katkı sağlayan steroller genel olarak 4 alt kategoriye ayrılır: 4,4-desmetilsteroller, 4- α -metilsteroller, 4,4-dimetilsteroller ve triterpen dialkoller (Manai-Djebali ve ark., 2012). Birçok faktör zeytin meyvesindeki nicel sterol profilini etkilemektedir. Bunlar arasında; meyvenin olgunlaşma döngüsü, zeytin çeşidinin niteliği, yağ ekstraksiyon ve rafine prosedürleri ve depolama koşulları yer almaktadır (Manai-Djebali ve ark., 2012; Ben Temime ve ark., 2008). Naturel zeytinyağında bulunan fenolik maddeler, zeytinyağının acılık ve keskinliğine ve oksidasyona karşı stabilizeye katkı sağlamaktadırlar (Beltran ve ark., 2005). 5 temel fenolik bileşik vardır, bunlar: sekoiridoidler ve türevleri, fenilpropanoidler, flavonoidler, basit fenoller ve lignanlardır. Sekoiridoidler arasında oleuropein, tüm olgunlaşma safhalarında en bol bulunan bileşiklerden biri olup meyvenin acılığına katkı sağlamada anahtar rol oynar. Ayrıca oleuropein türevleri de zeytinyağının acı karakteri ile ilgilidir (Cecchi ve ark., 2013a). Tokoferoller içinde en yüksek biyolojik aktiviteye sahip olan ve yağda çözünen α -tokoferol, zeytinyağında E vitamininin baskın temsilcisidir (Grigoriadou ve ark., 2007). Zeytinyağında tokoferol içeriği; çeşit, meyve olgunluğu ve agroklimatik koşullar gibi birkaç tarımsal koşula bağlıdır. Bunlar arasında zeytin çeşidi önemli bir değişkenlik kaynağı olmasına rağmen, α -tokoferol ve toplam tokoferol miktarı olgunlaşma sırasında azaldığından dolayı meyve olgunluğu da bu konuda önemli bir etkiye sahiptir (Beltran ve ark., 2010).

Renk, tüketici algısını etkileyen en önemli özelliklerden biridir (Criado ve ark. 2008). Zeytinyağının rengi, kalite parametresi olduğu düşünülen pigment kompozisyonu ile ilgilidir (Beltran ve ark., 2005). Zeytinyağının sarımsı-yeşil rengi içerdiği klorofil, feofitin ve karotenoid pigmentleriyle ilgilidir (Cichelli ve Pertesana, 2004). Klorofil pigmentleri zeytinyağında yeşilimsi tonlardan sorumludur. Klorofiller arasında feofitin a zeytinyağında en yüksek miktarda bulunur (Giuffrida ve ark., 2007). Sarı renk ise karotenoidlerden kaynaklanır (Lozano ve ark., 2013). En yüksek miktarda

bulunan sarı renk pigmenti ise lutein ve β -karoten'dir (Giuffrida ve ark., 2011). β -karoten, en önemli provitamin A kaynağıdır (Gimeno ve ark., 2000).

Pigmentler zeytinyağında otooksidasyon ve prooksidasyon proseslerini etkilemekte ve bunlardan klorofil pigmentleri; karanlıkta antioksidan, ışıktaki prooksidan aktivite göstermektedir (Beltran ve ark., 2005). Karotenoidler, polifenoller ve tokoferoller ile birlikte zeytinyağında oksidatif stabiliteyi sağlamakla birlikte fizyolojik konsantrasyonlarda sinerjik antioksidan ve antikarsinojenik etki yapmaktadırlar (Giuffrida ve ark., 2007).

Zeytinyağındaki pigment içeriğini etkileyen faktörler: çevre, zeytin çeşitliliği, depolama koşulları ve ticarileştirilmesi sırasındaki durumudur (Criado ve ark. 2008). Ayrıca ekstraksiyon teknikleri de içeriği etkilemektedir. Özellikle klorofiller ve türevlerinin içeriğinden, deodorizasyonda hileli işlem yapıp yapılmadığını belirlemede faydalanılmaktadır (Lozano ve ark., 2013).

Olgunlaşma esnasında klorofil ve karotenoid konsantrasyonu devamlı bir şekilde azalmakta ve antosiyaninlerin oluşmasıyla, başlangıçta yeşil olan zeytinin rengi mora ve siyaha dönmektedir (Criado ve ark. 2007).

2.3. Uçucu Bileşenlerin Oluşumu ve Aroma Üzerine Etkisi

Naturel zeytinyağı kendisini diğer yemeklik yağlardan ayıran karakteristik bir lezzete sahiptir. Zeytin meyvesinden ekstrakte edildikten sonra tipik aromasını korumakla birlikte herhangi bir rafine işlemine gerek duyulmadan tüketilebilmektedir (Ben Temime ve ark., 2006b). Zeytin meyveleri optimum olgunlaşma safhalarında hasat edildiğinde ve uygun şekilde işlendiğinde, elde edilen zeytinyağı lezzetli ve kendine has bir tada sahiptir (Kesen ve ark., 2013). Naturel zeytinyağının aroma ve lezzeti minör bileşenlerden kaynaklanır, bunlardan başlıcaları uçucu ve fenolik bileşiklerdir (Gómez-Rico ve ark., 2008).

Acılık, keskinlik ve burukluk zeytinyağında duyuşal özelliklerdendir ve çoğunlukla fenolik bileşiklerin ortamda bulunuşuyla pozitif olarak ilgili olmaktadır (Favati ve ark., 2013; Garcia-Mesa ve ark., 2008). Naturel zeytinyağının acı tadından sorumlu olan temel fenolik bileşikler oleuropein ve ligstrosidler gibi sekoiridoid türevleridir (Favati ve ark., 2013). Zeytinyağında duyuşal özelliklere etki eden fenolik

bileşiklerden hidroksitirosol iyi kalite yağlarda bulunurken, tirosol ve bazı fenolik asitler düşük kalite yağlarda bulunmaktadır (Kiritsakis, 1998).

Zeytinyağındaki aromayı uçucu bileşenlerin kompleks karışımı belirlemektedir. Uçucuların sayı ve miktarları ile aroma arasındaki ilişki, sinerjik ve antagonistik (karşıt) etkilerine bağlı olmaktadır (Kalua ve ark., 2010). Uçucu bileşikler düşük molekül ağırlıklı bileşiklerdir. Oda sıcaklığında kolayca buharlaşırlar ve koku alma reseptörlerine ulaşıldığında koku algısı verirler (Cecchi ve Alfei, 2013b). Zeytinyağının aroma profilinden sorumlu 180 farklı bileşen bulunmaktadır (Kesen ve ark., 2013) ve bu bileşenler temel olarak kimyasal ve enzimatik oksidasyon sonucu oluşmaktadırlar (Reboredo-Rodríguez ve ark., 2013). Tüm uçucu bileşikler, zeytinyağında olabilecek hileyi veya ransiditeyi tespit etme ve ayrıca bileşiminde kullanılan zeytin çeşitlerini belirleme gibi kalite faktörlerini bulmada kullanılabilmektedir (Cavalli ve ark., 2004).

Zeytinyağında aroma ve lezzeti sağlayan uçucu bileşenler şunlardır: aldehytler, alkoller, esterler, hidrokarbonlar, ketonlar, furanlar ve henüz tanınamayan diğer uçucu bileşenler (Cecchi ve Alfei, 2013b; Kalua ve ark., 2007). Zeytinyağındaki birçok duyuşal özellik, bu bileşenlerin herhangi biriyle ya da zeytinyağında şimdiye kadar saptanan diğer bileşenlerle direk olarak ilgili olmayabilir. Bazı duyuşal özellikler çeşitli uçucu bileşenlerin birbirleri arasındaki etkileşimiyle de meydana gelebilmektedir. (Vichi ve ark., 2014).

Zeytinyağındaki bazı uçucular bozulmamış meyve dokusunda bulunurken diğerleri ise oksijenin varlığında enzimatik reaksiyonlarla zeytinyağı üretimi yapıldığı esnada hücre yapısının bozulması sonucu oluşmaktadır (Luna ve ark., 2006). Yani uçucu bileşenler meyvenin gelişmesi sırasında önemli miktarlarda üretilmemekte; ancak olgunlaşma ve işleme esnasında ortaya çıkmaktadır (Sabatini, 2010). Uçucu bileşenler yağ asitleri (özellikle linoleik ve alfa-linolenik) ve aminoasitlerden oluşmaktadır (Luna ve ark., 2006).

Nicel olarak değerlendirildiğinde, 6 karbonlu ve 5 karbonlu alifatik bileşenlerin (lipoksigenaz yolu ile üretilen aldehytler, alkoller ve esterleri) yüksek kalitedeki naturel zeytinyağlarının en önemli uçucu fraksiyonunu (%80) oluşturduğu bildirilmiştir (Reboredo-Rodríguez ve ark., 2013; Sánchez-Ortiz ve ark., 2013). Ayrıca pentanal bileşeninin zeytinyağında en yüksek miktarda bulunan 5 karbonlu aldehyt olduğu, yine

trans-2-hekzenal bileşeninin de en yüksek miktarda bulunan 6 karbonlu aldehit olduğu belirtilmektedir (Baccouri ve ark., 2008b).

Şekil 2.1’de lipoksigenaz yolu gösterilmiştir. Şekilde de görüldüğü üzere, linoleik asit indirgenmesi sonucu çeşitli miktarlarda hekzenal, hekzanol ve hekzilasetat türevleri oluşurken, linolenik asit indirgenmesi sonucu ise cis-3-hekzenal, trans-2-hekzenal, trans-2-hekzenol, cis-3-hekzenol ve cis-3-hekzenilasetat oluşmaktadır (Vichi ve ark., 2007; Vichi, 2010).

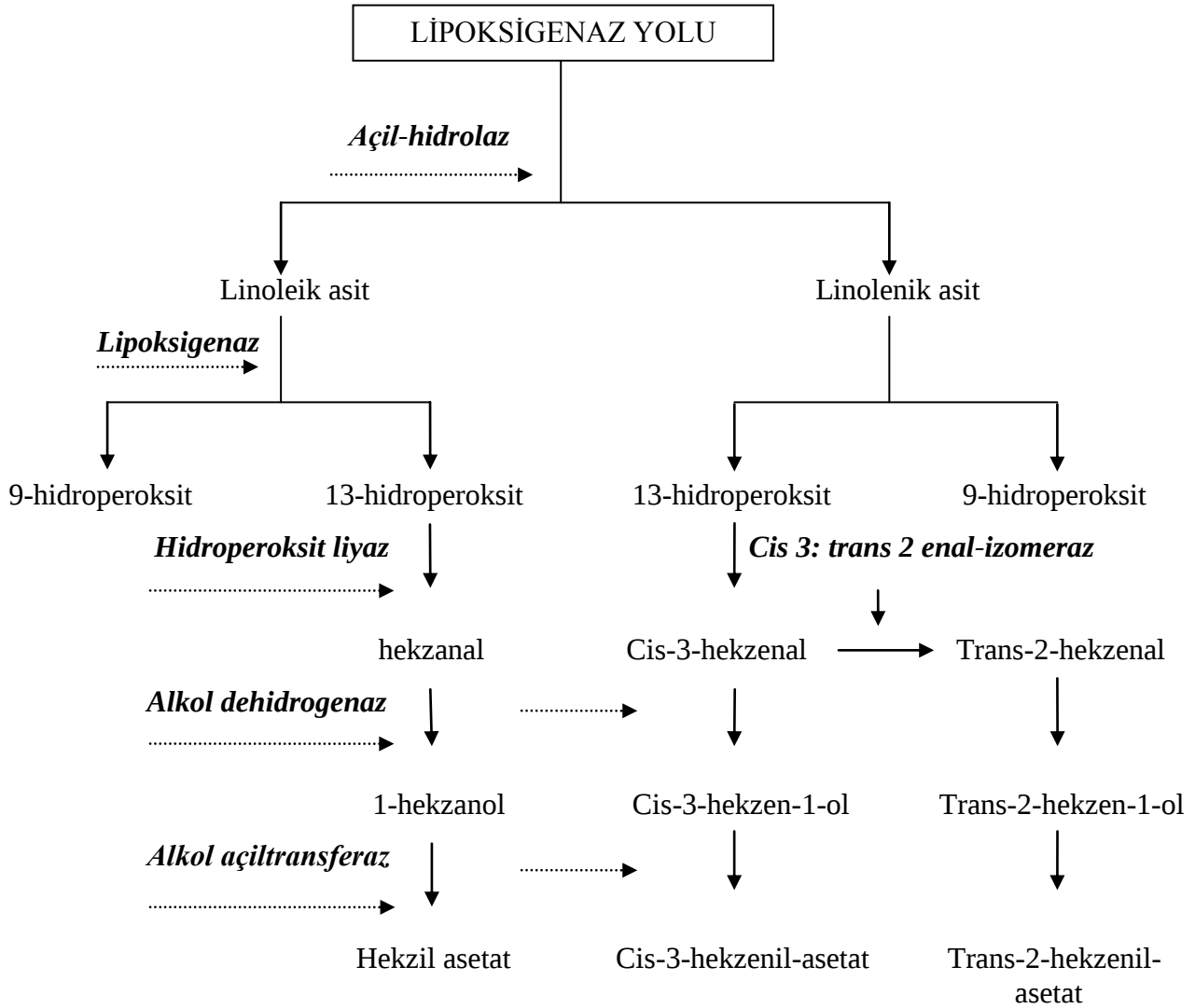
Lipoksigenaz yolu ile uçucu bileşenler linoleik asitten şu şekilde oluşmaktadır: ilk basamakta trigliseritler ve fosfolipidler açıl hidrolaz enzimleriyle hidrolize olur ve serbest yağ asitleri ortaya çıkar. Zeytin meyvesinin dokuları parçalandığında enzimler serbest hale geçer. İlk olarak, lipoksigenaz enzimi yağ asitlerini okside ederek hidroperoksitlerin oluşmasını sağlar ve hidroperoksit liyaz enzimi de bunları parçalayarak aldehitleri meydana getirir. Bunlar sonradan alkol dehidrogenaz enzimi ile alkolleri, alkol açıltransferaz enzimi ile de esterlerini meydana getirir (Cecchi ve Alfei, 2013).

Zeytinyağının uçucu bileşimi birkaç faktöre bağlıdır. Bunlar: zeytin çeşidi, ürünün başlangıçtaki fizyolojik durumu (Sabatini N., 2010), uçucu üretimi sırasında kullanılan enzimler, meyvenin olgunlaşma döngüsü, proses ekipmanı, ekstraksiyon metodu ve depolama koşulları, iklim, toprak tipi (Kandylis ve ark., 2011) ve zeytinin geliştiği sezondur (Kesen ve ark., 2013). Zeytin meyvesi zeytinyağına işlenirken uygulanan malaksasyon prosesi de zeytinyağı uçucu oluşumunu etkileyebilmektedir (Kanavouras ve ark., 2005). Agronomik koşullarla ilgili yapılan bir çalışmada sulaması yapılan ağaçlardan toplanan zeytinlerden elde edilen yağlarda trans-2-hekzenal, hekzan-1-ol ve cis-3-hekzen-1-ol konsantrasyonunun daha yüksek olduğu bildirilmektedir (Peres ve ark., 2013).

Aynı çevre koşullarındaki farklı çeşitlerden elde edilen yağların uçucu bileşikleri farklı olabildiği gibi farklı coğrafi bölgelerde yetişen aynı çeşitlerin de uçucu bileşikleri farklı olabilmektedir (Kalua ve ark., 2007). Oktanal, nonanal, 2-hekzenal bileşikleri ve propanol, amilalkol, 2-hekzenol, 2-hekzanol ve heptanol gibi uçucu alkoller zeytin çeşidini karakterize etmektedir (Kiritsakis, 1998).

Zeytin meyvesindeki lipoksigenaz aktivite seviyesinin, yağdaki uçucu fraksiyonun sentezinde önemli bir sınırlayıcı faktör olduğu ve bunun çeşide bağlı

olduğu belirtilmiştir (Sánchez-Ortiz ve ark., 2013). Zeytinyağındaki uçucu bileşenlerin oluşumu ve kaliteyle ilişkisi hakkında Angerosa ve ark. (2004) yaptıkları çalışmada, aynı olgunlaşma safhasında toplanan ve aynı ekstraksiyon prosesi koşullarının sağlandığı farklı zeytin çeşitlerindeki uçucu bileşen miktarlarının farklı olduğunu belirtmişlerdir.



Şekil 2.1. Naturel zeytinyağlarında lipoksigenaz yolu (Sabatini, 2010)

Erken olgunlaşma safhasında 6 karbonlu aldehit ve alkollerin miktarı birbirlerine çok yakındır ve zeytin deri rengi yeşilden mora döndüğünde 6 karbonlu aldehitler, özellikle de trans-2-hekzenal maksimum konsantrasyona ulaşmaktadır (Angerosa ve ark., 2004; Gomes da Silva ve ark., 2008).

Naturel zeytinyağının tepe boşluğundaki major uçucu bileşenler hekzenal, trans-2-hekzenal, 1-hekzanol ve 3-metilbutan-1-ol'dur (Kiritsakis, 1998). Bunlara ilaveten cis-3-hekzenal, hekzan-1-ol, cis-3-hekzen-1-ol, hekzil asetat ve cis-3-hekzenil asetat bileşiklerinin de zeytinyağında en çok bulunan bileşenler olduğu bildirilmiştir (Boskou ve ark., 2006).

Zeytinyağındaki aldehytlerin diğer aroma bileşikleriyle karşılaştırıldığında daha yüksek miktarlarda bulunduğu belirtilmektedir. Yeşil ve siyah zeytinlerdeki aldehyt miktarı sırasıyla %50 ve %75 olarak bildirilmiştir (Kiritsakis, 1998).

2.4. Uçucu Bileşenlerin Duyusal Kaliteye Etkisi

Tüketiciler açısından zeytinyağı aroması konusunda en göze çarpan duysal algılar: yeşil (yaprak, çimen), tatlı, meyvemsi, olgun meyve, olgun zeytin, acı-keskin ve istenmeyen algılardır (Aparicio ve Morales, 1998).

Lipoksigenaz yolu, zeytin meyvesinde bulunan linoleik ve linolenik asitlerin oksidasyonu sonucu meyvemsi ve yeşil algı oluşumunu sağlamaktadır (Garcia-Mesa ve ark., 2008). Genel olarak iyi kalitedeki zeytinyağlarında 'yeşil' algıya 5 karbonlu ve 6 karbonlu uçucu bileşenlerin sebep olduğu bildirilmektedir (Cavalli ve ark., 2004; Manai ve ark., 2008). Bu durumun lipoksigenaz yolunun 9 karbonlu uçucu bileşenlere karşı 6 karbonlu uçucu bileşenlerin oluşumunu teşvik etmesi sayesinde gerçekleştiği bildirilmektedir (Aparicio ve Morales, 1998). Taze kesilmiş çimen gibi yeşil algı; elma, muz gibi yeşil meyve algıları ve enginar, domates gibi sebze algıları zeytinyağında bulunabilmektedir. Tüm bu algılar acılık ve keskinliğe düşük veya yüksek oranda etki edebilmektedir (Peres ve ark., 2013).

6 karbonlu ve 5 karbonlu doymuş ve doymamış aldehytler, alkoller ve bunların esterlerinin naturel zeytinyağlarında "kesilmiş çimen" algısının yanında "çiçeksi" algıya da neden olduğu bildirilmektedir (Servili ve ark., 2003). Zeytinyağındaki çimen ve yaprak gibi yeşil algıların hekzenal, trans-2-pentanal, 1-penten-3-ol ve toplam fenollerle ilgili; zeytin, muz, badem ve elma gibi meyvemsi algıların ise etil asetat, trans-2-pentenal, 1-penten-3-ol, pentan-1-ol, trans-2-penten-1-ol, trans-3-hekzen-1-ol, pentan-3-on, trans-2-hekzen-1-ol, oktan-1-ol, 2-metil-propan-1-ol ve etanol ile ilgili olduğu belirtilmektedir (Pouliarekou ve ark., 2011). Tura ve ark. (2008) ise yaptıkları

çalışmada keskin ve buruk algıların etil asetat, etanol, 1-penten-3-ol ve pentan-1-ol ile ilgili olduğunu; çimen algısının 1-penten-3-ol ile, muz algısının cis-2-penten-1-ol ile, elma algısının cis-3-hekzen-1-ol ve etanol ile, tereyağı algısının ise n-oktan ile ilgili olduğunu bildirmişlerdir.

1-penten-3-on bileşiğinin zeytinyağında acılık ve keskinlikle pozitif, hekzanalin ise son miktarına bağlı olarak bu özelliklerle negatif bağlantılı olduğu belirtilmektedir. Ayrıca cis-3-hekzen-1-ol ve trans-2-hekzenalin de bu özelliklerle negatif olarak ilgili olduğu bildirilmektedir (Gomes da Silva ve ark., 2008).

Lipoksigenaz yolu ile oluşan esterler cis-3-hekzenil asetat ve hekzil asetat bileşikleridir (Pouliarekou ve ark., 2011). Esterler yüksek algı eşiğine sahiptirler ve genellikle meyvemsi, tatlı ve yeşil algıdan sorumludurlar (Sabatini, 2010). Cis-3-hekzenil asetat yeşil ve muz algısına, hekzil asetat ise tatlı ve meyvemsi algıya önemli katkılar sağlamaktadır (Pouliarekou ve ark., 2011).

Naturel zeytinyağının aromatik kalitesini etkileyen faktörler: uçucu bileşenlerin oluşumu ve kompozisyonu, duyuşsal algı ile ilişkileri, agronomik faktörler ve yağın oksidasyonu (Tura ve ark., 2008), zeytin çeşidi ve depolama koşullarıdır (Reboredo-Rodríguez ve ark., 2012). Ayrıca ekstraksiyon metodu ve koşulları, özellikle de malaksasyon süresi ve sıcaklığı zeytinyağında farklı aromaların oluşumuna sebep olabilmektedir (Kalua ve ark., 2007; Baccouri ve ark., 2008b).

Uçuculuk, hidrofobik özellik, fonksiyonel grupların pozisyonu ve tipi gibi birçok kimyasal faktör uçucu bileşiklerin konsantrasyonundan çok koku yoğunluğu ile ilgilidir (Kalua ve ark., 2007; Baccouri ve ark., 2008b) Bu yüzden, farklı uçucu bileşenlerin etkisi sadece konsantrasyona göre değerlendirilmemeli, koku eşiği belirlenmelidir. Örneğin trans-2-hekzenal'in koku eşiği hekzanaldan daha düşük olduğundan yeşil algıya daha fazla katkı sağladığı bildirilmektedir (Baccouri ve ark., 2008b).

6 karbonlu alifatik bileşikler ve bunların hekzil asetatları "olgunlaşmamış" meyve aromasında en önemli komponentlerdir (Aparicio ve Morales, 1998). Olgunlaşma ile major uçucu bileşenlerin miktarı azalmaktadır (Baccouri ve ark., 2008b). Ancak meyve belli bir olgunlaşma noktasına gelene kadar zeytinyağındaki uçucu bileşen profili artış göstermektedir (Kalua ve ark., 2007).

Değişkenliği temelde zeytin çeşidine bağlı olan bileşikler etanol, 2-metil-propan-1-ol, pentan-1-ol, cis-2-penten-1-ol, cis-3-hekzen-1-ol ve oktan-1-ol iken duyuşsal algılar

ise çiçek, elma, ceviz, saman, tereyağı, tatlı, çiçeksi ve meyvemsi algılardır (Tura ve ark., 2008).

Endojen bitki enzimleri, özellikle de lipoksigenaz yolu ile ilgili olanlar pozitif yağ aromasından sorumludur (Reboredo-Rodríguez ve ark., 2013). Eksojen enzimler ise genellikle mikrobiyal aktivite ile meydana gelmektedir ve duyu kusur ile ilgilidir. Meyvenin veya yağın depolanması sırasında pozitif aromaya katkı sağlayan aldehit ve esterler azalmakta, istenmeyen aroma meydana getiren, potansiyel olarak toksik olan ve düşük koku eşiğine sahip bileşenler oluşmaktadır (Cecchi ve Alfei, 2013b; Kalua ve ark., 2007). Naturel zeytinyağlarında 6 karbonlu aldehitler, alkoller ve esterlerin yokluğu ve kimyasal oksidasyon sonucu oluşan hekzanal ve bunun gibi birçok doymuş ve doymamış aldehitlerin varlığı ransid kusura sebep olmakta ve istenmeyen aromayı karakterize etmektedir (Kalua ve ark., 2007; Baccouri ve ark., 2008b).

Pentanal, hekzanal, oktanal ve nonanal okside olmuş zeytinyağında oluşan major bileşenlerdir; ancak 2-pentenal ve 2-heptenal istenmeyen aromadan sorumlu temel bileşenlerdir (Kiritsakis, 1998). Bu bileşenlerin neden olduğu duyu algılar 5 grupta toplanabilir: küflü, nemlilik-nem, sirke-sirkemsi, metalik ve ransit algılar (Gomes da Silva ve ark., 2008).

Zeytinyağında aroma üzerine etkili bazı bileşenler ve duyu tanımları Çizelge 2.2.'de verilmiştir.

Çizelge 2.2. Zeytinyağında aroma üzerine etkili bileşenler ve duyuşal tanımları (Angerosa ve ark., 2004; Reboredo-Rodríguez ve ark. 2012)

Uçucu Bileşenler	Duyuşal Tanım
Aldehitler	
Asetaldehit	Keskin, tatlı, çiçeksi
Propanal	Tatlı, keskin, çiçeksi
2-metil propanal	Pişmiş, karamel
Hekzenal	Yeşil, elma, kesilmiş çimen
Heptanal	Yağsı
Oktanal	Turunçgil gibi, sabunsu
Nonanal	Sabunsu, turunçgil gibi
Dekanal	Sabunsu, turunçgil gibi
2-Metil butanal	Maltsı
3-Metil butanal	Tatlı, meyvemsi, maltsı
2-Metil-2-butenal	Elma
trans-2-Pental	Yeşil, elma, çiçeksi
cis-2-Pental	Yeşil, hoşnut edici
trans-2-Hekzenal	Acı, badem, yeşil, yeşil elma gibi, yağsı, acı badem gibi, kesilmiş çimen
cis-2-Hekzenal	Yeşil, meyvemsi, tatlı
trans-3-Hekzenal	Enginar, yeşil, çiçeksi
cis-3-Hekzenal	Yeşil yaprak, çimsi, yeşil, elma gibi, yaprak gibi, kesilmiş çimen
2-Oktenal	Meyvemsi, sabun, yağsı
cis-2-Nonenal	Yeşil, yağsı
trans-2-Nonenal	Kağıt gibi, yağsı, keskin, kesilmiş çimen
2-Desenal	Yağsı
2,4-Hekzadienal	Kesilmiş çimen
2,4-Heptadienal	Yağsı, fındıksı
2,4-Nonadienal	Derin kızartılmış
2,6-Nonadienal	Salatalık gibi

Çizelge 2.2. (Devam) Zeytinyağında aroma üzerine etkili bileşenler ve duyuşsal tanımları (Angerosa ve ark., 2004; Reboredo-Rodríguez ve ark. 2012)

2,4-Dekadienal	Derin kızartılmış
Benzaldehit	Badem
Fenilasetaldehit	Keskin, fenolik
Ketonlar	
Pentan-3-on	Tatlı
1-Penten-3-on	Tatlı, çilek, keskin, acı, yeşil, metalik
1-Okten-3-on	Mantar gibi
Alkoller	
Etanol	Alkolik, olgun elma, çiçeksi
Pentan-1-ol	Keskin
Hekzan-1-ol	Meyvemsi, aromatik, yumuşak, kesilmiş çimen
2-Metil-propan-1-ol	Etil asetat gibi
2-Metilbutan-1-ol	Balık yağı
cis-2-Penten-1-ol	Muz
trans-3-Hekzen-1-ol	Meyvemsi, yağsı, keskin, kesilmiş çimen
cis-3-Hekzen-1-ol	Muz, yaprak gibi, yeşil-meyvemsi, keskin
trans-2-Hekzen-1-ol	Yeşil, çimsi, meyvemsi, yağsı, keskin
cis-2-Hekzen-1-ol	Yeşil meyve, yeşil-meyvemsi
1-Penten-3-ol	Islak toprak
Esterler	
Metil asetat	Ester
Butil asetat	Yeşil, keskin, tatlı
Etil asetat	Tatlı, aromatik
Etil propanoat	Tatlı, çilek, elma
Etil butirat	Peynirsi, meyvemsi
Etil isobutirat	Meyvemsi
Etil 2-metilbutirat	Meyvemsi
Etil 3-metilbutirat	Meyvemsi

Çizelge 2.2. (Devam) Zeytinyağında aroma üzerine etkili bileşenler ve duyuşal tanımları (Angerosa ve ark., 2004; Reboredo-Rodríguez ve ark. 2012)

cis-3-Hekzenil asetat	Olgunlaşmamış muz, meyvemsi, yeşil, yeşil yaprak, çiçeksi, ester
Hekzil asetat	Tatlı, meyvemsi, çiçeksi
3-Metilbutil asetat	Muz
Metil 2-metilbutirat	Meyvemsi
Metil dekanolat	Taze
Metil nonanolat	Meyvemsi, tatlı, çiçeksi
Asitler	
Asetik asit	Keskin, asetik asit gibi
Propanoik asit	Aromatik, keskin
Butanoik asit	Tereyağı, ransit
Pentanoik asit	Tatlımsı, keskin, çürük
Hekzanoik asit	Tatlımsı, keskin
3-Metilbutirik asit	Tatlımsı
2-Metilbutirik asit	Tatlımsı
Terpenler	
α -Pinen	Çam, portakal kabuğu yağı
3-Karen	Limon, reçine
R- (+)-limonen	Limon, portakal
Cis- β -Okimen	Turunçgil, ot, çiçek
p-Kimen	Solvent, benzin, turunçgil
Terpinolen	Benzin, portakal kabuğu yağı
Linalool	Çiçek, lavanta
Monoaromatik hidrokarbonlar	
Etilbenzen	Acı
Stiren	Balzemik kokulu, benzin
Hidrokarbonlar	
Oktan	Tatlımsı, alkan gibi
1-Okten	Yeşil algı

2.5. Zeytinyağında Uçucu Bileşenlerin Belirlenmesi ve Uygulanan Yöntemler

Zeytinyağında uçucu bileşenlerin ekstraksiyon ve konsantrasyonlarının belirlenmesinde farklı metotlar geliştirilmiştir. Bunlar: distilasyon, distilasyon ve anında ekstraksiyon (DAE), statik tepe boşluğu (STB), dinamik tepe boşluğu (DTB), süperkritik sıvı ekstraksiyonu (SSE) ve katı faz mikroekstraksiyon (KFME) yöntemleridir. Dinamik tepe boşluğu-termal desorpsiyon ve KFME yöntemleri de kombine olarak bir çok çalışmada kullanılmaktadır (Reboredo-Rodríguez ve ark., 2012). Distilasyonu yapılan aroma analizinde ise Gaz Kromatografisi-Olfaktometre (GK/O), Gaz Kromatografisi-Kütle Spektrometresi/Olfaktometre (GK/KS-O) teknikleri kullanılmaktadır (Reineccius, 2006).

Karayıyen (2011)'in Hatay'da üretilen zeytinyağlarının kalite özellikleri ve uçucu bileşenlerini incelediği çalışmada KFME tekniği kullanılarak 10 adet uçucu bileşen tespit edilmiştir. Tespit edilen bileşenler bütenal, benzaldehit, trans-2-hekzenal, α -kopaen, 2,4-heptadienal, α -kubeben, zingiberen, isovaleraldehit, 2-noninoik asit ve etanol'dür. Ayrıca zeytinin derimi, bekletilmeden işlenmesi, fabrika modernizasyonu; zeytinyağının ise paslanmaz çelik tanklarda depo edilerek ısı, ışık ve oksijene maruz kalmasının önlenmesi gibi faktörlerin uçucu bileşen miktarını etkileyeceği vurgulanmaktadır.

Kanavouras ve ark. (2005) yaptıkları çalışmada KFME tekniğinin DTB tekniğine göre daha hızlı ve daha basit olduğunu ancak DTB tekniği ile daha çok aroma bileşeni elde edileceğini vurgulamışlardır. DTB yönteminde sonuçlar şu değişkenlere bağlıdır: tepe boşluğu/yağ miktarı oranı, tutucu materyal, örnekleme süresi, sıcaklık ve desorpsiyon koşullarıdır. Bu koşullar uygun şekilde sağlandığında uçucu bileşen izolasyonunun etkin bir şekilde sağlanabileceği belirtilmiştir.

KFME/STB yöntemi solvent gerektirmemesi, ucuz olması ve düşük miktarda örnek kullanılabilmesi sebebiyle diğer yöntemlere göre avantajlı görülmektedir. Fibere absorbe edilen uçucu maddeler direk gaz kromatografisine enjekte edilmekte ve bu yöntemle birçok aroma maddesi elde edilebilmektedir (Cecchi ve Alfei., 2013b; Contini ve Esti, 2006; Angerosa ve ark.,2004).

Ülkemizde ve diğer önemli zeytin ve zeytinyağı üreticisi ülkelerde, naturel zeytinyağlarının uçucu bileşenlerinin KFME/GK/KS tekniğinin kullanılarak belirlenmesini konu alan çalışmalar araştırma yılına göre aşağıda sıralanmıştır.

Cavalli ve ark. (2004) tarafından yapılan çalışmada Güney Fransa ve İspanya'dan elde edilen zeytinyağlarının uçucu bileşenleri KFME yöntemi kullanılarak analiz edilmiş, toplamın %85,3-92,8'ini belirten 41 bileşen izole edilerek tanımlanmıştır. Temel bileşenin trans-2-hekzenal olduğu ve diğer temel bileşenlerin hekzenal, cis-3-hekzenol, trans-2-hekzenol ve hekzenol olduğu bildirilmiştir. Buna ilaveten depolama esnasında zeytinyağındaki kimyasal değişimler izlenmiş, trans-2-hekzenal'ın birkaç ay içinde azaldığı ve 5 karbonlu ketonların ve 6 karbonlu alkollerin arttığı görülmüştür. Ayrıca bu bileşenlerin zeytinyağı kalitesini değerlendirmede belirteç olarak kullanılabileceği vurgulanmıştır.

Naturel zeytinyağında istenmeyen aromaya neden olan uçucu bileşenleri araştıran Jiménez ve ark. (2004)'nın yaptığı çalışmada KFME/GK/FID yöntemi uygulanmıştır. Çalışmada fiber olarak PDMS kullanılmış ve zeytinyağı örneklerindeki uçucuların 45°C' de 15 dakika süre ile ekstraksiyonu gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre sadece nonanal ve 2-dekenal bileşenlerinin naturel sızma zeytinyağı ve kusurlu zeytinyağları arasındaki ayrımı sağlayacağı tespit edilmiştir.

Ben Temime ve ark. (2006b)'nın yaptığı çalışmada 14 farklı coğrafik alandan toplanan çeşitlerin yağlarındaki uçucu bileşenleri KFME/GK/KS yöntemiyle analiz edilmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre, Tunus çeşitlerinden elde edilen zeytinyağlarının yaklaşık % 50'sinde ana bileşenin trans-2-hekzenal olduğu bildirilmiştir. Ayrıca nispeten yüksek konsantrasyonda bulunan diğer bileşenlerin ise trans-2-hekzen-1-ol, trans-3-hekzen-1-ol, heptanal, α -pinen, mesitilen, limonen, 1,8-sineol, β -selinen, α -kopaen ve (trans, trans)- α -farnasen olduğu belirtilmiştir.

Cimato ve ark. (2006) İtalya'nın Toskana bölgesinden aldıkları 12 çeşit zeytinden elde edilen yağları elektronik burun ve KFME/GK/KS yöntemleri ile analiz etmişlerdir. KFME/GK/KS yöntemiyle 18 farklı kimyasal bileşen tespit edilmiş, aldehytlerden hekzenal ve nonanal'ın tepe boşluğundaki baskın bileşen olduğu ve bu bileşenlerin kimyasal oksidasyondan kaynaklandığı ifade edilmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre önemli bileşen olan hekzenal'ın olgun, yeşil zeytin ve yaş tahta

algısına, 2-hekzenal'in ise badem, yeşil zeytin ve yaş tahta algısına neden olduğu bildirilmektedir.

44 standart bileşenin kantitatif analizinin Contini ve Esti (2006) tarafından KFME yöntemi ile yapıldığı çalışmada fiber olarak PDMS/DVB kullanılmıştır. Bu standartların kalibrasyon eğrilerini belirlemek için yapılan analiz sonuçlarına göre etanol, cis-3-hekzenil asetat, nonanal, asetik asit, trans-2-nonenal ve 1-nonanol bileşenlerinin diğer bileşenlerden etkilenmediği belirtilmektedir. Ayrıca fiberin kapasitesini aşmamak amacıyla zeytinyağları belli konsantrasyonlarda seyreltilmiş ve yapılan yöntemin oktan ve bütil asetata duyarlı, asetik asit, aseton, etanol ve etil dekanoota karşı daha az duyarlı olduğu bildirilmiştir.

Farklı zeytin çeşitleri ve coğrafi alanlardan elde edilen naturel zeytinyağlarında mono ve seskiterpenik hidrokarbonların belirlenmesi amacıyla Vichi ve ark. (2006) tarafından yapılan çalışmada KFME/GK/KS yöntemi uygulanmıştır. DVB/CAR/PDMS fiberinin kullanıldığı araştırma sonuçlarına göre 15 monoterpen ve 30 seskiterpen özellikte bileşen eş zamanlı olarak belirlenmiştir. Çalışmada ayrıca, seskiterpenik hidrokarbonların özellikle naturel zeytinyağına ait çeşit ve coğrafi orijin nitelikleri açısından ayırt edici özellik taşıdığı vurgulanmaktadır.

Haddada ve ark. (2007) Tunus ve Fransa zeytinyağları arasında uçucu bileşen profili karşılaştırması yapmışlar ve KFME ile GK/KS ve GK/FID yöntemlerini kombine ederek çalışmışlardır. Çalışmada 7 adet Tunus ve 4 adet Fransız zeytinyağı analiz edilerek toplam 86 bileşen tespit edilmiş ve incelenen yağların %90'ında temel bileşenin trans-2-hekzenal olduğu bildirilmiştir. Her zeytin çeşidinden sağlanan yağlarda farklı metabolitlerin oluşmasının, enzimlerdeki genetik farklılığa bağlı olduğu sonucuna kesin olarak varılmış ve bu özelliğin çeşitler arasındaki farklılığa bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca analiz sonuçları genetik faktörlere ilaveten coğrafi bölgenin de zeytinyağının uçucu profiline etki ettiğini göstermektedir.

Kaftan (2007) doktora çalışmasında toplam 32 adet Ayvalık ve Memecik zeytin çeşidinden elde edilen yağların aroma profilini KFME/GK/KS yöntemini kullanarak analiz etmiş ve KFME fiberi olarak da (PDMS/DVB/CAR) faz kaplanmış ergimiş silika fiber kullanmıştır. Çalışmada zeytin çeşitleri arasındaki lezzet farklılığının Ayvalık çeşidine ait yağlarda çimen, muz, yaprak, acı, buruk, yeşil, yağ, yeşil zeytin, siyah zeytin lezzet algılamasına; Memecik çeşidine ait yağlarda ise meyvemsi, baharat, odun

lezzeti algılamasına sebep olduğu belirtilmiştir. Ayrıca örneklerin hasat dönemlerine göre kıyaslama yapılması ile yağ, acı, keskin, yaprak, çimen, ham muz, siyah zeytin, yeşil zeytin, domates lezzetinin her iki hasat döneminde de yer aldığı sonucuna varıldığı bildirilmektedir.

Vichi ve ark. (2007) tarafından yapılan çalışmada naturel zeytinyağının aroma analizlerinde KFME/STB, DAE ve kapalı döngülü ayırma gibi farklı ekstraksiyon tekniklerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Çalışmada 50/30 µm kalınlığında ve 2 cm uzunluğunda (DVB/CAR/PDMS) fiber kullanılmıştır. GK/KS ile ve 3 ekstraksiyon tekniği kullanılarak toplam 100'den fazla uçucu ve yarı uçucu bileşen elde edilmiştir. Ekstraksiyon çeşitlerinin uçucu profillerinde nitel ve nicel farklılıklar olduğu gözlenmiş ve Lipoksigenaz bileşen yüzdesinin en fazla KFME tekniğiyle sağlandığı belirtilmiştir. Buna bağlı olarak KFME, DAE ve kapalı döngülü ayırma yöntemleri ile elde edilen hekzenal, cis-3- ve trans-2-hekzenal, trans- ve cis-2- ve 3-hekzenol, hekzil asetat ve hekzenil asetat bileşenlerinin toplam yüzdelерinin sırasıyla %62, %31,6 ve %32 olduğu bildirilmiştir.

Baccouri ve ark. (2008b) Tunus ve Sicilya'dan sağlanan meyvelerin 3 olgunlaşma safhasındaki uçucu bileşenlerini KFME ile GK-KS ve GK-FID kullanılarak analiz etmişlerdir. Çalışmada, olgunlaşma esnasında 5 karbonlu aldehytlerin ve alkollerin ilk hasat döneminden son hasat dönemine gidildikçe azaldığı belirtilmiş ve yeşil elma ve meyvemsi-keskin koku algılarına sırasıyla trans-2-pental ve 1-pentanol bileşenlerinin neden olduğu ortaya konmuştur. Ayrıca 6 karbonlu uçucu bileşenlerin tüm örneklerde yüksek miktarda olduğu ve olgunlaşma ilerledikçe bu bileşenlerin de miktarının azaldığını belirtmişlerdir. 6 karbonlu aldehytlerden trans-2-hekzenal bileşiğinin ve 6 karbonlu alkollerden de hekzen-1-ol, cis-3-hekzen-1-ol ve trans-2-hekzen-1-ol bileşenlerinin tüm örneklerde en yüksek miktarda bulunduğu sonucuna varılmıştır. Uçucu bileşenlere sadece genetik farklılığın değil agronomik farklılıkların da etki edebileceği vurgulanmıştır.

Manai ve ark. (2008) tarafından yapılan, 6 çeşit zeytinden elde edilen yağların uçucu kompozisyonunun değerlendirildiği çalışmada TB/KFME ve GK/KS, GK/FID yöntemleri birlikte kullanılmıştır. Çalışmada aldehytler, alkoller, esterler, ketonlar, terpenler ve karboksilik asitler gibi çeşitli bileşenler elde edilmiş ve aromaya katkıda bulunan en önemli bileşenlerin 6 karbonlu aldehytler olduğu belirlenmiştir. 6 karbonlu

bu bileşenlerin en önemlileri trans-2-hekzenal, trans-2-hekzenol ve hekzanol olarak bildirilmiştir. Ayrıca örnekler arasında uçucu profiller açısından çeşitli farklılıklar bulunduğu, bazı bileşenlerin örneklerle özgül bulunduğu ve bunun sonucu olarak da söz konusu örneklerin bileşim farklılığı oluşturmada kullanılabileceği önerilmiştir.

Jahouach-Rabai ve ark. (2008) zeytinyağındaki minör bileşenler ve yağ asitleri üzerine ultrasonografi ile ağartmanın etkisini yüksek güçte ultrason kullanarak (20 kHz) araştırmış ve uçucu bileşenlerin nitel ve nicel analizini KFME/GK/KS yöntemiyle yapmıştır. Ultrasonik dalgaları ile işleme tabi tutulan zeytinyağlarında kimyasal kompozisyonda önemli değişimler gözlenmemiş, ancak ultrasonik işlemde kaynaklanan ransid koku tespit edilmiş; hekzenal, hept-2-enal ve trans-2, trans-4-dekadienal gibi istenmeyen aroma bileşenleri oluşmuştur. Ayrıca rafinasyondaki ağartma işleminin sıcaklık ve süre açısından çok kritik bir basamak olmasından dolayı ve ultrason tekniğinin ağartma süresini kısaltması sebebiyle daha avantajlı bir teknik olduğu vurgulanmıştır.

Ribeiro ve ark. (2008) tarafından yapılan çalışmada PDMS ve PA olmak üzere iki farklı fiber kullanılarak KFME yöntemiyle zeytinyağının uçucu bileşen karakterizasyonu incelenmiştir. Çalışmada 25°C, 37°C ve 40°C’de ekstraksiyon yapılmış ve her iki fiberde de en yüksek bileşen miktarına 37°C ve 40°C’de ulaşılmıştır. Buna bağlı olarak; bir yandan insan koku algı sistemine en uygun derece olması nedeniyle, diğer yandan da istenmeyen bileşenlerin oluşmasına engel olmak amacıyla örnek sıcaklığı 37°C olarak belirlenmiştir. Çalışmanın sonucunda PA fiberi ile daha yüksek miktarda bileşenler elde edilebileceği, ancak denge durumunun sağlanması için daha sonra PDMS fiberinin de kullanılması gerektiği belirtilmiştir. Buna bağlı olarak da zeytinyağı gibi susuz örneklerde PA fiberinin aroma bileşenlerinin nisbi ölçümü konusunda denge olmayan durumlarda yeterli performansı gösterebileceği vurgulanmıştır.

Runcio ve ark. (2008) tarafından yapılan çalışmada İtalya’nın Kalabriya bölgesinde yetişen çeşitlerden elde edilen zeytinyağlarındaki uçucu bileşenlere proses metodu, zeytin çeşidi, çekirdek çıkarma ve antraknoz hastalığının etkisi araştırılmıştır. Kolay, hızlı ve ucuz bir yöntem olduğu düşünülen KFME yöntemi kullanılmış ve GK/FID ve GK/KS ile uçucu bileşenler tespit edilmiştir. Çalışmada, laboratuvar koşullarında elde edilen yağların uçucu bileşen miktarının ticari olarak elde edilen

yağlardan daha yüksek olduğu, çekirdeksiz zeytinlerin çekirdeklilere göre daha yüksek miktarda 5 karbonlu ve 6 karbonlu bileşenler içerdiği belirlenmiş ve ayrıca antraknoz hastalığına heptaldehit, oktil aldehit ve nonanal gibi aldehitlerin miktarının etki ettiği bildirilmiştir.

Tura ve ark. (2008) tarafından yapılan çalışmada zeytinyağındaki aromatik bileşenlere ve duysal profile zeytin çeşidinin etkisini araştırmışlardır. Çalışmada Kuzey İtalya’da aynı bahçede yetişen 18 yerel çeşit 4 yıl boyunca değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre etil asetat, hekzan-1-ol, asetik asit, toplam alkoller, toplam ketonlar ve 6 karbonlu bileşenlerin toplam miktarında çeşitler arasında önemli farklılıklar bulunmadığını ve bunların dışında birçok bileşenin çeşitler arasında farklılıklarının olduğunu gözlemlemişlerdir. Ayrıca çeşide bağlı temel bileşenlerin etanol, 2-metil-propan-1-ol, pentan-1-ol, cis-2-penten-1-ol, cis-3-hekzen-1-ol ve oktan-1-ol olduğunu; duysal algıların ise çiçek, muz, elma, ceviz, saman, tereyağı, tatlı, çiçeksi ve meyvemsi algılar olduğunu belirlemişlerdir.

Koprivnjak ve ark (2009) tarafından yapılan ve fosfolipid ilavesi ile acılık, koku özellikleri ve uçucu bileşenlerin incelendiği çalışmada KFME/GK/FID metodu uygulanmış ve fiber olarak da DVB/CAR/PDMS kullanılmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre, fosfolipid ilavesinin 20 uçucunun toplam konsantrasyonunda önemli bir azalmaya neden olduğu ve en çok etkilenen bileşenin trans-2-hekzenal olduğu belirtilmiştir. Nicel tanımlayıcı duysal analiz sonuçları ise 5-10g/kg aralığında fosfolipid ilavesi ile zeytin meyvemsiliği ve yeşil algının belli belirsiz azaldığını, tatlılık ve acılığın da önemli ölçüde arttığını göstermiştir. Böylece fosfolipid ilavesinin zeytinyağlarının duysal kalite derecesinde önemli değişime sebep olmadığı belirlenmiş ve fonksiyonel gıda formülasyonlarına acılığın artırılmasına katkıda bulunmak amacıyla fosfolipid ilavesinin yapılabileceği önerisi sunulmuştur.

Yunanistan ve Tunus bölgelerinde yetiştirilen Koroneiki zeytin çeşidinden elde edilen zeytinyağlarının aynı hasat dönemindeki aroma profillerini karşılaştıran Kandyli ve ark. (2011) teknik olarak KFME/GK/KS kullanmışlardır. Çalışmayı coğrafi bölge, sulama ve olgunlaşma derecesi faktörlerine göre yapmışlar ve çeşitleri iki ve üç farklı gelişme safhasında değerlendirmişlerdir. Çalışmada tespit edilen en önemli bileşenler esterler, alkoller, karbonil bileşikler ve hidrokarbonlardır ve bunlardan en fazla bulunanları trans-2-hekzenal, trans-2-hekzen-1-ol, cis-3-hekzen-1-ol ve hekzanol gibi 6

karbonlu bileşenlerdir. Çeşitlerin uçucu profilleri arasında önemli farklılıklar olduğu görülmüş, özellikle de Yunan çeşidinde toplam esterler, karbonil bileşikler, 5 ve 6 karbonlu bileşenlerin olgunlaşma derecesiyle birlikte önemli oranda arttığı fakat Tunus çeşidinde bu değişimlerin önemsiz olduğu belirtilmiştir. Ayrıca çalışmada yapılan temel bileşen analizine göre, coğrafi bölge ve olgunlaşma faktörlerinin zeytinyağlarının uçucu profilini sulamaya göre daha fazla etkilediğine vurgu yapılmıştır.

Pouliarekou ve ark. (2011), Batı Yunanistan'daki zeytinyağlarının zeytin çeşidi ve coğrafi orijine bağlı olarak karakterizasyonu ve sınıflandırılması amacıyla 6 bölgede 6 yerel çeşit olmak üzere toplam 51 örnek üzerine çalışma yapmışlardır. Bu örneklerden 45 adetinin naturel sızma zeytinyağı olduğu belirlenmiş ve uçucu bileşen analizleri KFME/GK/KS ile yapılmıştır. Çalışma sonucunda 53 farklı uçucu bileşen tespit edilmiş, zeytinyağı örnekleri coğrafi orijine (%87,2) ve çeşide (%74) bağlı olarak sınıflandırılmıştır.

Coğrafi bölgenin zeytinyağının uçucu bileşenleri ve kompozisyonel kalitesine etkisini araştıran Youssef ve ark. (2011) tarafından yapılan çalışmada Tunus bölgesinde yetişen Oueslati çeşidi farklı coğrafi alanlardan sağlanmıştır. KFME, GK/FID, GK/KS yöntemlerinin kombine olarak kullanıldığı bu çalışmada 27 bileşen tespit edilmiş ve farklı coğrafi orijinli yağların uçucu bileşenleri arasında önemli farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Ayrıca çalışma sonuçlarına bağlı olarak genetik faktörlere ilaveten çevresel koşulların da uçucu oluşumunu etkilediği belirtilmiştir.

Reboredo-Rodríguez ve ark (2012) tarafından yapılan çalışmada DTB-TD ve GK-KS kombine kullanılarak aroma profiline bakılmış ve aynı anda 51 karakteristik uçucu bileşen elde edilmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre uçucu fraksiyondaki major bileşenlerin 6 karbonlu aldehitlerden trans-2-hekzenal, 6 karbonlu alkollerden cis-3-hekzen-1-ol ve trans-2-hekzen-1-ol ve 6 karbonlu esterlerden ise cis-3-hekzenil asetat'ın major bileşenler olduğu gözlenmiştir. Minör uçucu bileşenlerden ise sadece α -pinen bileşeninin tüm örneklerde bulunduğu tespit edilmiştir. Ayrıca bu çalışmada, en fazla koku sağlayan bileşenlerin belirlenmesi için koku aktivite değerlerinin hesaplanması gerektiği vurgulanmıştır.

3. MATERİYAL VE YÖNTEM

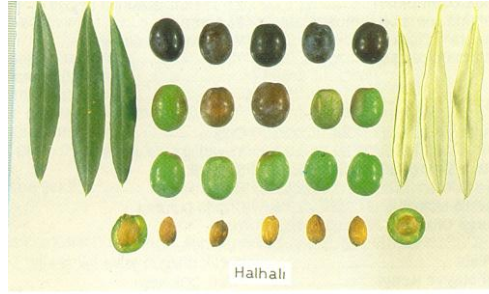
3.1. Materyal

Çalışmada, materyal olarak Hatay’ın Altınözü ilçesinden 2011-2012 sezonunda üç olgunluk döneminde (15 Eylül-15 Ekim-15 Kasım) birer ay ara ile elle toplanan Halhalı, Gemlik, Haşebi, Karamani zeytin çeşitlerinden elde edilen zeytinyağı örnekleri kullanılmıştır.

Zeytin Çeşitleri ve Bazı Özellikleri

Halhalı

Halhalı zeytin çeşidine ait resim Şekil 3.1.’de verilmiştir.



Şekil 3.1. Halhalı

- a. Adı ve sinonimleri : Halhalı
- b. Orijini : Mardin ilinin Derik ilçesi
- c. Coğrafi Dağılımı : Hatay, Gaziantep, Kahramanmaraş, Mardin.

Gemlik

Gemlik zeytin çeşidine ait resim Şekil 3.2.'de verilmiştir.



Şekil 3.2. Gemlik

- a. **Adı ve sinonimleri** : Gemlik, Trilye, Kaplık, Kıvırcık, Kara
- b. **Orijini** : Kocaeli ilinin Gemlik ilçesi
- c. **Coğrafi Dağılımı** : Bursa, Tekirdağ, Kocaeli, Bilecik, Kastamonu, Zonguldak, Sinop, Samsun, Trabzon, Balıkesir, İzmir, Manisa, Aydın, İçel, Adana, Antalya, Adıyaman illerinde yetiştirilmekte ve oldukça Geniş bir coğrafi dağılım göstermektedir.

Haşebi

Haşebi zeytin çeşidine ait resim Şekil 3.3.'te verilmiştir.



Şekil 3.3. Haşebi

- a. **Adı ve sinonimleri** : Sarı Haşebi, Haşebi

- b. Orijini** : Hatay ilinin Altınözü ilçesi
- c. Coğrafi Dağılımı** : Hatay ili civarında yetiştirilen bir çeşittir.
(Gökçe, 1991)

3.2. Yöntem

Her olgunluk döneminde her çeşitten yaklaşık 3'er kg zeytin elle toplanarak Gıda Mühendisliği Bölüm laboratuvarında bulunan mini zeytinyağı sıkma makinesinde (kırıcı, malaksör ve separatör; Hakkı Ustaogulları) soğuk sıkım (28°C) yapılarak zeytinyağına işlenmiştir. Örnekler kahverengi 200 mL'lik cam şişelere üzerinde tepe boşluğu kalmayacak şekilde alınmış ve analiz edilinceye kadar +4°C'de muhafaza edilmiştir. Her bir analiz 3'er tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.1. Serbest Yağ Asitleri

Natürel zeytinyağlarında serbest yağ asitleri tayini TS 342'de belirtildiği gibi gerçekleştirilmiştir. 5 g yağ örneği 250 mL'lik erlene tartılmış, 50 mL 1/1'lik etil alkol-dietil eter karışımı ile çözündürülmüştür. Birkaç damla fenol fitalein ilave edilmiş ve en az 15 saniye kalıcı pembe renk verinceye kadar 0.1 N etil alkollü potasyum hidroksit çözeltisi ile titre edilmiştir ve harcanan miktar kaydedilmiştir. Sonuçlar % oleik asit cinsinden (3.1.)'deki gibi hesaplanmıştır (Anonim, 2003).

$$\text{Serbest yağ asitleri} = (V \times 0,028 \times 100) / m \quad (3.1.)$$

Burada;

V= Harcanan 0.1 N etil alkollü potasyum hidroksit çözeltisi

m= Örneğin ağırlığı, g

3.2.2. Peroksit Sayısı

Natürel zeytinyağlarında peroksit sayısı tayini TS 342'de belirtildiği gibi gerçekleştirilmiştir. 2 yağ örneği erlen içerisine tartılmıştır. Üzerine 10 mL kloroform eklendikten sonra şişe çalkalanarak yağ çözündürülmüş ve sırasıyla 15 mL buzlu

asetik asit ve 1 mL doymuş potasyum iyodür çözeltisi eklenmiştir. Erlen hemen kapatılmış 1 dk boyunca çalkalanmış ve 5 dk boyunca karanlıkta bekletilmiştir. 75 mL saf su eklendikten sonra birkaç damla nişasta çözeltisi ilave edilmiş ve 0.01 N sodyum tiyosülfat çözeltisi ile titre edilmiş ve mavi rengin hemen kaybolmasına kadar titrasyon devam ettirilmiştir. Titrasyon sonunda harcanan 0.01 N sodyum tiyosülfat çözeltisi miktarı kaydedilmiştir. Sonuçlar, 1 kg yağda bulunan peroksit oksijen miktarının milieşdeğer gram cinsinden ifadesi olarak (3.2.)’deki gibi belirlenmiştir (Anonim, 2003).

$$\text{Peroksit sayısı} = (V/m) \times 10 \text{ (meg O}_2\text{/kg)} \quad (3.2.)$$

Burada;

V= Titrasyonda harcanan 0.01 N sodyum tiyosülfat çözeltisi, mL

m= Örneğin ağırlığı, g

3.2.3. Ultraviyole Işığında Özgül Soğurma

Natürel zeytinyağlarında ultraviyole ışığında özgül soğurma tayini TS 342’de belirtildiği gibi gerçekleştirilmiştir.

Birincil oksidasyon ürünleri olan konjuge dienler 232 nm’de, aldehit ve keton gibi ikincil oksidasyon ürünleri ise 270 nm’de absorblanmaktadır. Rafinasyon işlemi sırasında konjuge dien ve trienlerde bir artış gözlenmektedir. Bu yüzden zeytinyağına herhangi bir taşış yapıldığında kullanılan parametrelerden biridir. Delta K (Delta E) değeri, 266, 270 ve 274 nm dalga boylarında ölçülen absorbans değerleri dikkate alınarak hesaplanan bir değer olup hem taşış hem de zeytinyağının kalitesi hakkında fikir vermektedir (Bayrak ve ark., 2010).

Yaklaşık 0,25 g yağ örneği 25 mL’lik balon jojeler içerisine tartılmıştır. Spektrofotometrik saflıktaki sikloheksan çözücüsü ile 25 mL’ye tamamlanmış ve homojenize edilmiştir. Elde edilen çözelti kuvarz küvetine aktarılmış ve spektrofotometre cihazında saf çözücüye (kör) karşı 270 nm, 266 nm ve 232 nm dalga boylarındaki ölçümleri yapılmıştır. Sonuçlar (3.3.)’de görüldüğü şekilde hesaplanmıştır (Anonim, 2003).

$$K_{\lambda} = \frac{E_{\lambda}}{c \times s} \quad (3.3.)$$

Burada;

K_{λ} = λ dalga boyundaki özgül soğurma;

E_{λ} = λ dalga boyunda ölçülen soğurma;

c = Yağ çözeltisinin konsantrasyonu (g/100 mL)

s = Kuvartz küvetin kalınlığı (cm)

E aşağıdaki formülle hesaplanmıştır;

$$\Delta E = E_m - \frac{E_{m-4} + E_{m+4}}{2}$$

Burada;

E_m : m dalga boyunda özgül soğurma

3.2.4. Toplam Karotenoid ve Klorofil

Zeytinyağında renk maddelerinin (pigment) belirlenmesi için toplam karotenoid ve toplam klorofil miktarı analizleri yapılmıştır. Analiz için 7.5 g yağ örneği sikloheksanda çözündürülerek balon jojeye konmuş ve hacmi 25 mL'ye tamamlanmıştır. 'Shimadzu' model UV spektrofotometrede karotenoid içeriği (lutein mg/kg olarak) 470 nm'de ve klorofil içeriği (feofitin mg/kg olarak) 670 nm'de okunmuş, (3.4.) ve (3.5.)'deki gibi hesaplama yapılmıştır (Morello ve ark, 2004; Youssef ve ark., 2011; Bengana ve ark., 2013).

$$\text{Karotenoid (mg lutein /kg yağ)} = (A_{470} \times 10^6) / (2000 \times 100 \times d) \quad (3.4.)$$

$$\text{Klorofil (mg feofitin /kg yağ)} = (A_{670} \times 10^6) / (613 \times 100 \times d) \quad (3.5.)$$

Burada;

A= Absorbans

d= Işın yolu (spektrofotometre hücre kalınlığı, 1cm)

3.2.5. Yağ Asitleri Kompozisyonu

Yağ asitleri kompozisyonu analizi için yağlar öncelikle metil esterleri haline getirilmiştir.

Yağ Asidi Metil Esterlerinin Hazırlanması

IOOC (2001)'de belirtildiği gibi yapılmıştır. 0.1 g yağ örneği, 5 mL'lik cam tüp içerisine tartılmış ve üzerine 2 mL n-heptan ilave edilerek karıştırılmıştır. Daha sonra üzerine 0.2 mL 2N metanollü KOH eklenip, vorteks karıştırıcıda 30 sn daha karıştırılmıştır. Karışım 5000 rpm'de 10 dakika santrifüj edilmiştir. Santrifüj sonunda metil esterleri içeren üst faz, pastör pipeti yardımıyla cam viallere alınmıştır. Bu üst fazdan 1 µL kadar alınıp GK'ye enjekte edilmiştir.

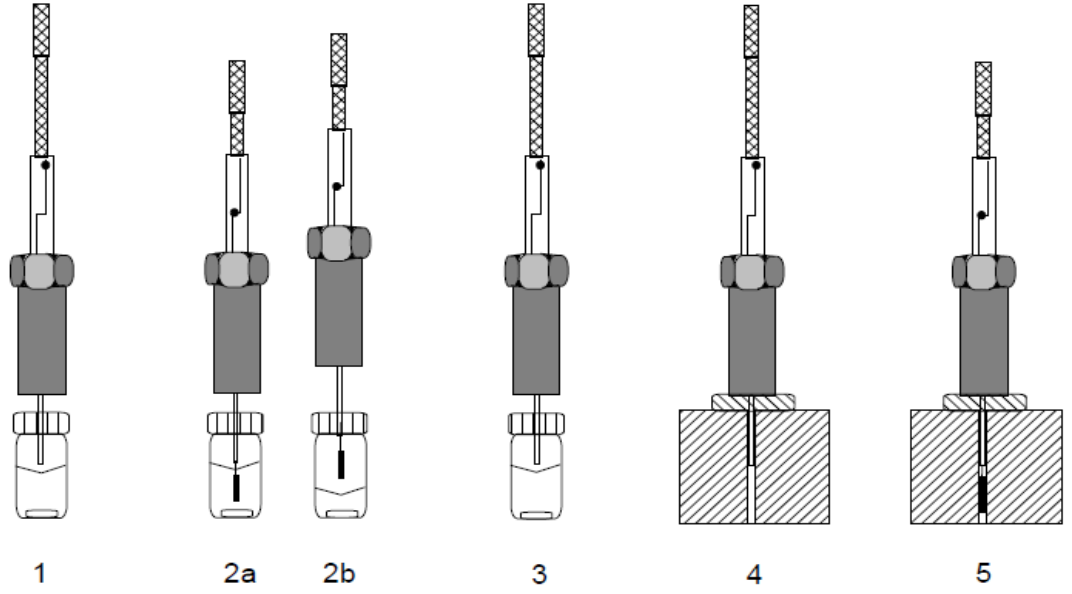
Gaz Kromatografisi (GK) Koşulları ve Yağ Asitlerinin Tanısı

Yağ asidi metil esterlerinin analizi 6850 (Agilent, SEM, Türkiye) gaz kromatografisi ile DB-23 (Agilent Tech., SEM, Türkiye) kapiler kolon kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kolonun uzunluğu 60 m ve iç çapı 0.25 mm'dir. Enjeksiyon portu sıcaklığı 250 °C, dedektör sıcaklığı 280 °C ve split oranı 1:50 'dir. Kolon sıcaklığı, 50 °C'den başlayarak dakikada 5 °C artarak 230 °C'ye çıkarılmıştır. Taşıyıcı gaz olarak hidrojen kullanılmış ve akış hızı 1 mL/dk'dır. Cihaza enjekte edilen örnek miktarı 1 µL'dir. Kromatogramdaki piklerin alıkonma süreleri, standart metil esterleri verilmek suretiyle kıyaslanarak tespit edilmiştir.

3.2.6. Katı Faz Mikro Ekstraksiyon (KFME) Tekniği ile Uçucu Bileşenlerin Analizi

Natürel zeytinyağlarının uçucu bileşenlerinin belirlenmesi, uçucu bileşenlerin ekstraksiyonu ve gaz kromatografisi analizi olmak üzere iki basamakta gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada, zeytinyağı örneklerinde uçucu bileşenlerin ekstraksiyonu Vichi ve ark. (2006) ve Bayrak ve ark. (2010) tarafından önerildiği şekillerde KFME tekniği kullanılarak gerçekleştirilmiş, örnekleme sıcaklık ve süresi ile

ilgili bazı modifikasyonlar yapılmıştır. Gerçekleştirilen çalışmada DVB/CAR/PDMS (polidimetilsiloksan/ divinilbenzen/ karboksen) kaplı KFME fiberi kullanılmıştır. Uygulamada ise 3 mL zeytinyağı 20 mL'lik vialle doldurulmuş ve ağzı hava geçirmeyen teflon kapakla kapatılmıştır. Viallerdeki zeytinyağı örneklerinin en uygun şekilde dengeye gelmesi amacıyla 40, 50, 60 ve 80 °C gibi farklı sıcaklık ve 15, 30, 45 ve 60 dk. gibi farklı süre uygulamaları denenmiştir. Ön denemeler sonucu viallerdeki yağ örneklerinin dengeye gelmesi için en uygun sonucun alındığı süre ve sıcaklık uygulaması şu şekildedir: vialler su banyosunda 60 °C'de 10 dk bekletilmiş, daha sonra KFME (Supelco, Bellefonte, PA) iğnesi vial septumunun delinmesiyle vial içerisine yerleştirilmiştir. Ardından DVB/CAR/PDMS kaplı fiber tepe boşluğuna indirilmiştir. 60 °C'deki su banyosunda 50 dk boyunca KFME fiberi üzerindeki faza bileşenlerin absorbe olması amacıyla beklenmiştir. Süre sonunda fiber iğneye geri çekilip vialden çıkartılmıştır. İkinci aşamada ise uçucu bileşenlerin teşhis edilmesi amacıyla Gaz Kromatografisi (GK) ile birlikte Kütle Spektrometresi (KS) kullanılmıştır. GK'ne doğrudan enjeksiyon yapılmış, uygun desorbsiyon işlemi için 3 dk beklendikten sonra KFME enjeksiyon portundan çıkarılmıştır.



1. Örnek vialinin septumunun fiber lif kılavuzu ile delinmesi. 2. a) Fiber lif, fiber kılavuzundan çıkıp sıvı içine dalmaktadır veya b) tepe boşluğu SPME uygulamasında sıvı fazın üzerinde askıda kalmaktadır. (absorbsiyon aşaması) 3. Fiber lif ve lif kılavuzu zenginleştirme sonrası geri çekilmektedir. 4. Fiber gaz kromatografisinin enjeksiyon bloğuna yerleştirilir. 5. Enjeksiyon bloğunda bir ısıtma programı uygulanan bileşenler bakımından zengin fiber liften bileşenler gaz kromatografisine geçer. (desorbsiyon aşaması)

Şekil 3.4. Katı faz mikro ekstraksiyon yönteminin önemli basamakları
(Kara, 2011)

Uçucu bileşenlerin teşhis edilmesi amacıyla kullanılan GK/KS çalışma koşulları aşağıda belirtilmiştir:

Model: Shimadzu GCMS-QP2010 Plus

Kolon: TG-5MS % 5 polisilfenilen-siloksan (30,0 m uzunluk, 0,25 mm iç çap, 0,25 µm film kalınlığı)

Enjeksiyon sıcaklığı: 260 °C

Enjeksiyon modu: Splitless

Taşıyıcı gaz: Helyum

Fırın sıcaklık programı: 50 °C 3 dk tutulur

50 °C'den 210 °C'ye kadar dk'da 5 °C artacak şekilde

210 °C'den 280 °C'ye kadar dk'da 25 °C artacak şekilde

280 °C'de 2 dk tutulur

Dedektör voltajı: 1.00 kV

Dedektör sıcaklığı: 200 °C

KS Kütüphanesi: Wiley kütüphanesi

GK/KS analizleri yapılan bileşenlerin kütle spektrumları, standart maddeler (1-hekzenal, trans-2-hekzenal, 1-hekzanol, 1-heptanal, oktanal, nonanal ve trans-2-undekanal (Sigma-Aldrich)) sisteme enjekte edilerek alıkonma süreleri ve kütle spektrumlarından yararlanılarak tanımlama yapılmıştır. Bununla beraber Wiley kütüphanesinden de yararlanılmıştır.

3.2.7.İstatistiksel Değerlendirme

Araştırma sonucu elde edilen veriler SPSS 17.0 Paket programında varyans analizine göre değerlendirilmiştir. Önemli çıkan değerler ise Duncan çoklu karşılaştırma testine tabi tutularak elde edilen sonuçlar yorumlanmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1 Serbest Yağ Asitleri

Zeytinyağı örneklerine ait serbest yağ asitleri miktarına ilişkin ortalama değerler Çizelge 4.1'de verilmiştir. Serbest yağ asitleri bakımından zeytin çeşidi, olgunlaşma ve çeşit x olgunluk interaksyonunun istatistiki olarak %1 ve %5'te önemli olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.1. Zeytinyağı örneklerinin serbest yağ asitleri miktarına ilişkin ortalama değerler

Serbest yağ asitleri (% oleik asit)				
Çeşitler	1.derim	2.derim	3.derim	Ortalama
Halhalı	0.14 ^{ef}	0.17 ^c	0.22 ^b	0.18 ^b
Gemlik	0.16 ^{cd}	0.17 ^c	0.26 ^a	0.20 ^a
Hasebi	0.13 ^f	0.16 ^{cd}	0.17 ^c	0.15 ^c
Karamani	0.04 ^h	0.08 ^g	0.15 ^{de}	0.09 ^d
Ortalama	0.12 ^c	0.15 ^b	0.20 ^a	

*Aynı satırda değişik harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir.

Çeşitler açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek ve en düşük serbest yağ asitleri miktarları (% oleik asit cinsinden) sırasıyla Gemlik (0.20) ve Karamani (0.09)'de tespit edilmiştir. Serbest yağ asitleri bakımından çeşitlerde farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Olgunluk dönemleri açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek serbest yağ asitleri miktarının 0.20 ile 3. derimde, en düşük serbest yağ asitleri miktarının ise 0.12 ile 1. derimde olduğu belirlenmiştir. Sonuçlara göre serbest yağ asitleri miktarının olgunlaşma ile arttığı saptanmıştır.

Çeşit x olgunluk interaksyonu açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek serbest yağ asitleri miktarının 0.26 ile Gemlik çeşidinin 3. olgunluk döneminde, en düşük serbest yağ asitleri miktarının ise 0.04 ile Karamani çeşidinin 1. olgunluk döneminde olduğu belirlenmiştir. Buna göre serbest yağ asitlerinin çeşit x olgunluk interaksyonu açısından farklılık gösterdiği saptanmıştır.

Türk Gıda Kodeksi Zeytinyağı ve Pirina Yağı Tebliği (2010)'ne göre serbest yağ asitleri esas alınarak yapılan sınıflandırmada natürel sızma zeytinyağı için belirlenen üst sınır %0.8, natürel birinci zeytinyağı için ise %2.0 olarak belirtilmiştir. İncelenen naturel zeytinyağı örneklerinin tümünün naturel sızma zeytinyağı kategorisinde olduğu tespit edilmiştir.

Arslan ve Schreiner (2012)'in Hatay'da yetiştirilen Eğriburun, Karamani, Halhalı, Saurani ve Haşebi zeytin çeşitlerinden elde edilen yağların kimyasal özellikleri ve antioksidan aktivitelerini incelediği çalışmada serbest yağ asitleri miktarını %0.52 ve %0.85 arasında saptamışlardır. Söz konusu çalışmada elde edilen değerler yapılan araştırmadaki değerlerden yüksek bulunmuştur. Bengana ve ark. (2013) Cezayir'den sağladıkları Chemlal zeytin çeşitlerinden elde edilen zeytinyağlarının olgunlaşmaya bağlı olarak kimyasal özellikleri ve fenolik kompozisyonunu inceledikleri çalışmada serbest yağ asitleri miktarını %0.2-0.3 arasında belirlemişlerdir. Bu çalışmadan elde edilen değerler ise yapılan çalışmayla genel olarak uyum içerisinde.

Zeytin sineği saldırıları, uygun olmayan hasat yöntemleri, zeytinlerin taşınma, depolanması ve teknolojik muameleler gibi faktörler zeytinde hasara neden olabilmektedir. Zeytinin ekim alanı ve çeşidine ilaveten bu faktörler de serbest yağ asitleri konsantrasyonunu etkileyebilmekte ve bu değerlerin artışının kalite parametreleri üzerinde en önemli etkiye sahip olduğu bildirilmektedir (Arslan ve Schreiner, 2012).

4.2 Peroksit Sayısı

Zeytinyağı örneklerine ait peroksit sayılarına ilişkin ortalama değerler Çizelge 4.2'de verilmiştir. Peroksit sayısı bakımından zeytin çeşidi, olgunlaşma ve çeşit x olgunluk interaksiyonunun istatistiki olarak %1 ve %5'te önemli olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.2. Zeytinyağı örneklerinin peroksit sayılarına ilişkin ortalama değerler

Çeşitler	Peroksit Sayısı (meqO ₂ /kg)			Ortalama
	1.derim	2.derim	3.derim	
Halhalı	6.60 ^e	7.06 ^{de}	7.10 ^{de}	6.92 ^b
Gemlik	6.46 ^e	8.90 ^b	9.58 ^{ab}	8.31 ^a
Hışebi	7.50 ^{cd}	8.10 ^c	9.74 ^a	8.45 ^a
Karamani	5.30 ^f	6.41 ^e	6.55 ^e	6.09 ^c
Ortalama	6.47 ^c	7.62 ^b	8.24 ^a	

*Aynı satırda değişik harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir.

Çeşitler açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek ve en düşük peroksit sayısı değeri (meqO₂/kg) sırasıyla Hışebi (8.45) ve Karamani (6.09)'de tespit edilmiştir. Peroksit sayısı bakımından Gemlik ve Hışebi arasında fark olmadığı ve Halhalı ve Karamani'nin bunlardan farklı olduğu saptanmıştır. Olgunluk dönemleri açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek peroksit sayısı değeri 8.24 meqO₂/kg ile 3. derimde, en düşük peroksit sayısı değeri ise 6.47 meqO₂/kg ile 1. derimde olduğu belirlenmiştir. Sonuçlara göre peroksit sayısının olgunlaşma ile arttığı saptanmıştır.

Çeşit x olgunluk interaksyonu açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek peroksit sayısı değeri 9.74 meqO₂/kg ile Hışebi çeşidinin 3. olgunluk döneminde, en düşük peroksit sayısı değeri ise 5.30 meqO₂/kg ile Karamani çeşidinin 1. olgunluk döneminde olduğu belirlenmiştir. Buna göre peroksit sayısının çeşit x olgunluk interaksyonu açısından farklılık gösterdiği saptanmıştır.

Türk Gıda Kodeksi Zeytinyağı ve Pirina Yağı Tebliğı (2010)'ne göre naturel sızma zeytinyağlarına ait peroksit sayısı değeri en fazla 20,00 meqO₂/kg yağ olup elde edilen sonuçlarla kıyaslandığında tüm örneklerin standartlarda verilen değere uygun olduğu saptanmıştır. İncelenen naturel zeytinyağı örneklerinin tümünün naturel sızma zeytinyağı kategorisinde olduğu belirlenmiştir.

Bozdoğan Konuşkan (2008), Hatay'ın Altınözü, Antakya ve Samandağı ilçelerinde 2005 ve 2006 hasat yıllarında Gemlik, Halhalı ve Sarı Hışebi zeytin çeşitlerinden elde edilen zeytinyağlarını incelemiş, peroksit sayısı değerlerini 2005 hasat yılında 4.77-7.61 meqO₂/kg ve 2006 hasat yılında ise 4.68-7.14 meqO₂/kg arasında tespit etmiştir. Karayiyen (2011)'in yaptığı çalışmada ise peroksit sayısı değerleri 7.5-

17.7 meqO₂/kg aralığında bulunmuştur. Bu çalışmada elde edilen peroksit sayısı değerlerinin Karayiye (2011)'in bulgularından düşük olduğu, Bozdoğan Konuşkan (2008)' in çalışmasıyla da benzerlik gösterdiği belirlenmiştir.

Asit ve peroksit değerlerinin yüksek olması yağın kalitesinin düştüğünü göstermektedir. Peroksit sayısı depolama esnasında otooksidasyon ile oluşan hidroperoksitlerin miktarsal ölçümü olarak tanımlanabilmektedir (Guadarrama ve ark., 2001). Ayrıca peroksit sayısı değeri lipaz enziminin aktivitesine bağlı olarak artış göstermektedir. Bu enzimin aktivitesi; çeşit, olgunluk seviyesi, sıcaklık ve nem gibi faktörlere bağlı olarak değişmektedir (Bayrak ve ark., 2010).

4.3 Ultraviyole Işığında Özgöl Soğurma (Absorbans)

Zeytinyağı örneklerine ait ultraviyole ışığında özgül soğurma değerlerine ilişkin ortalama sonuçlar Çizelge 4.3., Çizelge 4.4. ve Çizelge 4.5.'te verilmiştir. Özgöl soğurma değerlerinden K₂₇₀ değeri bakımından zeytin çeşidinin ve olgunlaşmanın istatistiki olarak %1 ve %5'te önemli olduğu; ancak çeşit x olgunluk interaksyonunun sadece %5'te önemli olduğu belirlenmiştir. K₂₃₂ değeri bakımından zeytin çeşidi, olgunlaşma ve çeşit x olgunluk interaksyonunun %5 ve %1'de önemli olduğu belirlenmiştir. Delta E değeri bakımından ise olgunlaşmanın %1 ve %5'te önemli olduğu; ancak çeşit x olgunluk interaksyonunun sadece %5'te önemli olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.3. Zeytinyağı örneklerinin K₂₇₀ değerlerine ilişkin ortalama ölçüm sonuçları

Çeşitler	K ₂₇₀ Değeri			Ortalama
	1.derim	2.derim	3.derim	
Halhalı	0.13 ^a	0.14 ^a	0.14 ^a	0.14 ^a
Gemlik	0.10 ^b	0.14 ^a	0.14 ^a	0.13 ^{ab}
Haşebi	0.10 ^b	0.13 ^a	0.14 ^a	0.12 ^b
Karamani	0.07 ^c	0.08 ^c	0.08 ^c	0.08 ^c
Ortalama	0.10 ^b	0.12 ^a	0.13 ^a	

*Aynı satırda değişik harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir.

Çeşitler açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek ve en düşük K_{270} değerleri sırasıyla Halhalı (0.14) ve Karamani (0.08)'de tespit edilmiştir. K_{270} değeri bakımından çeşitlerde farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Olgunluk dönemleri açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek K_{270} değerinin 0.10 ile 1. derimde, en düşük K_{270} değerinin ise 0.13 ile 3. derimde olduğu belirlenmiştir. Sonuçlara göre 2. ve 3. olgunluk dönemi arasında farklılık olmadığı ve 1. olgunluk döneminin bunlardan düşük olduğu tespit edilmiştir.

Çeşit x olgunluk interaksyonu açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek K_{270} değerinin 0.14 ile Gemlik çeşidinin 2 ve 3. olgunluk döneminde, en düşük K_{270} değerinin ise 0.07 ile Karamani çeşidinin 1. olgunluk döneminde olduğu belirlenmiştir. Buna göre K_{270} değerinin çeşit x olgunluk interaksyonu açısından pek fazla farklılık göstermediği saptanmıştır.

Çizelge 4.4. Zeytinyağı örneklerinin K_{232} değerlerine ilişkin ortalama ölçüm sonuçları

Çeşitler	K_{232} Değeri			Ortalama
	1.derim	2.derim	3.derim	
Halhalı	1.41 ^h	1.42 ^{gh}	1.42 ^{gh}	1.42 ^c
Gemlik	1.54 ^d	1.52 ^e	1.68 ^a	1.58 ^b
Haşebi	1.65 ^b	1.66 ^b	1.63 ^c	1.65 ^a
Karamani	1.46 ^f	1.43 ^g	1.36 ⁱ	1.42 ^c
Ortalama	1.52 ^b	1.51 ^b	1.53 ^a	

*Aynı satırda değişik harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir.

Çeşitler açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek ve en düşük K_{232} değerleri sırasıyla Haşebi (1.65) ve Halhalı ve Karamani (1.42)'de tespit edilmiştir. Buna göre Halhalı ve Karamani arasında fark olmadığı ve Gemlik ve Haşebi'nin bunlardan farklı olduğu saptanmıştır. Olgunluk dönemleri açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek K_{232} değerinin 1.53 ile 3. derimde, en düşük K_{232} değerinin ise 1.51 ile 2. derimde olduğu belirlenmiştir. Bu değer bakımından 1. ve 2. olgunlaşma dönemi arasında fark olmadığı ve 3. olgunlaşma döneminin bunlardan yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Çeşit x olgunluk interaksyonu açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek K_{232} değerinin 1.68 ile Gemlik çeşidinin 3. olgunluk döneminde, en düşük K_{232} değerinin ise 1.36 ile Karamani çeşidinin 3. olgunluk döneminde olduğu belirlenmiştir. Buna göre K_{232} değerinin çeşit x olgunluk interaksyonu açısından farklılıklar gösterdiği saptanmıştır.

Çizelge 4.5 Zeytinyağı örneklerinin Delta E değerlerine ilişkin ortalama ölçüm sonuçları

Çeşitler	Delta E Değeri			
	1.derim	2.derim	3.derim	Ortalama
Halhalı	0.005 ^a	0.007 ^a	0.008 ^a	0.007 ^a
Gemlik	0.004 ^a	0.005 ^a	0.009 ^a	0.006 ^a
Haşebi	0.003 ^a	0.004 ^a	0.005 ^a	0.004 ^a
Karamani	0.002 ^a	0.004 ^a	0.007 ^a	0.004 ^a
Ortalama	0.004 ^a	0.005 ^a	0.007 ^a	

*Aynı satırda değişik harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir.

Çeşitler açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek ve en düşük Delta E değerleri sırasıyla Halhalı (0.007) ve Haşebi ve Karamani (0.004)'de tespit edilmiştir. Delta E değeri bakımından çeşitlerde farklılıklar olmadığı belirlenmiştir. Olgunluk dönemleri açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek Delta E değerinin 0.007 ile 3. derimde, en düşük Delta E değerinin ise 0.004 ile 1. derimde olduğu ve sonuçların olgunlaşma dönemleri açısından farklılık göstermediği saptanmıştır.

Çeşit x olgunluk interaksyonu açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek Delta E değerinin 0.009 ile Gemlik çeşidinin 3. olgunluk döneminde, en düşük Delta E değerinin ise 0.002 ile Karamani çeşidinin 1. olgunluk döneminde olduğu belirlenmiştir. Buna göre Delta E değerinin çeşit x olgunluk interaksyonu açısından farklılıklar göstermediği saptanmıştır.

İncelenen naturel zeytinyağı örneklerinin tümünün naturel sızma zeytinyağı kategorisinde olduğu belirlenmiştir. Türk Gıda Kodeksi Zeytinyağı ve Pirina Yağı Tebliği (2010)'ne göre naturel sızma zeytinyağlarındaki K_{270} değeri limiti 0.22; K_{232} değeri limiti 2,5 ve Delta E değeri maksimum limiti 0,01 olup, elde edilen sonuçlarla

kıyaslandığında tüm örneklerin standartlarda verilen değere uygun olduğu tespit edilmiştir.

Anwar ve ark. (2013) tarafından yapılan ve Pakistan'daki yabani zeytin ağaçlarından sağlanan zeytinyağlarının karakterizasyonunun referans örneklerle karşılaştırıldığı çalışmada K_{270} değerleri referans yağ hariç 0.27-0.29 aralığında; K_{232} değerleri ise yine referans yağ hariç 2.78-2.90 aralığında belirlenmiştir. Bu çalışmadaki değerlerin yapılan çalışmadan yüksek olduğu saptanmıştır. Ben Temime ve ark. (2006) tarafından Tunus'un kuzeyinden elde edilen olgunlaşma derecesi aynı olan ve farklı çevresel koşullarda yetişen aynı çeşit zeytinlerden elde edilen zeytinyağlarının uçucu profilinin incelendiği çalışmada K_{270} değerleri 0.09-0.20 aralığında saptanmıştır. Yapılan çalışmanın K_{270} değerleri (0.07-0.14) Ben Temime ve ark. (2006)'nın yaptığı çalışma ile benzerlik göstermektedir.

4.4 Toplam Karotenoid

Zeytinyağı örneklerine ait toplam karotenoid miktarına ilişkin ortalama değerler Çizelge 4.6'da verilmiştir. Toplam karotenoid miktarı bakımından zeytin çeşidi, olgunlaşma ve çeşit x olgunluk interaksiyonunun istatistiki olarak %1 ve %5'te önemli olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.6. Zeytinyağı örneklerinin toplam karotenoid miktarına ilişkin ortalama değerler

Çeşitler	Toplam Karotenoid Miktarı (mg lutein /kg)			Ortalama
	1.derim	2.derim	3.derim	
Halhalı	3.88 ^e	3.71 ^e	4.40 ^d	4.00 ^b
Gemlik	3.38 ^f	1.61 ⁱ	3.09 ^g	2.69 ^d
Hasebi	6.78 ^a	5.78 ^b	4.78 ^c	5.78 ^a
Karamani	2.31 ^h	3.35 ^f	4.74 ^c	3.47 ^c
Ortalama	4.09 ^b	3.61 ^c	4.25 ^a	

*Aynı satırda değişik harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir.

Çeşitler açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek ve en düşük toplam karotenoid değerleri (mg lutein /kg) sırasıyla Haşebi (5.78) ve Gemlik (2.69)'de tespit edilmiştir. Toplam karotenoid değeri bakımından çeşitlerde farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Olgunluk dönemleri açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek toplam karotenoid değerinin 4.25 mg/kg lutein ile 3. derimde, en düşük toplam karotenoid değerinin ise 3.61 mg lutein /kg ile 2. derimde olduğu belirlenmiştir. Sonuçların olgunlaşma dönemleri açısından dalgalanmalar gösterdiği tespit edilmiştir.

Çeşit x olgunluk interaksyonu açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek toplam karotenoid değerinin 6.78 mg lutein /kg ile Haşebi çeşidinin 1. olgunluk döneminde, en düşük toplam karotenoid değerinin ise 1.61 mg lutein /kg ile Gemlik çeşidinin 2. olgunluk döneminde olduğu belirlenmiştir. Buna göre toplam karotenoid değerinin çeşit x olgunluk interaksyonu açısından farklılıklar gösterdiği saptanmıştır.

Arslan ve ark. (2013) farklı bölgelerdeki Sarıulak zeytin çeşidinden elde ettikleri yağların toplam karotenoid miktarını yaklaşık 7 mg lutein /kg civarında belirlemişlerdir. Bozdoğan Konuşkan (2008), yaptığı çalışmada 2005 hasat dönemine ait toplam karotenoid değerlerini 3.3-38.9 mg lutein /kg arasında, 2006 hasat yılına ait değerleri ise 3.6-48.2 mg lutein /kg arasında saptamış olup ilgili değerler yapılan çalışmadan genel olarak yüksek bulunmuştur. Issaoui ve ark. (2010) ise bu değerleri 3.7-8.4 mg lutein /kg arasında belirlemiş olup, bu değerler yapılan çalışma ile benzerlik göstermiştir.

Bengana ve ark. (2013) tarafından, zeytinlerde olgunlaşmanın yağın kimyasal bileşime etkisinin araştırıldığı çalışmada toplam klorofil miktarı 1.2-1.5 mg lutein /kg arasında değişmiş olup, söz konusu değerler yapılan çalışmadaki değerlerden düşük bulunmuştur.

Yapılan çalışmalarda zeytinyağında toplam karotenoid içeriğinin genellikle zeytinin çeşidine, olgunluğuna, iklim ve coğrafi faktörlere, ekstraksiyon sistemine ve depolamaya bağlı olarak değiştiği bildirilmektedir (Baccouri ve ark., 2007; Youssef ve ark., 2011).

4.5 Toplam Klorofil

Zeytinyağı örneklerine ait toplam klorofil miktarına ilişkin ortalama değerler Çizelge 4.7'de verilmiştir. Toplam klorofil miktarı bakımından zeytin çeşidi, olgunlaşma ve çeşit x olgunluk interaksyonunun istatistiki olarak %1 ve %5'te önemli olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.7. Zeytinyağı örneklerinin toplam klorofil miktarına ilişkin ortalama değerler

Çeşitler	Toplam Klorofil Miktarı (mg feofitin /kg)			
	1.derim	2.derim	3.derim	Ortalama
Halhalı	10.10 ^c	8.00 ^d	8.11 ^d	8.74 ^b
Gemlik	6.82 ^f	3.88 ⁱ	6.11 ^g	5.60 ^d
Haşebi	14.90 ^a	13.18 ^b	7.57 ^e	11.88 ^a
Karamani	5.76 ^h	6.84 ^f	8.27 ^d	6.95 ^c
Ortalama	9.40 ^a	7.97 ^b	7.51 ^c	

*Aynı satırda değişik harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir.

Çeşitler açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek ve en düşük toplam klorofil değerleri (mg feofitin /kg) sırasıyla Haşebi (11.88) ve Gemlik (5.60)'de tespit edilmiştir. Toplam klorofil değeri bakımından çeşitlerde farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Olgunluk dönemleri açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek toplam klorofil değerinin 9.40 mg feofitin /kg ile 1. derimde, en düşük toplam klorofil değerinin ise 7.51 mg feofitin /kg ile 3. derimde olduğu ve toplam klorofil miktarının olgunlaşma ile azaldığı saptanmıştır.

Çeşit x olgunluk interaksyonu açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek toplam klorofil değerinin 14.9 mg feofitin /kg ile Haşebi çeşidinin 1. olgunluk döneminde, en düşük toplam klorofil değerinin ise 3.9 mg feofitin /kg ile Gemlik çeşidinin 2. olgunluk döneminde olduğu belirlenmiştir. Buna göre toplam klorofil değerinin çeşit x olgunluk interaksyonu açısından farklılıklar gösterdiği saptanmıştır.

Arslan ve ark. (2013) tarafından yapılan çalışmada toplam klorofil miktarı 7.33–8.83 mg feofitin /kg aralığında tespit edilmiştir. Bozdoğan Konuşkan (2008) toplam klorofil miktarını 2005 hasat dönemi için 4.1-121.5 mg feofitin /kg ve 2006 hasat dönemi için 6.9-122.3 mg feofitin /kg arasında bulmuştur. Yapılan çalışmada bulunan

toplam klorofil miktarlarının Bozdoğan Konuşkan (2008)'ın değerlerinden genel olarak düşük olduğu; ancak Arslan ve ark. (2013)'nin değerleriyle uyum gösterdiği belirlenmiştir.

Bengana ve ark. (2013) tarafından zeytinlerde olgunlaşmanın yağın kimyasal bileşime etkisinin araştırıldığı çalışmada toplam klorofil miktarının 13-22 mg feofitin /kg arasında değiştiği belirlenmiş olup, yapılan çalışmadaki değerlerden yüksek bulunmuştur. Baccouri ve ark. (2007) tarafından yapılan çalışmada toplam klorofil miktarlarının 1.9-4.9 mg feofitin /kg arasında değişmiş olup, yapılan çalışmada ise bu değerlerin üstünde klorofil miktarları tespit edilmiştir.

Yapılan çalışmalarda zeytinyağında toplam klorofil içeriğinin genellikle zeytinin çeşidine, olgunluğuna, iklim ve coğrafi faktörlere, ekstraksiyon sistemine ve depolamaya bağlı olarak değiştiği bildirilmiştir (Baccouri ve ark., 2007; Youssef ve ark., 2011).

4.6 Yağ Asitleri Kompozisyonu

İncelenen yağlarda elde edilen başlıca yağ asitleri; palmitik, palmitoleik, stearik, oleik, linoleik, linolenik, araşidik asit olarak belirlenmiştir. Zeytinyağı örneklerine ait yağ asitleri kompozisyonuna ilişkin ortalama değerler Çizelge 4.8., 4.9., 4.10., 4.11., 4.12., 4.13., 4.14.'te verilmiştir.

Yapılan çalışmada palmitik asit bakımından zeytin çeşidi, olgunlaşma ve çeşit x olgunluk interaksiyonunun istatistiki olarak %1 ve %5'te önemli olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.8. Zeytinyağı örneklerinin palmitik asit değerlerine ilişkin ortalama ölçüm sonuçları

Çeşitler	Palmitik Asit (%)			
	1.derim	2.derim	3.derim	Ortalama
Halhalı	16.1 ^a	15.1 ^c	14.1 ^d	15.1 ^b
Gemlik	15.5 ^b	15.4 ^b	14.9 ^c	15.3 ^a
Hasebi	12.5 ^e	12.7 ^e	12.1 ^f	12.4 ^d
Karamani	15.0 ^c	15.0 ^c	12.5 ^e	14.2 ^c
Ortalama	14.8 ^a	14.5 ^b	13.4 ^c	

*Aynı satırda değişik harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir.

Çeşitler açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek ve en düşük palmitik asit değerleri (%) sırasıyla Gemlik (15.3) ve Hasebi (12.4)'de tespit edilmiştir. Palmitik asit değeri bakımından çeşitlerde farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Olgunluk dönemleri açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek palmitik asit değerinin %14.8 ile 1. derimde, en düşük palmitik asit değerinin ise %13.4 ile 3. derimde olduğu belirlenmiştir. Sonuçlara göre palmitik asit miktarının olgunlaşma ile azaldığı saptanmıştır.

Çeşit x olgunluk interaksyonu açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek palmitik asit değerinin % 16.1 ile Halhalı çeşidinin 1. olgunluk döneminde, en düşük palmitik asit değerinin ise % 12.1 ile Hasebi çeşidinin 3. olgunluk döneminde olduğu belirlenmiştir. Buna göre palmitik asit değerinin çeşit x olgunluk interaksyonu açısından farklılıklar gösterdiği saptanmıştır.

Elde edilen bu değerler, Türk Gıda Kodeksi'nin bildirdiği sınırlar (%7.5-20) içerisinde bulunmuştur. Arslan ve Schreiner (2012)' in Hatay bölgesinden elde ettikleri çeşitler üzerine yaptıkları çalışmada Halhalı ve Hasebi çeşitlerinin palmitik asit değerleri yapılan çalışmadaki değerlerden düşük, Karamani çeşidinin palmitik asit değerleri ise yüksek bulunmuştur.

Toplu (2000), Hatay yöresinde yetiştirilen Halhalı, Kargaburnu, Savrani ve Gemlik zeytin çeşitlerinin bazı özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yaptığı çalışmada en yüksek (%14.93 ve 15.73) ve en düşük (%10.64 ve 11.50) palmitik asit içeriğini sırasıyla Gemlik ve Savrani çeşitlerinde tespit etmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarının yapılan çalışma ile benzerlik gösterdiği belirlenmiştir.

Bozdoğan Konuşkan (2008) çalışmasında palmitik asit oranlarını sırasıyla %10.9-16.7 ve %11.5-17.4 arasında belirlemiştir.. Yapılan çalışmada bulunan palmitik asit değerleri ile Bozdoğan Konuşkan (2008)'ın bulduğu değerler uyum içerisinde.

Yapılan çalışmada palmitoleik asit bakımından zeytin çeşidi, olgunlaşma ve çeşit x olgunluk interaksyonunun istatistiki olarak %1 ve %5'te önemli olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.9. Zeytinyağı örneklerinin palmitoleik asit değerlerine ilişkin ortalama ölçüm sonuçları

Çeşitler	Palmitoleik Asit (%)			
	1.derim	2.derim	3.derim	Ortalama
Halhalı	1.6 ^b	1.1 ^f	0.9 ^g	1.2 ^c
Gemlik	1.5 ^c	1.7 ^a	1.6 ^{bc}	1.6 ^a
Haşebi	0.9 ^h	0.8 ^h	0.8 ⁱ	0.8 ^d
Karamani	1.5 ^d	1.5 ^d	1.3 ^e	1.4 ^b
Ortalama	1.4 ^a	1.3 ^b	1.2 ^c	

*Aynı satırda değişik harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir.

Çeşitler açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek ve en düşük palmitoleik asit değerleri (%) sırasıyla Gemlik (1.6) ve Haşebi (0.8)'de tespit edilmiş, palmitoleik asit değeri bakımından çeşitlerde farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Olgunluk dönemleri açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek palmitoleik asit değeri %1.4 ile 1. derimde, en düşük palmitoleik asit değeri ise %1.2 ile 3. derimde bulunmuş, palmitoleik asit miktarının olgunlaşma ile azaldığı saptanmıştır.

Çeşit x olgunluk interaksyonu açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek palmitoleik asit değerinin % 1.7 ile Gemlik çeşidinin 2. olgunluk döneminde, en düşük palmitoleik asit değerinin ise % 0.8 ile Haşebi çeşidinin 2. ve 3. olgunluk döneminde olduğu belirlenmiştir. Buna göre palmitoleik asit değerinin çeşit x olgunluk interaksyonu açısından farklılıklar gösterdiği saptanmıştır.

Elde edilen bu değerler, Türk Gıda Kodeksi'nin bildirdiği sınırlar (%0.3-3.5) içerisinde bulunmuştur. Bozdoğan (2002) tarafından yapılan çalışmada palmitoleik asit

miktarları %0.31-0.52 olarak belirlenmiş olup, bu değerler yapılan çalışmadan elde edilen değerlerden düşük bulunmuştur.

Arslan ve Schreiner (2012) tarafından yapılan çalışmada, Karamani ve Haşebi çeşitlerine ait palmitoleik asit değerlerinin yapılan çalışmadaki değerlerden düşük olduğu, Halhalı çeşidinin palmitoleik asit değerlerinin ise yapılan çalışmayla benzerlik gösterdiği belirlenmiştir.

Yapılan çalışmada stearik asit bakımından zeytin çeşidi, olgunlaşma ve çeşit x olgunluk interaksyonunun istatistiki olarak %1 ve %5'te önemli olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.10. Zeytinyağı örneklerinin stearik asit değerlerine ilişkin ortalama ölçüm sonuçları

Stearik Asit (%)				
Çeşitler	1.derim	2.derim	3.derim	Ortalama
Halhalı	2.4 ^g	3.3 ^b	3.6 ^a	3.1 ^a
Gemlik	2.6 ^e	2.5 ^g	2.8 ^d	2.6 ^b
Haşebi	2.2 ⁱ	2.2 ⁱ	2.3 ^h	2.2 ^d
Karamani	2.1 ⁱ	2.6 ^f	2.9 ^c	2.5 ^c
Ortalama	2.3 ^c	2.6 ^b	2.9 ^a	

*Aynı satırda değişik harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir.

Çeşitler açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek ve en düşük stearik asit değerleri (%) sırasıyla Halhalı (3.1) ve Haşebi (2.2)'de tespit edilmiştir. Stearik asit değeri bakımından çeşitlerde farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Olgunluk dönemleri açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek stearik asit değeri %2.9 ile 3. derimde, en düşük stearik asit değerinin ise %2.3 ile 1. derimde olduğu ve stearik asit miktarının olgunlaşma ile arttığı saptanmıştır.

Çeşit x olgunluk interaksyonu açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek stearik asit değerinin % 3.6 ile Halhalı çeşidinin 3. olgunluk döneminde, en düşük stearik asit değerinin ise % 2.1 ile Karamani çeşidinin 1. olgunluk döneminde olduğu belirlenmiştir. Buna göre stearik asit değerinin çeşit x olgunluk interaksyonu açısından farklılıklar gösterdiği saptanmıştır.

Elde edilen bu oranlar, Türk Gıda Kodeksi'nin bildirdiği değerler (%0.5-5.0) içerisinde bulunmuştur. Bozdoğan Konuşkan (2008) tarafından yapılan çalışmada bulunan stearik asit oranları 2005 hasat yılında %2.4-4.1, 2006 hasat yılında ise %2.7-4.2 arasında belirlenmiş olup, yapılan çalışmadaki stearik asit oranları ile uyum içerisindedir.

Youssef ve ark. (2011) tarafından yapılan çalışmada stearik asit oranları %1.6-2.2 arasında tespit edilmiş olup, yapılan çalışmadaki değerlerden düşük olduğu saptanmıştır.

Yapılan çalışmada oleik asit bakımından zeytin çeşidi, olgunlaşma ve çeşit x olgunluk interaksyonunun istatistiki olarak %1 ve %5'te önemli olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.11. Zeytinyağı örneklerinin oleik asit değerlerine ilişkin ortalama ölçüm sonuçları

Çeşitler	Oleik Asit (%)			
	1.derim	2.derim	3.derim	Ortalama
Halhalı	72.7 ^f	73.1 ^e	72.5 ^g	72.8 ^b
Gemlik	74.5 ^c	71.8 ⁱ	69.9 ^j	72.1 ^d
Hışebi	72.1 ^h	72.2 ^h	72.4 ^g	72.2 ^c
Karamani	74.2 ^d	75.6 ^b	77.2 ^a	75.6 ^a
Ortalama	73.4 ^a	73.2 ^b	73.0 ^c	

*Aynı satırda değişik harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir.

Çeşitler açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek ve en düşük oleik asit değerleri (%) sırasıyla Karamani (75.6) ve Gemlik (72.1)'de tespit edilmiştir. Oleik asit değeri bakımından çeşitlerde farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Olgunluk dönemleri açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek oleik asit değeri %73.4 ile 1. derimde, en düşük oleik asit değerinin ise %73.0 ile 3. derimde olduğu ve linoleik asit miktarının olgunlaşma ile azaldığı saptanmıştır.

Çeşit x olgunluk interaksyonu açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek oleik asit değerinin %77.2 ile Karamani çeşidinin 3. olgunluk döneminde, en düşük oleik asit değerinin ise % 69.9 ile Gemlik çeşidinin 3. olgunluk döneminde olduğu

belirlenmiştir. Buna göre oleik asit değerinin çeşit x olgunluk interaksyonu açısından farklılıklar gösterdiği saptanmıştır.

Elde edilen bu değerler, Türk Gıda Kodeksi'nin bildirdiği sınırlar (%55-83) içerisinde bulunmuştur. Baccouri ve ark. (2007) yapmış olduğu çalışmada oleik asit değerlerini %54.8-73.9 arasında belirlemiş olup, yapılan çalışmada elde edilen değerlerle uyum içerisinde dir.

Yapılan çalışmada linoleik asit değeri bakımından zeytin çeşidi, olgunlaşma ve çeşit x olgunluk interaksyonunun istatistiki olarak %1 ve %5'te önemli olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.12. Zeytinyağı örneklerinin linoleik asit değerlerine ilişkin ortalama ölçüm sonuçları

Linoleik Asit (%)				
Çeşitler	1.derim	2.derim	3.derim	Ortalama
Halhalı	5.6 ^g	5.9 ^f	6.9 ^e	6.1 ^c
Gemlik	4.1 ^h	7.2 ^d	9.3 ^c	6.9 ^b
Haşebi	9.8 ^b	9.8 ^b	10.3 ^a	9.9 ^a
Karamani	3.7 ^j	3.7 ^j	3.8 ⁱ	3.7 ^d
Ortalama	5.8 ^c	6.7 ^b	7.6 ^a	

*Aynı satırda değişik harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir.

Çeşitler açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek ve en düşük linoleik asit değerleri (%) sırasıyla Haşebi (9.9) ve Karamani (3.7)'de tespit edilmiş ve linoleik asit değeri bakımından çeşitlerde farklılıklar olduğu saptanmıştır. Olgunluk dönemleri açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek linoleik asit değerinin %7.6 ile 3. derimde, en düşük linoleik asit değerinin ise %5.8 ile 1. derimde olduğu belirlenmiştir. Sonuçlara göre linoleik asit miktarının olgunlaşma ile arttığı saptanmıştır.

Çeşit x olgunluk interaksyonu açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek linoleik asit değerinin %10.3 ile Haşebi çeşidinin 3. olgunluk döneminde, en düşük linoleik asit değerinin ise %3.7 ile Karamani çeşidinin 1. ve 2. olgunluk döneminde olduğu belirlenmiştir. Buna göre linoleik asit değerinin çeşit x olgunluk interaksyonu açısından farklılıklar gösterdiği saptanmıştır.

Elde edilen bu değerler, Türk Gıda Kodeksi'nin bildirdiği sınırlar (%3.5-21) içerisinde bulunmuştur. Bozdoğan Konuşkan (2008) tarafından yapılan çalışmada linoleik asit değerleri 2005 ve 2006 hasat yıllarında sırasıyla %4.3-12.4 ve %4.4-17.8 arasında değişmiş olup, yapılan çalışmadaki değerlerden yüksek olduğu belirlenmiştir. Arslan ve Schreiner (2012) çalışmalarında linoleik asit değerlerini (%3.9-11.3) aralığında belirlemiş olup, bu değerler yapılan çalışma ile benzerlik göstermiştir.

Yapılan çalışmada linolenik asit bakımından zeytin çeşidi, olgunlaşma ve çeşit x olgunluk interaksiyonunun istatistiki olarak %1 ve %5'te önemli olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.13. Zeytinyağı örneklerinin linolenik asit değerlerine ilişkin ortalama ölçüm sonuçları

Çeşitler	Linolenik Asit (%)			
	1.derim	2.derim	3.derim	Ortalama
Halhalı	0.6 ^f	0.6 ^g	0.6 ^f	0.6 ^c
Gemlik	0.6 ^e	0.5 ^h	0.5 ⁱ	0.5 ^d
Hasebi	0.9 ^a	0.9 ^a	0.8 ^b	0.9 ^a
Karamani	0.6 ^e	0.8 ^c	0.7 ^d	0.7 ^b
Ortalama	0.7 ^a	0.7 ^a	0.6 ^b	

*Aynı satırda değişik harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir.

Çeşitler açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek ve en düşük linolenik asit değerleri (%) sırasıyla Hasebi (0.9) ve Gemlik (0.5)'de tespit edilmiştir. Linoleik asit değeri bakımından çeşitlerde farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Olgunluk dönemleri açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek linolenik asit değerinin %0.7 ile 1. ve 2. derimde, en düşük linolenik asit değerinin ise %0.6 ile 3. derimde olduğu belirlenmiştir. Sonuçlara göre 1. ve 2. olgunluk dönemi arasında farklılık olmadığı ve 3. olgunluk döneminin bunlardan düşük olduğu belirlenmiştir.

Çeşit x olgunluk interaksiyonu açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek linolenik asit değerinin %0.9 ile Hasebi çeşidinin 1. ve 2. olgunluk döneminde, en düşük linolenik asit değerinin ise %0.5 ile Gemlik çeşidinin 2. ve 3. olgunluk döneminde olduğu belirlenmiştir. Buna göre linolenik asit değerinin çeşit x olgunluk interaksiyonu açısından farklılıklar gösterdiği saptanmıştır.

Elde edilen bu değerler, Türk Gıda Kodeksi'nin bildirdiği sınırlar (≤ 1) içerisinde bulunmuştur. Arslan ve Schreiner (2012) çalışmalarında linolenik asit değerlerini ($0.7-1.0$) aralığında belirlemiş olup, ilgili değerlerin yapılan çalışmadan yüksek olduğu saptanmıştır.

Yapılan çalışmada araşidik asit bakımından zeytin çeşidi, olgunlaşma ve çeşit x olgunluk interaksyonunun istatistiki olarak %1 ve %5'te önemli olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.14. Zeytinyağı örneklerinin araşidik asit değerlerine ilişkin ortalama ölçüm sonuçları

Çeşitler	Araşidik Asit (%)			Ortalama
	1.derim	2.derim	3.derim	
Halhalı	0.4 ^{de}	0.4 ^{ef}	0.5 ^a	0.5 ^a
Gemlik	0.3 ⁱ	0.3 ^j	0.3 ^j	0.3 ^c
Haşebi	0.4 ^h	0.4 ^{gh}	0.5 ^{fg}	0.4 ^b
Karamani	0.4 ^{cd}	0.5 ^c	0.5 ^b	0.5 ^a
Ortalama	0.4 ^b	0.4 ^b	0.5 ^a	

*Aynı satırda değişik harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir.

Çeşitler açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek ve en düşük Araşidik asit değerleri (%) sırasıyla Halhalı ve Karamani (0.5) ve Gemlik (0.3)'de tespit edilmiştir. Linoleik asit değeri bakımından çeşitlerde farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Araşidik asit değeri bakımından Halhalı ve Karamani arasında fark olmadığı, Gemlik ve Haşebi'nin bunlardan düşük olduğu saptanmıştır. Olgunluk dönemleri açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek araşidik asit değerinin %0.5 ile 3. derimde, en düşük araşidik asit değerinin ise %0.4 ile 1. ve 2. derimde olduğu belirlenmiştir.

Çeşit x olgunluk interaksyonu açısından değerlendirme yapıldığında araşidik asit değerlerinin %0.5 ile Karamani çeşidinin 2. olgunluk döneminde ve Halhalı, Haşebi, Karamani çeşitlerinin 3. olgunluk döneminde, en düşük araşidik asit değerinin ise %0.3 ile Gemlik çeşidinde olduğu belirlenmiş ve araşidik asit değerinin çeşit x olgunluk interaksyonu açısından pek fazla farklılık göstermediği saptanmıştır.

Elde edilen bu değerler, Türk Gıda Kodeksi'nin bildirdiği sınırlar (≤ 0.6) içerisinde bulunmuştur. Bozdoğan Konuşkan (2008) tarafından yapılan çalışmada

araşidik asit değerleri 2005 ve 2006 hasat yıllarında sırasıyla %0.28-0.6 ve %0.41-0.73 arasında belirlenmiş olup, yapılan çalışma değerlerinden genel olarak yüksek olduğu saptanmıştır. Arslan ve Schreiner (2012) alışmalarında araşidik asit değerlerini %0.4-0.6 arasında belirlemiş olup, yapılan çalışma ile benzerlik göstermiştir.

4.7 Uçucu Bileşenler

Zeytinyağı rneklerinde KFME ve GK/KS yöntemleri ile belirlenen uçucu bileşenler ve % alanları izelge 4.15.'te verilmiştir.

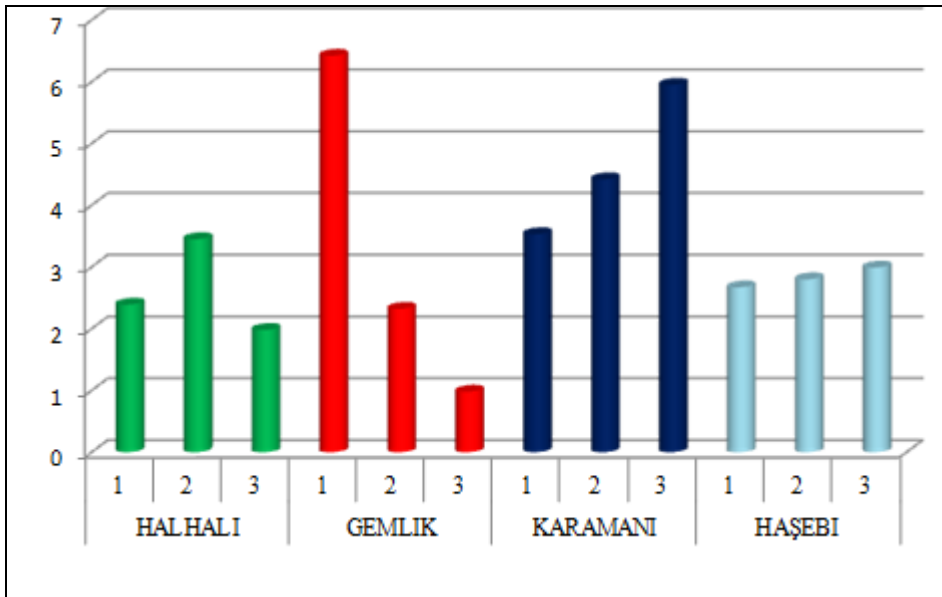
Çizelge 4.15. KFME/GK/KS analizleri sonucunda zeytinyağlarında belirlenen uçucu bileşenler ve % alanları

	Halhalı			Gemlik			Haşebi			Karamani		
	Derim			Derim			Derim			Derim		
Uçucu Bileşen	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1. hekzenal	2.39	3.45	1.98	6.42	2.32	0.98	2.67	2.8	2.99	3.53	4.42	5.95
2. Trans-2-hekzenal	1.04	1.63	3.43	2.54	0.28	0.5	0.85	0.64	0.09	0.37	0.64	2.75
3. 1-hekzanol									1.28			
4. 1-heptanal	0.26	0.16	0.24	0.79	0.24	0.12	0.12	0.23	0.38	0.42	0.33	0.25
5. oktanal	0.63	0.51	0.44	2.2	0.71	0.56	0.23	0.56	0.96	1.14	1.06	1.03
6. nonanal	1.88	1.87	1.72	4.74	1.38	1.34	1.12	1.84	2.7	1.27	1.75	2.06
7. Trans-2-undekanal	3.09	2.33	1.54	7.63	5.97	3.6	15.13	9.37	4.51	3.15	3.39	3.39

Çizelge 4.15.'te de görüldüğü gibi hekzanal tüm örneklerde tespit edilmiş en fazla (%6.42) ve en az (%0.98) sırasıyla 1. ve 3.derimlerden alınan Gemlik çeşidinde bulunmuş ve olgunlaşma ile birlikte bu miktarın azaldığı saptanmıştır. Cavalli ve ark. (2004) 9 zeytinyağı örneği üzerine yaptıkları çalışmada bu bileşiği % 1.7-7.4 arasında bulmuşlardır. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar yapılan çalışma ile benzerlik göstermektedir. Jimenez ve ark. (2004) ise yaptıkları çalışmada hekzanal bileşiğini %0.45-24.73 arasında bulmuşlardır. Kaftan (2007) çalışmasında 2005 hasat dönemine ait Ayvalık çeşidine ait farklı bölgelerden elde ettiği yağlarda bu bileşiği %1.05-15.48 oranında tespit etmiş, Memecik çeşidinde tespit edememiştir. Bu çalışmaların sonuçlarının yapılan çalışmadan yüksek olduğu belirlenmiştir.

Yapılan çalışmalarda hekzanal'ın yaprak ve çimen gibi yeşil algılara neden olduğu belirtilmektedir (Angerosa ve ark., 2004; Pouliarekou ve ark., 2011; Reboredo-Rodríguez ve ark. 2012). Bununla birlikte hekzanal'ın, farklı eşik değerlerinde farklı algılamalar gösterdiği; eşik değeri 75 µg/kg yağ olduğunda yeşil-tatlı, 80 µg/kg yağ iken yeşil elma ve çimensi, 300 µg/kg yağ olduğunda ise yeşil bir duysal algılama oluşturduğu da bildirilmektedir (Bayrak ve ark., 2010).

Zeytinyağındaki hekzanal bileşenin yüzde alanlarının olgunlaşmaya bağlı değişimi Şekil 4.1.'de verilmiştir.

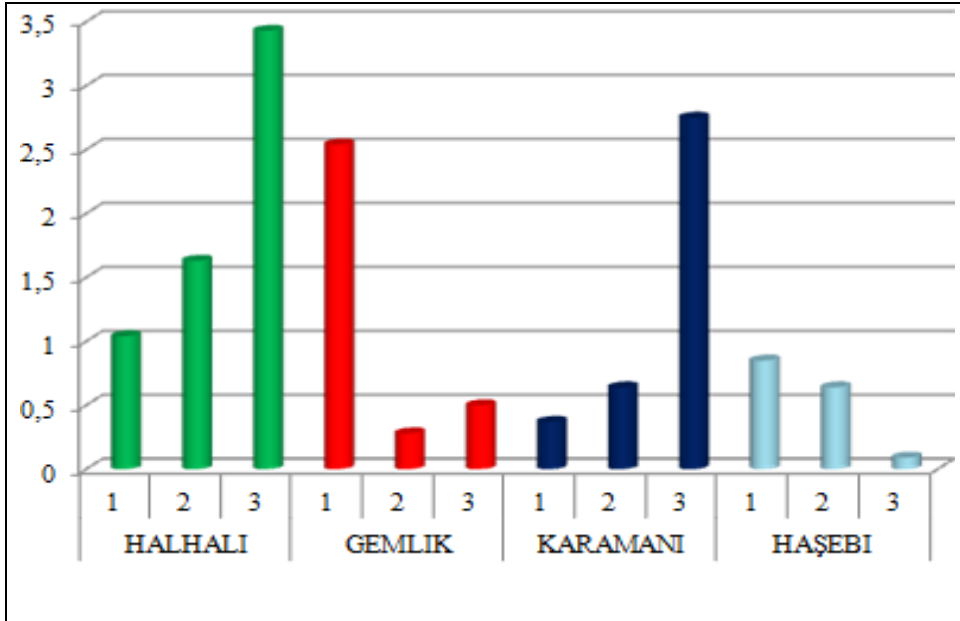


Şekil 4.1. hekzanal bileşenin olgunlaşmaya bağlı değişimi

Çizelge 4.15.'te de görüldüğü gibi trans-2-hekzenal tüm örneklerde tespit edilmiş, en fazla ve en az sırasıyla Halhalı çeşidinin 3.deriminde (%3.43), Haşebi çeşidinin 3.deriminde (%0.09) bulunmuştur. Bu bileşiğin olgunlaşma ile birlikte Haşebi'de arttığı, Halhalı'da dalgalanmalar gösterdiği saptanmıştır. Haddada ve ark. (2007)'nın Tunus ve Fransız yağlarının uçucu profilini incelediği çalışmada trans-2-hekzenal'i %0.8-78.3 arasında tespit etmişlerdir. Vichi ve ark. (2007) tarafından natürel zeytinyağında farklı ekstraksiyon tekniklerinin karşılaştırıldığı çalışmada KFME ile belirlenen trans-2-hekzenal miktarı %15.6 olarak bulunmuştur. İlyasoğlu ve Özçelik (2011) tarafından Ayvalık ve Memecik zeytinyağlarının aroma profilinin incelendiği çalışmada trans-2-hekzenal oranı Ayvalık tipi zeytinyağlarında %9.2, Memecik tipi zeytinyağlarında ise %25.8 olarak tespit edilmiştir. Bu çalışmalarda elde edilen değerler yapılan çalışmadan yüksek bulunmuştur.

Trans-2-hekzenal'in badem, elma, acı, yeşil, meyvemsi, çimen (Angerosa ve ark., 2004), yaprak, buruk, tatlı gibi algılara farklı koku eşik değerlerinde neden olabileceği yapılan çalışmalarda belirtilmektedir (Tura ve ark., 2008).

Zeytinyağındaki trans-2-hekzenal bileşeninin yüzde alanlarının olgunlaşmaya bağlı değişimi Şekil 4.2.'de verilmiştir.

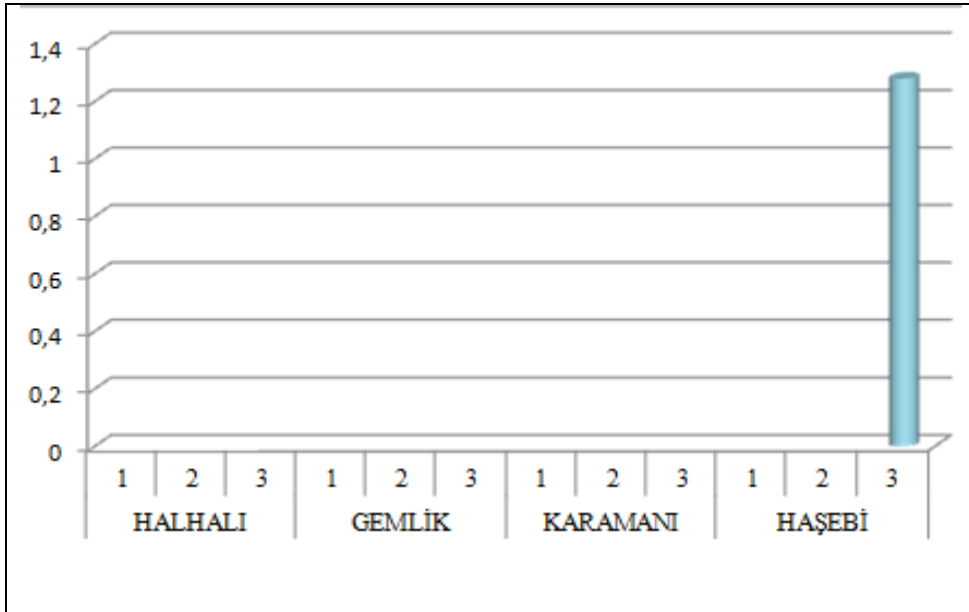


Şekil 4.2. trans-2-hekzenal bileşeninin olgunlaşmaya bağlı değişimi

Çizelge 4.15.'te de görüldüğü gibi 1-hekzanol sadece Haşebi çeşidinin 3. deriminde ve %1.28 oranında tespit edilmiştir. Vichi ve ark. (2007) çalışmalarında bu bileşiği %11.7 olarak saptamışlardır. Contini ve Esti (2006) tarafından yapılan çalışmada 1-hekzanol miktarı %4.4 olarak tespit edilmiştir. Her iki çalışmada bulunan ilgili değerlerin yapılan çalışmadan yüksek olduğu belirlenmiştir.

1-hekzanol bileşiğinin meyvemsi, yumuşak, (Reboredo-Rodríguez ve ark., 2012) aromatik kesik çimen (Angerosa ve ark., 2004; Reboredo-Rodríguez ve ark., 2012), yeşil ve domates (Koprivnjak ve ark., 2009) algılarına sebep olduğu bildirilmektedir.

Zeytinyağındaki 1-hekzanol bileşeninin yüzde alanının olgunlaşmaya bağlı değişimi Şekil 4.3.'te verilmiştir.



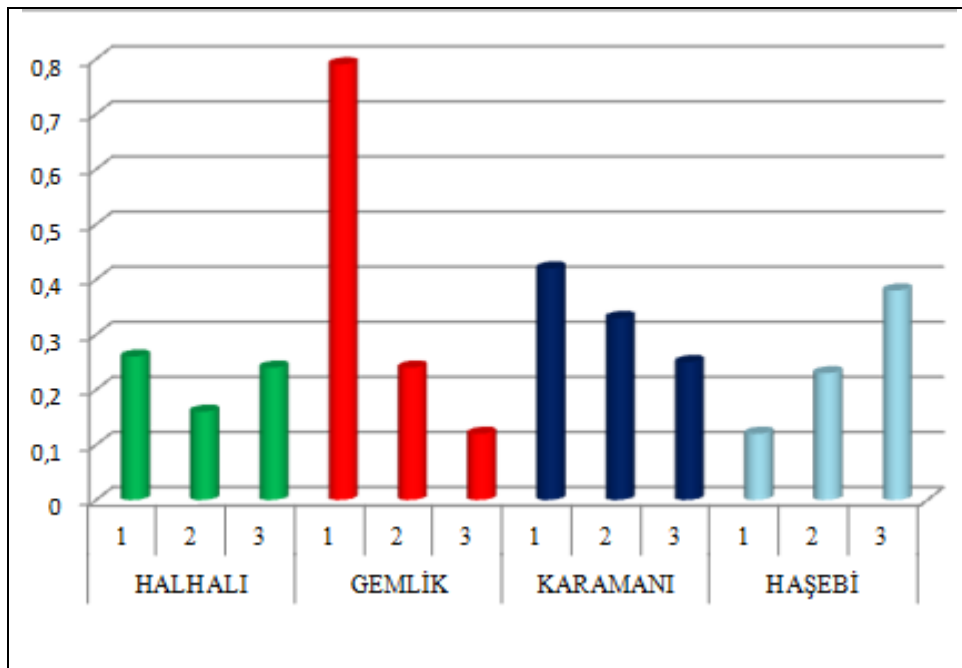
Şekil 4.3. 1-hekzanol bileşeninin olgunlaşmaya bağlı değişimi

Çizelge 4.15.'te de görüldüğü gibi 1-heptanal tüm örneklerde tespit edilmiş, en fazla Gemlik çeşidinin 1.deriminde (%0.79); en az ise Gemlik çeşidinin 3. ve Haşebi çeşidinin 1.deriminde (%0.12) bulunmuştur. Bu bileşiğin olgunlaşma ile birlikte Haşebi'de arttığı, Gemlik'te azaldığı saptanmıştır. Haddada ve ark. (2007) çalışmalarında bu bileşiği %0.1-0.2 arasında tespit etmişlerdir. Bu çalışmadaki sonuçlar

yapılan çalışmadaki değerlerden düşük bulunmuştur. Ben Temime ve ark. (2006b) tarafından farklı çevresel koşullarda yetişen aynı olgunlaşma derecelerindeki 14 adet zeytinyağının uçucu bileşenlerini incelediği çalışmada bu bileşik %0.68-12.9 arasında belirlenmiştir. Baccouri ve ark. (2007) ise bu bileşiği %2.38-4.35 arasında tespit etmişlerdir. Bu çalışmalardaki ilgili değerlerin yapılan çalışmadan yüksek olduğu belirlenmiştir.

1-heptanal bileşiğinin yağı (Angerosa ve ark., 2004; Kalua ve ark., 2007), odunsu (Kalua ve ark., 2007), domates, narenciye, ransit (Kaftan, 2007) algılarına neden olduğu bildirilmektedir.

Zeytinyağındaki 1-heptanal bileşeninin yüzde alanlarının olgunlaşmaya bağlı değişimi Şekil 4.4.'te verilmiştir.



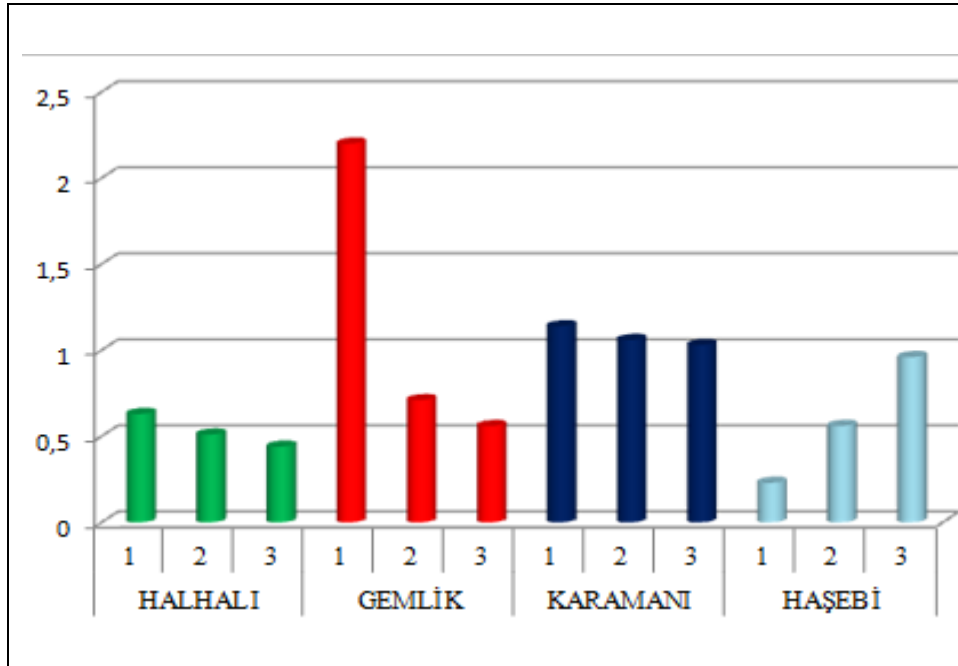
Şekil 4.4. 1-heptanal bileşeninin olgunlaşmaya bağlı değişimi

Çizelge 4.15.'te de görüldüğü gibi oktanal tüm örneklerde tespit edilmiş, en fazla ve en az (% alan) sırasıyla Gemlik çeşidinin 1.deriminde (%2.2), Haşebi çeşidinin 1.deriminde (%0.23) belirlenmiştir. Bu bileşiğin olgunlaşma ile birlikte Haşebi'de

arttığı, Gemlik'te azaldığı saptanmıştır. Cavalli ve ark. (2004) tarafından yapılan çalışmada bu bileşik %0.1-0.6 arasında belirlenmiştir. Haddada ve ark. (2007) ise oktanal %0.2-0.3 arasında saptamışlardır. Contini ve Esti (2006) ise oktanal'ı %4.23 olarak belirlemişlerdir. Bu çalışmadaki oktanal değerlerinin literatürde yer alan çalışmalardan düşük olduğu tespit edilmiştir.

Yapılan çalışmalarda oktanal'ın sabunsu, turunçgil gibi (Boskou ve ark., 2006; Angerosa ve ark., 2004) ve limon gibi (Kesen ve ark., 2013) algılara neden olduğu belirtilmektedir.

Zeytinyağındaki oktanal bileşenin yüzde alanlarının olgunlaşmaya bağlı değişimi Şekil 4.5.'te verilmiştir.



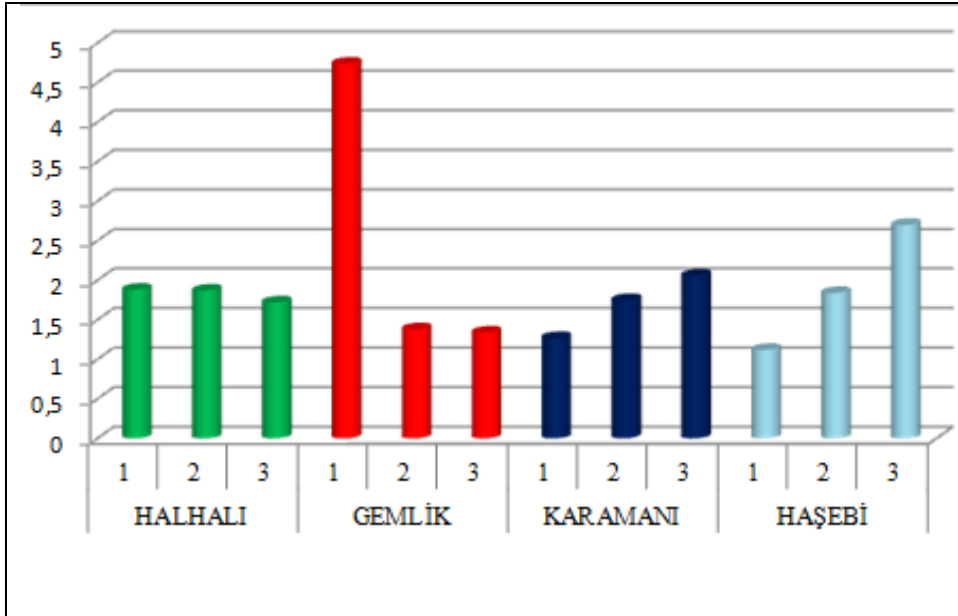
Şekil 4.5. oktanal bileşenin olgunlaşmaya bağlı değişimi

Çizelge 4.15.'te de görüldüğü gibi nonanal tüm örneklerde tespit edilmiş, en fazla ve en az (% alan) sırasıyla Gemlik çeşidinin 1.deriminde (%4.74), Haşebi çeşidinin 1.deriminde (%1.12) belirlenmiştir. Bu bileşiğin olgunlaşma ile birlikte Haşebi'de arttığı, Gemlik'te ise azaldığı saptanmıştır. Issaoui ve ark., (2010) tarafından

farklı koşullarda yetişen çeşitler üzerine yapılan çalışmada nonanal %1.5-5.4 arasında bulunmuştur. Bu çalışmadaki değerler yapılan çalışma ile benzerlik göstermektedir. Jahouach-Rabai ve ark. (2008) çalışmalarında bu bileşiği %4-15.7 arasında tespit etmişlerdir. Jiménez ve ark. (2004) tarafından yapılan çalışmada ise bu değerler %0.6-9.8 arasında tespit edilmiştir. Bu çalışmalardaki değerlerin yapılan çalışmadaki değerlerden yüksek olduğu belirlenmiştir.

Nonanal bileşiğinin çeşitli araştırmalarda sabunsu (Boskou ve ark., 2006; Angerosa ve ark., 2004), turunçgil gibi (Kesen ve ark., 2013; Jahouach-Rabai ve ark. 2008; Boskou ve ark., 2006; Angerosa ve ark., 2004), çimsi (Kesen ve ark., 2013), katı yağ, vaks (Jahouach-Rabai ve ark. 2008) algılarına sebep olduğu bildirilmektedir.

Zeytinyağındaki nonanal bileşeninin yüzde alanlarının olgunlaşmaya bağlı değişimi Şekil 4.6.'da verilmiştir.



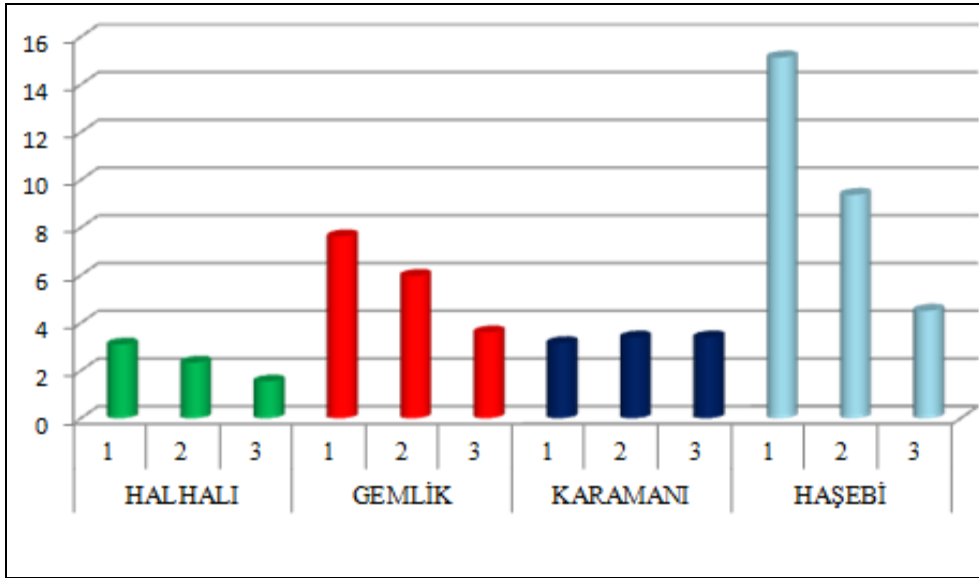
Şekil 4.6. nonanal bileşeninin olgunlaşmaya bağlı değişimi

Çizelge 4.15.'te de görüldüğü gibi trans-2-undekanal tüm örneklerde tespit edilmiş, en fazla ve en az (% alan) sırasıyla Haşebi çeşidinin 1.deriminde (%15.13), Halhalı çeşidinin 3.deriminde (%1.54) belirlenmiştir. Bu bileşiğin olgunlaşma ile

birlikte Haşebi ve Halhalı çeşitlerinde azaldığı saptanmıştır. Morales ve ark. (1998) tarafından SSE (süperkritik sıvı ekstraksiyonu) ile aroma analizlerinin yapıldığı çalışmada bu bileşik %0.07-0.12 arasında belirlenmiş olup, yapılan çalışmadaki değerlerden düşüktür.

Yapılan çalışmalarda trans-2-undekanal'ın yeşil (Morales ve ark., 1998), zeytin ve katı yağsı (Kesen ve ark., 2013) algılara neden olduğu bildirilmektedir.

Zeytinyağındaki trans-2-undekanal bileşeninin yüzde alanlarının olgunlaşmaya bağlı değişimi Şekil 4.7.'de verilmiştir.



Şekil 4.7. trans-2-undekanal bileşeninin olgunlaşmaya bağlı değişimi

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Hatay-Altınözü'nden 3 olgunluk döneminde toplanan Halhalı, Gemlik, Karamani ve Haşebi zeytin çeşitlerine ait zeytinyağı örneklerinde uçucu bileşenler ile serbest yağ asitleri, peroksit sayısı, ultraviyole ışığında özgül soğurma, toplam karotenoid, toplam klorofil ve yağ asitleri kompozisyonunun çeşit ve olgunluğa bağlı olarak değişimleri belirlenmiştir. Ayrıca sonuçların standartlara uygunluğu araştırılmış ve yayınlanmış diğer literatürle olan karşılaştırılması da yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar, aşağıda özet olarak verilmiştir.

Çalışmada zeytinyağı örneklerinden KFME/GK/KS yöntemiyle belirlenen uçucu bileşenler: hekzanal, trans-2-hekzenal, 1-hekzanol, 1-heptanal, oktanal, nonanal ve trans-2-undekanal olarak tespit edilmiştir. Hekzanal, 1-heptanal, oktanal ve nonanal bileşenleri (1.derim) en çok Gemlik çeşidinde; 1-hekzanol (3.derim) ve trans-2-undekanal (1.derim) bileşenleri en çok Haşebi çeşinde ve trans-2-hekzenal (3.derim) bileşeni ise en çok Halhalı çeşidinde bulunmuştur. Trans-2-hekzenal (3.derim), 1-heptanal, oktanal ve nonanal (1.derim) bileşenleri en az Haşebi çeşidinde; hekzanal ve 1-heptanal (3.derim) bileşenleri en az Gemlik çeşidinde ve trans-2-undekanal (3.derim) bileşeni ise en az Halhalı çeşidinde belirlenmiştir. Olgunlaşma ile birlikte Karamani çeşidinde artış gösteren bileşenler hekzanal, trans-2-hekzenal, nonanal; Haşebi çeşidinde artış gösteren bileşenler ise 1-heptanal, oktanal ve nonanal'dır. Olgunlaşma ile birlikte Gemlik çeşidinde azalma gösteren bileşenler hekzanal, trans-2-undekanal, 1-heptanal, oktanal, nonanal; Halhalı çeşidinde azalma gösteren bileşenler ise trans-2-undekanal, oktanal ve nonanal'dır. 1-hekzanol bileşeni sadece Haşebi çeşidinde (3.derim) tespit edilmiştir. Olgunlaşma ile dalgalanma gösteren bileşenler ise hekzanal (Halhalı), trans-2-hekzenal (Gemlik) ve 1-heptanal (Halhalı)'dır.

Araştırmada zeytinyağı örneklerinin serbest yağ asitleri ve peroksit sayısı değerlerinin olgunlaşma ile arttığı ve çeşitlere göre de farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir. Ultraviyole ışığında özgül soğurma değerlerinden K_{270} , K_{232} ve Delta E değerleri en düşük sırası ile Karamani-1.derim (0.07), Karamani-3.derim (1.36) ve Karamani-1.derim (0.002)'de bulunmuştur. Olgunlaşma ile birlikte K_{270} değerinin arttığı, K_{232} değerinin dalgalanma gösterdiği ve Delta E değerinin ise farklılık göstermediği tespit edilmiştir.

En yüksek karotenoid ve klorofil içeriğine sahip çeşidin Haşebi (1.derim) olduğu tespit edilmiş, sırasıyla 6.78 mg/kg lutein-14.90 mg/kg feofitin olarak bulunmuş ve bu değerlerin olgunlaşmaya bağlı olarak azaldığı belirlenmiştir.

Zeytinyağı örneklerinde en yüksek (%77.2) ve en düşük (%69.9) oleik asit içeriklerinin sırasıyla Karamani ve Gemlik çeşidinde (3.derim) olduğu belirlenmiştir. Olgunlukla birlikte oleik asit içeriğinin Karamani’de arttığı Gemlik’te azaldığı saptanmıştır. En yüksek (%16.1) ve en düşük (%12.1) palmitik asit içeriklerinin ise sırasıyla Halhalı (1.derim) ve Haşebi (3.derim) çeşitlerinde olduğu tespit edilmiştir. Olgunlaşmayla birlikte palmitik asit içeriğinin Halhalı’da azaldığı, Haşebi’de ise dalgalanma gösterdiği saptanmıştır.

Araştırmadan elde edilen bulgular ışığında uygulamaya yönelik olarak aşağıdaki önerileri yapmak mümkündür:

-Natürel zeytinyağlarının uçucu bileşenleri, yağın kalitesinin tanımlanması ve duyuşal özellikleri üzerinde etkili olmasının yanı sıra tüketici beğenisinin belirlenmesinde de önemli bir kalite kriteridir. Zeytinin çeşidi ve olgunlaşmaya bağlı olarak yağın uçucu bileşenleri ve kalite özellikleri değişmektedir. Özellikle erken olgunlukta toplanan zeytinlerden elde edilen yağların daha yüksek aroma özelliğine sahip olabileceği düşünülmektedir. Zeytinyağlarının lezzet özelliklerinin belirlenmesi çalışmaları ulusal ve uluslararası pazarda yağların tanınmasında ve ticaretinde yararlı olabilecektir.

-Hatay ilindeki zeytinyağlarının uçucu bileşenlerinin ve kalitesinin belirlendiği çalışmaların artırılması yöreye özgü çeşitlerin coğrafi işaret almasında da önemli rol oynayacaktır. Yapılan bu çalışma, tek yıllık bir süreyi kapsadığından elde edilen bulgular buna göre değerlendirilmeli ve daha sağlıklı sonuçlar elde edebilmek amacıyla, en az iki yıllık ve farklı lokasyondaki diğer çeşitleri de kapsayacak daha kapsamlı araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

KAYNAKLAR

- Angerosa, F., Servili, M., Selvaggini, R., Taticchi, A., Esposto, S. and Montedoro, G., 2004. Volatile compounds in virgin olive oil: occurrence and their relationship with the quality. **Journal of Chromatography A**, 1054, p.17–31.
- Anonim, 2003. TS 342, Yemeklik zeytinyağı-muayene ve deney yöntemleri. Türk Standartları Enstitüsü, Nisan 2003, ICS 67.200.10. Erişim tarihi: 22.07.2014
- Anonim, 2010a. Zeytin ağacı. <http://uzzk.org/ZeytinAgaci.asp>. Erişim tarihi: 10.09.2014
- Anonim, 2010b. Gıda teknolojisi sofralık zeytin ve zeytinyağı analizleri. T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, 45s, Ankara. Erişim tarihi: 12.02.2014
- Anonim, 2010c. Anonim, 2010. Türk Gıda Kodeksi, Zeytinyağı ve Pirina Yağı Tebliği (Tebliğ No: 2010/35). <http://www.tarim.gov.tr/Sayfalar/Mevzuat.aspx?rid=5>. Erişim tarihi: 26.08.2014
- Anonim, 2013a. Aydın 2013-2014 rekoltesi basın bildirisi. http://uzzk.org/Belgeler/2013_2014_Rekoltesi_Basin_Bildirisi.pdf. Erişim tarihi: 17.05.2014
- Anonim, 2013b. 2013-2014 Sezonu Ege–Marmara Bölgesi Zeytin ve Zeytinyağı Rekoltesi Tahmin Heyeti Raporu. <http://aydinticaretborsasi.org.tr/pdf/2013-14%20Zeytin-Zeytinyagi-Rekoltesi.pdf>. Erişim tarihi: 25.05.2014
- Anonim, 2014a. Zeytinyetiştiriciliği. <http://www.zae.gov.tr/index.php/bolumler/yetistirme-teknigi/zeytin-yetistirciligi#iklim>. Erişim tarihi: 10.04.2014
- Anonim, 2014b. Zeytinyağı kalite kontrol kriterleri. http://w3.balikesir.edu.tr/~mucahitkivrak/index_dosyalar/kalite%20kontrol%20kriterleri.pdf. Erişim tarihi: 15.10.2014
- Anwar, P., Bendini, A., Gulfraz, M., Qureshi R., Valli, E., Di Lecce, G., Naqvi, S.M.S. and Toschi, T.G., 2013. Characterization of olive oils obtained from wild olive trees (*Olea ferruginea* Royle) in Pakistan. **Food Research International**, 54, p.1965–1971.
- Aparicio, R. and Morales, M.T., 1998. Characterization of Olive Ripeness by Green Aroma Compounds of Virgin Olive Oil. **J. Agric. Food Chemistry**, 46, p.1116–1122.
- Arslan, D. and Schreiner, M., 2012. Chemical characteristics and antioxidant activity of olive oils from Turkish varieties grown in Hatay province. **Scientia Horticulturae**, 144, p.141–152.
- Arslan, D., Karabekir, Y. and Schreiner, M., 2013. Variations of phenolic compounds, fatty acids and some qualitative characteristics of Sarıulak olive oil as induced by growing area. **Food Research International**, 54, p.1897–1906.
- Baccouri, B., Ben Temime, S., Campeol, E., Cioni, P. L., Daoud, D. and Zarrouk, M., 2007. Application of solid-phase microextraction to the analysis of volatile compounds in virgin olive oils from five new cultivars. **Food Chemistry**, 102, p.850-856.
- Baccouri, O., Guerfel, M., Baccouri, B., Cerretani, L., Bendini, A., Lercker, G., Zarrouk, M. and Miled, D.D.B., 2008a. Chemical composition and oxidative stability of Tunisian monovarietal virgin olive oils with regard to fruit ripening. **Food Chemistry**, 109, p.743–754.
- Baccouri, O., Bendini, A., Cerretani, L., Guerfel, M., Baccouri, B., Lercker, G., Zarrouk, M. and Ben Miled, D.D., 2008b. Comparative study on volatile compounds from

- Tunisian and Sicilian monovarietal virgin olive oils. **Food Chemistry**, 111, p.322–328.
- Bayrak, A., Kıralan, M., Çalıkoğlu, E. ve Kara, H.H., 2010. **Ege bölgesi zeytinyağlarının aroma profilleri ve bazı kalite özelliklerinin araştırılması**. Ankara Üniversitesi bilimsel araştırma projesi kesin raporu, 94s.
- Beltran, G., Aguilera, M.P., Del Rio, C., Sanchez, S. and Martinez, L., 2005. Influence of fruit ripening process on the natural antioxidant content of Hojiblanca virgin olive oils. **Food Chemistry**, 89, p.207–215.
- Beltran, G., Jimenez, A., del Rio, C., Sanchez, S., Martinez, L., Uceda, M. and Aguilera, M.P., 2010. Variability of vitamin E in virgin olive oil by agronomical and genetic factors. **Journal of Food Composition and Analysis**, 23, p.633–639.
- Ben-Hassine, K., Taamalli, A., Ferchichi, S., Mlaouah, A., Benincasa, C., Romano, E., Flamini, G., Lazzez, A., Grati-kamoun, N., Perri, E., Malouche, D. and Hammami, M., 2013. Physicochemical and sensory characteristics of virgin olive oils in relation to cultivar, extraction system and storage conditions. **Food Research International**, 54, p.1915–1925.
- Bengana, M., Bakhouch, A., Lozano-Sánchez, J., Amir, Y., Youyou, A., Segura-Carretero, A. and Fernández-Gutiérrez, A., 2013. Influence of olive ripeness on chemical properties and phenolic composition of Chemlal extra-virgin olive oil. **Food Research International**, 54, p.1868–1875.
- Ben Temime, S., Wael, T., Baccouri, B., Leila, A., Douja, D. and Mokhtar, Z., 2006a. Changes in olive oil quality of Chétoui variety according to origin of plantation. **Journal of Food Lipids**, 13, p.88–99.
- Ben Temime, S., Campeol, E., Cioni, P.L., Daoud, D. and Zarrouk, M., 2006b. Volatile compounds from Chétoui olive oil and variations induced by growing area. **Food Chemistry**, 99, p.315–325.
- Ben Temime, S., Manai, H., Methenni, K., Baccouri, B., Abaza, L., Daoud, D., Casas, J.S., Bueno, E.O. and Zarrouk, M. 2008. Sterolic composition of Che'toui virgin olive oil: Influence of geographical origin. **Food Chemistry**, 110, p.368–374.
- Boskou, D., Blekas, G. and Tsimidou, M., 2006. **Olive Oil Composition**. Chemistry, Properties, Health Effects, p.41-72, Greece.
- Bozdoğan Konuşkan, D., 2008. Hatay'da yetiştirilen halhalı, sarı haşebi ve gemlik zeytin çeşitlerinden çözücü ekstraksiyonuyla elde edilen yağların bazı niteliklerinin belirlenmesi ve mekanik yöntemle elde edilen zeytinyağları ile karşılaştırılması. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi.
- Cajka, T., Riddellova, K., Klimankova, E., Cerna, M., Pudil, F. and Hajslova, J., 2010. Traceability of olive oil based on volatiles pattern and multivariate analysis. **Food Chemistry**, 121, p.282–289.
- Casale, M., Oliveri, P., Casolino, C., Sinelli, N., Zunin, P., Armanino, C., Forina, M. and Lanteri, S., 2012. Characterisation of PDO olive oil Chianti Classico by non-selective (UV–visible, NIR and MIR spectroscopy) and selective (fatty acid composition) analytical techniques. **Analytica Chimica Acta**, 712, p.56– 63.
- Cavalli, J-F., Fernandez, X., Lizzani-Cuvelier, L. and Loiseau, A-M., 2004. Characterization of volatile compounds of French and Spanish virgin olive oils by HS-SPME: Identification of quality-freshness markers. **Food Chemistry**, 88, p.151–157.

- Cecchi, L., Migliorini, M., Cherubini, C., Giusti, M., Zanoni, B., Innocenti, M. and Mulinacci, N., 2013a. Phenolic profiles, oil amount and sugar content during olive ripening of three typical Tuscan cultivars to detect the best harvesting time for oil production. **Food Research International**, 54, p.1876–1884.
- Cecchi, T. and Alfei, B., 2013b. Volatile profiles of Italian monovarietal extra virgin olive oils via HS-SPME–GC–MS: Newly identified compounds, flavors molecular markers, and terpenic profile. **Food Chemistry**, 141, p.2025–2035.
- Cichelli, A. and Pertesana, G. P., 2004. High-performance liquid chromatographic analysis of chlorophylls, pheophytins and carotenoids in virgin olive oils: chemometric approach to variety classification. **Journal of Chromatography A**, 1046, p.141–146.
- Cimato, A., Monaco, D.D., Distanto, C., Epifani, M., Siciliano, P., Taurino, A.M., Zuppa, M. and Sani, G., 2006. Analysis of single-cultivar extra virgin olive oils by means of Electronic Nose and HS-SPME/GC/MS methods. **Sensors and Actuators B**, 114, p.674–680.
- Contini, M. and Esti, M., 2006. Effect of the matrix volatile composition in the headspace solid-phase microextraction analysis of extra virgin olive oil. **Food Chemistry**, 94, p.143–150.
- Criado, M.N., Motilva, M.J., Goni, M. and Romero, M.P., 2007. Comparative study of the effect of the maturation process of the olive fruit on the chlorophyll and carotenoid fractions of drupes and virgin oils from Arbequina and Farga cultivars. **Food Chemistry**, 100, p.748–755.
- Criado, M.N., Romero, M.P., Casanovas, M. and Motilva, M.J., 2008. Pigment profile and colour of monovarietal virgin olive oils from Arbequina cultivar obtained during two consecutive crop seasons. **Food Chemistry**, 110, p.873–880.
- Dağ, A., Kerem, Z., Yögev, N., Ziori, I., Lavee, S. and Ben-David, E., 2011. Influence of time of harvest and maturity index on olive oil yield and quality. **Scientia Horticulturae**, 127, p.358–366.
- Dhifi, W., Angerosa, F., Serraiocco, A., Oumar, I., Hamrouni, I. and Marzouk, B., 2005. Virgin olive oil aroma: characterization of some Tunisian cultivars. **Food Chemistry**, 93, p.697–701.
- FAO, 2012. <http://faostat.fao.org>. Erişim tarihi: 10.01.2014
- FAO, 2013. <http://faostat.fao.org>. Erişim tarihi: 10.01.2014
- Favati, F., Condelli, N., Galgano, F. and Caruso, M.C., 2013. Extra virgin olive oil bitterness evaluation by sensory and chemical analyses. **Food Chemistry**, 139, p.949–954.
- Fuentes de Mendoza, M., Gordillo, C. D.M., Expósito, J.M., Casas, J.S., Cano, M.M., Vertedor, D.M. and Baltasar, M.N.F., 2013. Chemical composition of virgin olive oils according to the ripening in olives. **Food Chemistry**, 141, p.2575–2581.
- Galeano, D., Meras, I.D., Casas, J.S. and Franco, M.F.A., 2005. Characterization of virgin olive oils according to its triglycerides and sterols composition by chemometric methods. **Food Control**, 16, p.339–347.
- García-Inza, G.P., Castro, D.N., Hall, A.J. and Rousseaux, M.C., 2014. Responses to temperature of fruit dry weight, oil concentration, and oil fatty acid composition in olive (*Olea europaea* L. var. ‘Arauco’). **Europ. J. Agronomy**, 54, p.107–115.

- Garcia-Mesa, J.A., Pereira_caro, G., Fernandez-Hernandez, A., Garcia-Ortiz Civantos, C. and Mateos, R., 2008. Influence of lipid matrix in the bitterness perception of virgin olive oil. **Food Quality and Preference**, 19, p.421–430.
- Gimeno, E., Calero, E., Castellote, A.I., Lamuela-Raventos, R.M., De La Torre, M.C. and Lopez-Sabater, M.C., 2000. Simultaneous determination of a-tocopherol and b-carotene in olive oil by reversed-phase high-performance liquid chromatography. **Journal of Chromatography A**, 881, p.255–259.
- Giuffrida, D., Salvo, F., Salvo, A., La Pera, L. and Dugo, G., 2007. Pigments composition in monovarietal virgin olive oils from various sicilian olive varieties. **Food Chemistry**, 101, p.833–837.
- Giuffrida, D., Salvo, F., Salvo, A., Cossignani, L. and Dugo, G., 2011. Pigments profile in monovarietal virgin olive oils from various Italian olive varieties. **Food Chemistry**, 124, p.1119–1123.
- Gómez-Rico, A., Fregapane, G. and Salvador, M.D., 2008. Effect of cultivar and ripening on minor components in Spanish olive fruits and their corresponding virgin olive oils. **Food Research International**, 41, p.433–440.
- Gomes da Silva, M.D.R., Fretias, A.M.C., Cabrita, M.J.B. and Garcia, R., 2008. **Olive Oil Composition: Volatile Compounds**. p.17-46.
- Gökçe, H., 1991. T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı. (M.H. Gökçe, Editör). Standart zeytin çeşitleri kataloğu. Yayın Dairesi Başkanlığı, 334-16, 107, Ankara.
- Grigoriadou, D., Androulaki, A., Psomiadou, E. and Tsimidou, M.Z., 2007. Solid phase extraction in the analysis of squalene and tocopherols in olive oil. **Food Chemistry**, 105, p.75–680.
- Guadarrama, A., Rodriguez-Méndez, M.L., Sanz, C., Rios, J.L. and de Saja, J.A., 2001. Electronic nose based on conducting polymers for the quality control of the olive oil aroma. Discrimination of quality, variety of olive and geographic origin. **Analytica Chimica Acta**, 432, p.283–292.
- Haddada, F.M., Manai, H., Daoud, D., Fernandez, X., Lizzani-Cuvelier, L. and Zarrouk, M., 2007. Profiles of volatile compounds from some monovarietal Tunisian virgin olive oils. Comparison with French PDO. **Food Chemistry**, 103, p.467–476.
- IOOC, 2001. INTERNATIONAL OLIVE OIL COUNCIL, Method of Analysis, Preparation of the Fatty Acid Methyl Esters From Olive Oil and Olive Pomace Oil, COI/T.20/Doc.no.24.
- Issaoui, M., Flamini, G., Brahmi, F., Dabbou, S., Hassine, K.B., Taamali, A., Chehab, H., Ellouz, M., Zarrouk, M. and Hammami, M., 2010. Effect of the growing area conditions on differentiation between Chemlali and Chétoui olive oils. **Food Chemistry**, 119, p.220-225.
- İlyasoğlu, H. ve Özçelik, B., 2011. Memecik zeytinyağlarının biyokimyasal karakterizasyonu. **Gıda** 36(1): 33-41.
- Jahouach-Rabai, W., Trabelsi, M., Van Hoed, V., Adams, A., Verhe, R., De Kimpe N. and Frikha, M.H., 2008. Influence of bleaching by ultrasound on fatty acids and minor compounds of olive oil. Qualitative and quantitative analysis of volatile compounds (by SPME coupled to GC/MS). **Ultrasonics Sonochemistry**, 15, p.590–597.
- Jiménez, A., Beltrán, G. and Aguilera, M.P., 2004. Application of solid-phase microextraction to the analysis of volatile compounds in virgin olive oils. **Journal of Chromatography A**, 1028, p.321–324.

- Jiménez, B., Sánchez-Ortiz, A., Lorenzo, M., L. and Rivas, A., 2013. Influence of fruit ripening on agronomic parameters, quality indices, sensory attributes and phenolic compounds of Picudo olive oils. **Food Research International**, 54, p.1860–1867.
- Kaftan, A., 2007. Farklı yöre zeytinlerden elde edilen naturel zeytinyağlarının kalitesini oluşturan lezzet maddelerinin SPME/GC/MS ve lezzet profili analizi tekniği kullanılarak belirlenmesi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi.
- Kalua, C. M., Allen, M.S., Bedgood, Jr.D.R, Bishop, A.G., Prenzler, P.D. and Robards, K., 2007. Olive oil volatile compounds, flavour development and quality: A critical review. **Food Chemistry**, 100, p.273-286.
- Kalua, C., Prenzler, P., Ryan, D. and Robards, K., 2010. Volatile compounds in Australian olive oils: How different are they from other oils. **Olives and Olive Oil in Health and Disease Prevention**, p.201-209, Australia.
- Kanavouras, A., Kiritsakis, A. and Hernandez, R.J., 2005. Comparative study on volatile analysis of extra virgin olive oil by dynamic headspace and solid phase micro-extraction. **Food Chemistry**, 90, p.69–79.
- Kandylis, P., Vekiari, A.S., Kanellaki, M., Kamoun, N.G., Msallem, M. and Kourkoutas, Y., 2011. Comparative study of extra virgin olive oil flavor profile of Koroneiki variety (*Olea europaea* var. *Microcarpa alba*) cultivated in Greece and Tunisia during one period of harvesting. **Food Science and Technology**, 44, p.1333-1341.
- Kara, H.H, 2011. Farklı Hasat Dönemlerinde ve Günün Belli Saatlerinde Toplanan Zeytin Çeşitlerinden Elde Edilen Yağların Uçucu Aroma Bileşenleri Değişiminin Araştırılması. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi.
- Karaiyen, A., 2011. Hatay İlinde Üretilen Natürel Zeytinyağlarının Bazı Kalite Özelliklerinin Ve Katı Faz Mikro Ekstraksiyon Tekniği Kullanılarak Uçucu Bileşenlerinin Belirlenmesi. Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- Kesen, S., Kelebek, H., Sen, K., Ulas, M. and Selli, S., 2013. GC–MS–olfactometric characterization of the key aroma compounds in Turkish olive oils by application of the aroma extract dilution analysis. **Food Research International**, 54, p.1987–1994.
- Kıralan, M., Bayrak, A. and Özkaya, M.T., 2009. Oxidation Stability of Virgin Olive Oils from Some Important Cultivars in East Mediterranean Area in Turkey. **J Am Oil Chem Soc.**, 86, p.247–252.
- Kiritsakis, A.K. 1998. Flavour components of olive oil-A review. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, 75(6):673-681.
- Koprivnjak, O., Skevin, D., Petricevic, S., Bubola, K.B. and Mokrovac, Z., 2009. Bitterness, odor properties and volatile compounds of virgin olive oil with phospholipids addition. **Food Science and Technology**, 42, p.50–55.
- Lozano, V.A., de la Pena, A.M., Duran-Meras, I., Mansilla, A. E. and Escandar, G.M., 2013. Four-way multivariate calibration using ultra-fast high-performance liquid chromatography with fluorescence excitation–emission detection. Application to the direct analysis of chlorophylls a and b and pheophytins a and b in olive oils. **Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems**, 125, p.121–131.

- Luna, G., Morales, M.T. and Aparicio, R., 2006. Characterisation of 39 varietal virgin olive oils by their volatile compositions. **Food Chemistry**, 98, p.243–252.
- Maggio, R.M., Kaufman, T.S., Del Carlo, M., Cerretani, L., Bendini, A., Cichelli, A. and Compagnone, D., 2009. Monitoring of fatty acid composition in virgin olive oil by Fourier transformed infrared spectroscopy coupled with partial least squares. **Food Chemistry**, 114, p.1549–1554.
- Manai, H., Mahjoub-Haddada, F., Oueslati, I., Daoud D. and Zarrouk, M., 2008. Characterization of monovarietal virgin olive oils from six crossing varieties. **Scientia Horticulturae**, 115, p.252–260.
- Manai-Djebali, H., Krichene, D., Ouni, Y., Gallardo, L., Sanchez, J., Osorio, E., Daoud, D., Guido, F. and Zarrouk, M., 2012. Chemical profiles of five minor olive oil varieties grown in central Tunisia. **Journal of Food Composition and Analysis**, 27, p.109–119.
- Migliorini, M., Cherubini, C., Mugelli, M., Gianni, G., Trapani, S. and Zanoni, B., 2011. Relationship between the oil and sugar content in olive oil fruits from Moraiolo and Leccino cultivars during ripening. **Scientia Horticulturae**, 129, p.919–921.
- Morales, M.T., Berry, A.J., McIntyre, P.S. and Aparicio, R., 1998. Tentative analysis of virgin olive oil aroma by supercritical fluid extraction–high-resolution gas chromatography–mass spectrometry. **Journal of Chromatography A**, 819, p.267–275.
- Morello, J.R., Motilva, M.J., Tovar, M.J. and Romero, M.P., 2004. Changes in commercial virgin olive oil (cv Arbequina) during storage, with special emphasis on the phenolic fraction. **Food Chemistry**, 85, p.357–364.
- Özkaya, M.T., Tunalioglu, R., Eken, Ş., Ulaş, M., Tan, M., Danacı, A., İnan, N. ve Tibet, Ü., 2010. Türkiye Zeytinciliğinin Sorunları ve Çözüm Önerileri. **Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi**, 26s, Ankara.
- Peres, F., Jeleń, H.H., Majcher, M.M., Arraias, M., Martins, L.L. and Ferreira-Dias, S., 2013. Characterization of aroma compounds in Portuguese extra virgin olive oils from Galega Vulgar and Cobrançosa cultivars using GC–O and GC × GC–ToFMS. **Food Research International**, 54, p.1979–1986.
- Pouliarekou, E., Badeka, A., Tasioula-Margari, M., Kontakos S., Longobardi and F., Kontominas, M.G., 2011. Characterization and classification of Western Greek olive oils according to cultivar and geographical origin based on volatile compounds. **Journal of Chromatography A**, 1218, p.7534–7542.
- Reboredo-Rodríguez, P., González-Barreiro, C., Cancho-Grande, B. and Simal-Gándara, J., 2012. Dynamic headspace/GC-MS to control the aroma fingerprint of extra-virgin olive oil from the same and different olive varieties. **Food Control**, 25, p.684–695.
- Reboredo-Rodríguez, P., González-Barreiro, C., Cancho-Grande, B. and Simal-Gándara, J., 2013. Aroma biogenesis and distribution between olive pulps and seeds with identification of aroma trends among cultivars. **Food Chemistry**, 141, p.637–643.
- Reineccius G., 2006. Methods of Aroma Isolation. (G. Reineccius, Editör). Flavor Chemistry and Technology. CRC Press, 3: 41-53, USA.
- Ribeiro, L.H., Freitas, A.M.C. and Gomes da Silva, M.D.R., 2008. The use of headspace solid phase microextraction for the characterization of volatile compounds in olive oil matrices. **Talanta**, 77, p.110–117.

- Runcio, A., Sorgona, L., Mincione, A., Santacaterina, S. and Poiana, M., 2009. Volatile compounds of virgin olive oil obtained from Italian cultivars grown in Calabria. Effect of processing methods, cultivar, stone removal, and antracnose attack. **Food Chemistry**, 106, p.735–740.
- Sabatini, N., 2010. A Comparison of the volatile compounds, in spanish-style, greek-style and castelvetrano-style green olives of the nocellara del belice cultivar: alcohols, aldehydes, ketones, esters and acids. **Olives and olive oil in health and disease prevention**, p.219-231, Italy.
- Sakouhi, F., Harrabi, S., Absalon, C., Sbei, K., Boukhchina, S. and Kallel, H., 2008. a-Tocopherol and fatty acids contents of some Tunisian table olives (*Olea europea* L.): Changes in their composition during ripening and processing. **Food Chemistry**, 108, p.833–839.
- Salvador, M.D., Aranda, F. and Fregapane, G., 2001. Influence of fruit ripening on ‘Cornicabra’ virgin olive oil quality A study of four successive crop seasons. **Food Chemistry**, 73, p.45-53.
- Sánchez-Ortiz, A., Pérez, A.G. and Sanz, C., 2013. Synthesis of aroma compounds of virgin olive oil: Significance of the cleavage of polyunsaturated fatty acid hydroperoxides during the oil extraction process. **Food Research International**, 54, p.1972–1978.
- Servili, M., Selvaggini, R., Taticchi, A., Esposto, S. and Montedoro, G.F., 2003. Volatile compounds and phenolic composition of virgin olive oil: Optimization of temperature and time of exposure of olive pastes to air contact during the mechanical extraction process. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, 51(27): 7980-7988.
- Sevim, D., Köseoğlu, O. and Öztürk Güngör, F., 2013. Effect of Different Growing Area on Triacylglycerol Composition of cv. Gemlik Olive Oil in Turkey. **U. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi**, 27, (1): 49-54.
- Toplu, C., 2000. Hatay ili değişik üretim merkezlerindeki zeytinliklerin verimlilik durumları, fenolojik, morfolojik ve pomolojik özellikleri ile beslenme durumları üzerindeki araştırmalar. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi.
- Tura, D., Prenzler, P.D., Bedgood, Jr. D.R., Antolovich, M. and Robards, K., 2004. Varietal and processing effects on the volatile profile of Australian olive oils. **Food Chemistry**, 84, p.341–349.
- Tura, D., Gigliotti, C., Pedo, S., Failla, O., Bassi, D. and Serraiocco, A., 2007. Influence of cultivar and site of cultivation on levels of lipophilic and hydrophilic antioxidants in virgin olive oils (*Olea Europea* L.) and correlations with oxidative stability. **Scientia Horticulturae**, 112, p.108–119.
- Tura, D., Failla, O., Bassi, D., Pedo, S. and Serraiocco, A., 2008. Cultivar influence on virgin olive (*Olea europea* L.) oil flavor based on aromatic compounds and sensorial profile. **Scientia Horticulturae**, 118, p.139–148.
- Vichi, S., Guadayol, J.M., Caixach, J., Lopez-Tamames, E. and Buxaderas, S., 2006. Monoterpene and sesquiterpene hydrocarbons of virgin olive oil by headspace solid-phase microextraction coupled to gas chromatography/mass spectrometry. **Journal of Chromatography A**, 1125, p.117–123.
- Vichi, S., Guadayol, J.M., Caixach, J., Lopez-Tamames, E. and Buxaderas, S., 2007. Comparative study of different extraction techniques for the analysis of virgin olive oil aroma. **Food Chemistry**, 105, p.1171–1178.

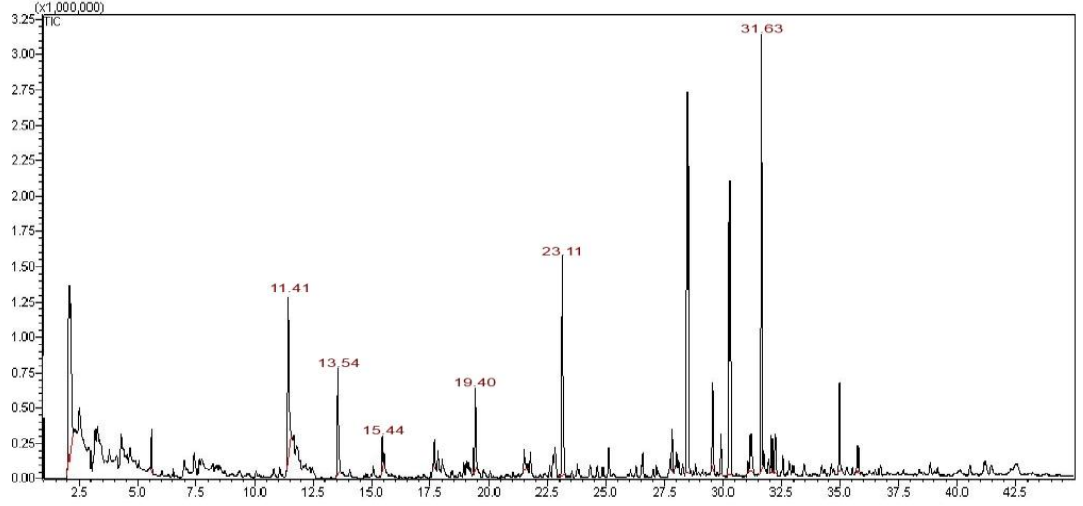
- Vichi, S., 2010. Extraction techniques for the analysis of virgin olive oil aroma. **Olives and olive oil in health and disease prevention**, p.615-623, Spain.
- Vichi, S., Cortés-Francisco, N., Romero, A. and Caixach, J., 2014. Determination of volatile thiols in virgin olive oil by derivatisation and LC–HRMS, and relation with sensory attributes. **Food Chemistry**, 149, p.313–318.
- Youssef, O., Guido, F., Manel, I., Ben Youssef, N., Luigi, C.P., Mohamed, H., Daoud, D. and Mokhtar, Z., 2011. Volatile compounds and compositional quality of virgin olive oil from Oueslati variety: Influence of geographical origin. **Food Chemistry**, 124, p.1770–1776.

ÖZGEÇMİŞ

1987 yılında Antakya’da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Diyarbakır’da tamamladı. 2005 yılında girdiği Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği bölümünden 2010 yılında mezun oldu. Aynı yıl Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilimdalı’nda yüksek lisans eğitimine başladı.

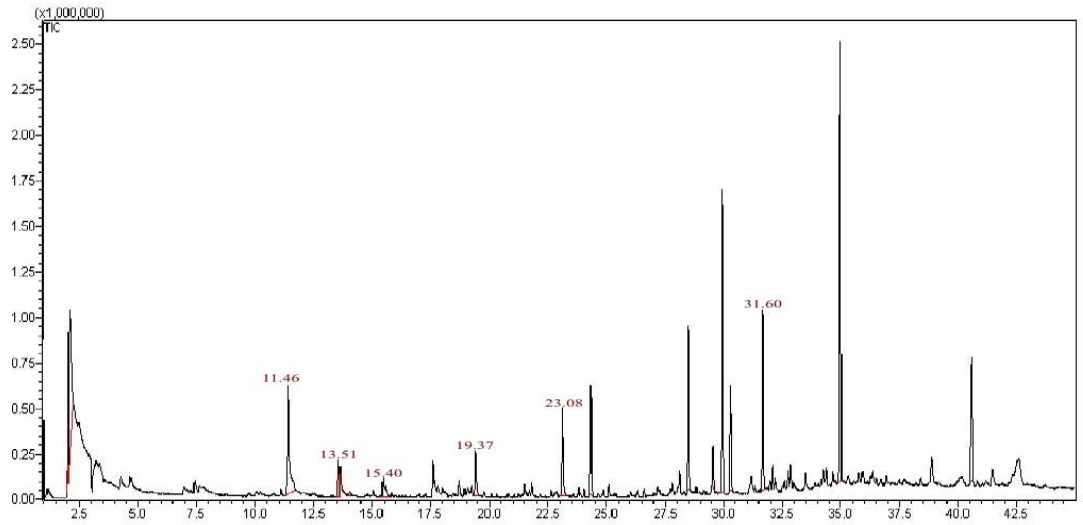
EKLER

EK 1.



Ek 1. Gemlik çeşidinde (1. derim) belirlenen uçucu bileşenlerin kromatografı

EK 2.



Ek 2. Karamani çeşidinde (2. derim) belirlenen uçucu bileşenlerin kromatografı