ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

Songül KESEN

NİZİP YAĞLIK VE KİLİS YAĞLIK ÇEŞİTLERİNDEN ELDE EDİLEN ZEYTİNYAĞLARININ AROMA-AKTİF MADDELERİ VE FENOL BİLEŞİKLERİ PROFİLLERİNİN BELİRLENMESİ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2014

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

NİZİP YAĞLIK VE KİLİS YAĞLIK ÇEŞİTLERİNDEN ELDE EDİLEN ZEYTİNYAĞLARININ AROMA-AKTİF MADDELERİ VE FENOL BİLEŞİKLERİ PROFİLLERİNİN BELİRLENMESİ

Songül KESEN

DOKTORA TEZİ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez …/…/2014 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.

……	……..	**.....**
Doç. Dr. Serkan SELLİ	Prof. Dr. Turgut CABAROĞLU	Prof. Dr. Medeni MASKAN
DANIŞMAN	ÜYE	ÜYE

...…….....	**...**……..
Prof. Dr. Aziz TEKİN	Doç. Dr. Haşim KELEBEK
ÜYE	ÜYE

Bu Tez Enstitümüz Gıda Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.
Kod No:

Prof. Dr. Mustafa GÖK
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma Ç. Ü. Araştırma Projeleri Birimi ve Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: ZF-2010-D24
Proje No: TOVAG 110O602

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

ÖZ

DOKTORA TEZİ

NİZİP YAĞLIK VE KİLİS YAĞLIK ÇEŞİTLERİNDEN ELDE EDİLEN ZEYTİNYAĞLARININ AROMA-AKTİF MADDELERİ VE FENOL BİLEŞİKLERİ PROFİLLERİNİN BELİRLENMESİ

Songül KESEN

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman : Doç. Dr. Serkan SELLİ
Yıl: 2014, Sayfa: 179
Jüri : Prof. Dr. Turgut CABAROĞLU
: Prof. Dr. Medeni MASKAN
: Prof. Dr. Aziz TEKİN
: Doç. Dr. Serkan SELLİ
: Doç. Dr. Haşim KELEBEK

Bu çalışmada, ülkemizin Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin önemli yağlık zeytin çeşitlerinden, Nizip Yağlık (NY) ve Kilis yağlık (KY)'tan elde edilen zeytinyağları kullanılmıştır. Nizip yağlık Gaziantep'in Nizip ilçesinden ve Kilis yağlık Kilis ilinden alınmıştır. Coğrafi bölgenin ürün kalitesi üzerine etkisini görmek amacıyla aynı çeşitler İzmir-Bornova Zeytincilik Araştırma İstasyonu'ndan da sağlanmıştır (Nizip yağlık-Bornova, NYB; Kilis yağlık-Bornova, KYB). Çalışmada, öncelikle zeytinlerin özellikleri ile zeytinyağlarının genel analizleri, yağ asitleri, fenol bileşikleri, antioksidan kapasiteleri ve duyusal özellikleri belirlenmiş daha sonra da zeytinyağlarında aroma maddeleri ve bu zeytinyağlarını karakterize eden aroma-aktif bileşikleri ilk kez gaz kromatografisi-kütle spektrometresi-olfaktometri (GC-MS-O) teknikleri kullanılarak saptanmıştır. Çalışma 2010 ve 2011 yılları olmak üzere iki hasat yılı üzerinden gerçekleştirilmiştir. Çalışmada zeytin çeşidi, yetiştirilme bölgesi ve hasat yılının zeytinyağının özellikleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Analizler sonucunda, zeytinyağlarında aroma ve aroma-aktif bileşiklerin çeşit ve sayısı çeşide, zeytinin yetiştiği bölgeye ve yıllara göre önemli farklılıklar gösterdiği saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Zeytinyağı**,** Fenol bileşikleri, Yağ asitleri, Aroma, Aroma-aktif bileşikler, Olfaktometri

ABSTRACT

PhD THESIS

IDENTIFICATION OF AROMA-ACTIVE COMPOUNDS AND PHENOLIC PROFILES OF OLIVE OILS OBTAINED FROM CVS. NIZIP YAGLIK AND KILIS YAGLIK

Songul KESEN

CUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF FOOD ENGINEERING

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Serkan SELLI
Year: 2014, Pages: 179
Jury : Prof. Dr. Turgut CABAROGLU
: Prof. Dr. Medeni MASKAN
: Prof. Dr. Aziz TEKIN
: Assoc. Prof. Dr. Serkan SELLI
: Assoc. Prof. Dr. Hasim KELEBEK

In this study, the olive oils obtained from Nizip Yaglik (NY) and Kilis Yaglik (KY) which are two common cultivars of Southeast Anatolian Region of Turkey were used. NY was obtained from Nizip province and KY from Kilis province. The same cultivars were obtained from Olive Oil Research Center-Bornova in Izmir province (Nizip yaglik-Bornova, NYB; Kilis yaglik-Bornova, KY) in order to see geographical effect on olive oil quality properties. Firstly, olive properties were determined then general analysis, fatty acids, phenolic compounds, antioxidant capacity and sensory analysis of olive oils were identified. On the other hand, aroma and aroma-active compounds characterized the olive oils were determined for the first time by using gas chromatography-mass spectrometry-olfactometry (GC-MS-O) techniques. This research was carried out in two crop years (2010 and 2011). In this study, the effect of olive cultivars, grown region and harvest year were investigated on olive oil properties. In the results of analysis, the type and number of aroma and aroma-active compounds of olive oils showed significant differences by the cultivar, growing region and years.

Key Words: Olive oil, Phenolic compounds, Fatty acids, Aroma, Aroma-active compounds, Olfactometry

TEŞEKKÜR

Çalışmamın her aşamasında yardımlarını esirgemeyen ve bana "Nizip Yağlık ve Kilis Yağlık Çeşitlerinden Elde Edilen Zeytinyağlarının Aroma-Aktif Maddeleri ve Fenol Bileşikleri Profillerinin Belirlenmesi" konulu doktora tezini veren, yapıcı yönlendirici ve öğretici fikirleri ile bana daima yol gösteren danışman hocam Sayın Doç. Dr. Serkan SELLİ'ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Doktora Tez İzleme Komitesi üyesi Sayın Prof. Dr. Medeni MASKAN ve Sayın Prof. Dr. Turgut CABAROĞLU'na çalışmamın tüm aşamalarında yönlendirici ve olumlu katkılarından dolayı teşekkür ederim. Doktora tezi jüri üyelerinden Sayın Prof. Dr. Aziz TEKİN'e ve Sayın Doç. Dr. Haşim KELEBEK'e yapıcı ve yönlendirici fikirleriyle katkıda bulundukları için teşekkürlerimi sunarım.

Tezim süresince bana destek veren ve çalışmamın her aşamasında değerli bilgilerine başvurduğum Sayın Yrd. Doç. Dr. Kemal ŞEN'e, zeytinlerin temininde yardımcı olan Sayın Dr. Mehmet ULAŞ'a ve Sayın Yrd. Doç. Dr. Hakan ÇETİNKAYA'ya, yağ ekstraksiyon işlemlerinde yardımlarını esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Nihat YILDIRIM'a, yağ asitleri analizlerinde yardımcı olan Lidersan (yağ fabrikası) çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım.

Laboratuvar çalışmalarım sırasında yardımcı olan ve manevi desteklerini her zaman hissettiğim Gıda Mühendisliği yüksek lisans ve doktora öğrencileri ile tüm akademik ve idari çalışanlarına teşekkür ederim.

Doktora çalışmalarım esnasında tüm bölüm olanaklarından yararlanmamı sağlayan Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölüm Başkanlığı'na, maddi destek veren Ç.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne (Proje no: ZF2010D24) ve Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK)'na (Proje no: TOVAG 110 O 602) içten teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak her zaman manevi desteğini esirgemeyen, gösterdiği sonsuz anlayış, sabır ve verdiği cesaretle işlerimi kolaylaştıran eşim Ertan KESEN'e, zamanlarından çaldığım için sabırla bitirmemi bekleyen canım çocuklarım Şule ve Onur'a sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER **SAYFA**

ÖZ I
ABSTRACT II
TEŞEKKÜR III
İÇİNDEKİLER IV
ÇİZELGELER DİZİNİ VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ X
SİMGELER VE KISALTMALAR XII
1. GİRİŞ 1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 7
2.1. Zeytin ve Zeytinyağı 7
2.2. Zeytinyağlarında Aroma Maddeleri 12
2.3. Zeytinyağlarında Aroma-Aktif Bileşikler 19
2.4. Zeytinyağlarında Yağ Asitleri 23
2.5. Zeytinyağlarında Fenol Bileşikleri ve Antioksidan Kapasite 26
3. MATERYAL VE METOD 33
3.1. Materyal 33
3.1.1. Zeytinlerin Toplanması 33
3.2. Metod 35
3.2.1. Zeytinlerin Fizikokimyasal Özellikleri 35
3.2.2. Zeytinlerin Yağa İşlenmesi 37
3.2.3. Zeytinyağlarında Genel ve Renk Analizleri 39
3.2.4. Zeytinyağların Yağ Asitleri Analizleri 40
3.2.5. Zeytinyağların Fenol Bileşikleri Analizleri 41
3.2.6. Zeytinyağlarının Antioksidan Aktivite Analizleri 43
3.2.7. Temsili (Represantative) Test ile Zeytinyağı Örneklerinin Aroma Ekstraksiyonunda Kullanılacak Çözgenin Seçimi 44
3.2.7.1. Örneklerin Hazırlanması ve Panelistlere Sunumu 44
3.2.7.2. Benzerlik Testi 45
3.2.7.3. Aroma Yoğunluk Testi 46

3.2.8. Zeytinyağı Örneklerinde Aroma Maddeleri Analizleri 46
3.2.8.1. Aroma Maddelerinin Tanımlanması ve Miktarlarının Belirlenmesi 48
3.2.9. Zeytinyağların Aroma-Aktif Bileşikleri Analizleri 49
3.2.10. Zeytinyağların Duyusal Analizleri 50
3.2.11. İstatistiksel Analizler 55
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 56
4.1. Zeytinlerin Fizikokimyasal Özellikleri 56
4.2. Zeytinyağlarında Genel ve Renk Analizleri 58
4.3. Zeytinyağların Yağ Asitleri Bileşimi 63
4.3.1. Bölge ve Yıl Farkının Yağ Asitleri Bileşimi Üzerine Etkisi 64
4.3.2. Yağ Asitlerinin Temel Bileşen Analiz Sonuçları 72
4.4. Zeytinyağların Fenol Bileşikleri 74
4.4.1. Bölge ve Yıl Farkının Fenol Bileşikleri Üzerine Etkisi 79
4.4.2. Fenol Bileşiklerinin Temel Bileşen Analiz Sonuçları 84
4.5. Zeytinyağların Antioksidan Aktivite Değerleri 86
4.6. Zeytinyağlarında Aroma Ekstraktlarının Temsili Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi 89
4.7. Zeytinyağların Aroma Maddeleri 91
4.7.1. Bölge ve Yıl Farkının Aroma Maddeleri Üzerine Etkisi 92
4.7.1.1. Aldehit Bileşikleri Üzerine Etkisi 94
4.7.1.2. Yüksek Alkol Bileşikleri Üzerine Etkisi 96
4.7.1.3. Ester Bileşikleri Üzerine Etkisi 98
4.7.1.4. Terpen Bileşikleri Üzerine Etkisi 99
4.7.1.5. Lakton Bileşikleri Üzerine Etkisi 101
4.7.1.6. Diğer Aroma Bileşikleri (ketonlar, karboksilik asitler ve uçucu fenoller) Üzerine Etkisi 101
4.7.2. Aroma maddelerinin Temel Bileşen Analiz Sonuçları 117
4.8. Zeytinyağların Aroma-Aktif Bileşikleri 118
4.9. Zeytinyağlarının Duyusal Analiz Sonuçları 135
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 139

KAYNAKLAR …...…….137
ÖZGEÇMİŞ …….165

ÇİZELGELER DİZİNİ **SAYFA**

Çizelge 2.1. Zeytin meyvesinin bileşimi (%) 8
Çizelge 3.1. Zeytinlerin olgunluk indisi renk skalası (IOOC, 2011) 36
Çizelge 3.2. Zeytinyağlarının pozitif özellik medyan değerlerine göre sınıflandırılması (TGK) 54
Çizelge 4.1. Zeytinlerin fizikokimyasal özellikleri (2010 yılı) 57
Çizelge 4.2. Zeytinlerin fizikokimyasal özellikleri (2011 yılı) 57
Çizelge 4.3. Zeytinyağların kimyasal ve renk bileşimleri (2010 yılı) 59
Çizelge 4.4. Zeytinyağların kimyasal ve renk bileşimleri (2011 yılı) 59
Çizelge 4.5. Zeytinyağlarının yağ asitleri bileşimi (%) (2010 yılı) 66
Çizelge 4.6. Zeytinyağlarının yağ asitleri bileşimi (%) (2011 yılı) 67
Çizelge 4.7. Fenol bileşiklerinin alıkonma zamanları, MS verileri ve UV spektrumları 75
Çizelge 4.8. Zeytinyağlarının fenolik bileşen içerikleri (2010 yılı) 77
Çizelge 4.9. Zeytinyağlarının fenolik bileşen içerikleri (2011 yılı) 78
Çizelge 4.10. Zeytinyağların antioksidan aktivite değerleri (mM Trolox/kg) 88
Çizelge 4.11. Fenol bileşikleri ve antioksidan kapasite arasında belirlenen korelasyonlar 89
Çizelge 4.12. Zeytinyağı aroma ekstraklarının aroma benzerliği ve yoğunluğu 90
Çizelge 4.13. Zeytinyağı örneklerinin aroma maddeleri (2010 yılı) 104
Çizelge 4.14. Zeytinyağı örneklerinin aroma maddeleri (2011 yılı) 108
Çizelge 4.15. Zeytinyağların aroma-aktif bileşikleri (2010 yılı) 131
Çizelge 4.16. Zeytinyağların aroma-aktif bileşikleri (2010 yılı) 133
Çizelge 4.17. Zeytinyağların 2010 yılına ait duyusal analiz sonuçları 137
Çizelge 4.18. Zeytinyağların 2011 yılına ait duyusal analiz sonuçları 137

ŞEKİLLER DİZİNİ **SAYFA**

Şekil 2.1. Zeytin meyvesinin ağaç dalındaki görünümü 7
Şekil 2.2. Zeytinyağı üretim akım şeması 9
Şekil 2.3. Zeytinyağı bileşenleri 10
Şekil 2.4. Natürel sızma zeytinyağı aromasını oluşturan bileşiklerin başlıca oluşum yolları 12
Şekil 2.5. Lipoksijenaz (LOX) mekanizması ile aroma maddeleri oluşumu 13
Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan 4 farklı zeytinyağı örnekleri (2011 yılı örnekleri) .. 34
Şekil 3.2. Çalışmada kullanılan 4 farklı zeytin örnekleri 35
Şekil 3.3. Denemelerde kullanılan iki fazlı dekantör 38
Şekil 3.4. Yağ ekstraksiyon cihazının değirmen kısmı 38
Şekil 3.5. Yağ ekstraksiyon cihazının malaksör kısmı 39
Şekil 3.6. Yağ ekstraksiyon cihazından elde edilen yağ 39
Şekil 3.7. Örneklerin renk analizleri (HunterLab ColorQuest/XE) 40
Şekil 3.8. Fenol bileşikleri analizlerinin yapıldığı HPLC cihazı 42
Şekil 3.9. Fenol bileşikleri tanımlamasının yapıldığı HPLC-MS cihazı 43
Şekil 3.10. Temsili testlerde kullanılan kahverengi cam şişeler 44
Şekil 3.11. Temsili testlerde kullanılan kağıt koklama çubukları 45
Şekil 3.12. Aroma benzerlik testinde kullanılan skala 45
Şekil 3.13. Aroma yoğunluk testinde kullanılan skala 46
Şekil 3.14. Likens-Nickerson aroma maddeleri ekstraksiyon düzeneği 47
Şekil 3.15. Vigreux aroma maddeleri konsantrasyon düzeneği 47
Şekil 3.16. Analizlerde kullanılan GC ve GC-MS sistemi 49
Şekil 3.17. Analizlerde kullanılan GC-MS-O cihazı 50
Şekil 3.18. Zeytinyağların duyusal analizleri 51
Şekil 3.19. Panelistler tarafından kullanılan duyusal analiz formu 53
Şekil 4.1. Nizip yağlık zeytinyağına ait yağ asitleri kromatogramı (2011 yılı) 70
Şekil 4.2. Nizip yağlık (Bornova) zeytinyağına ait yağ asitleri kromatogramı (2011 yılı) 70
Şekil 4.3. Kilis yağlık zeytinyağına ait yağ asitleri kromatogramı (2011 yılı) 71

Şekil 4.4. Kilis yağlık (Bornova) zeytinyağına ait yağ asitleri kromatogramı (2011 yılı)..... 71
Şekil 4.5. Zeytinyağların yağ asitlerinin PCA sonuçları (2010 yılı)..... 73
Şekil 4.6. Zeytinyağların yağ asitlerinin PCA sonuçları (2011 yılı)..... 73
Şekil 4.7. Fenol bileşiklerinin HPLC ve HPLC-MS elektrosprey spektrumları..... 76
Şekil 4.8. Fenol bileşiklerinin LC-MS Kromatogramı..... 83
Şekil 4.9. Zeytinyağların fenol bileşiklerinin PCA sonuçları (2010 yılı)..... 85
Şekil 4.10. Zeytinyağların fenol bileşiklerinin PCA sonuçları (2011 yılı)..... 85
Şekil 4.11. DPPH ile gerçekleşen reaksiyonun zamana karşı değişimi..... 86
Şekil 4.12. ABTS ile gerçekleşen reaksiyonun zamana karşı değişimi..... 87
Şekil 4.13. Yıllara göre zeytinyağlarında belirlenen aroma maddeleri miktarları..... 93
Şekil 4.14. Nizip yağlık zeytinyağlarının aroma maddeleri kromatogramı (2011 yılı)..... 113
Şekil 4.15. Nizip yağlık (Bornova) zeytinyağlarının aroma maddeleri kromatogramı (2011 yılı)..... 114
Şekil 4.16. Kilis yağlık zeytinyağına ait aroma maddeleri kromatogramı (2011 yılı)..... 115
Şekil 4.17. Kilis yağlik (Bornova) zeytinyağına ait aroma maddeleri kromatogramı (2011 yılı)..... 116
Şekil 4.18. Zeytinyağların aroma maddelerinin PCA sonuçları (2010 yılı)..... 117
Şekil 4.19. Zeytinyağların aroma maddelerinin PCA sonuçları (2011 yılı)..... 118
Şekil 4.20. Zeytinyağların 2010 yılına ait duyusal analiz örümcek ağı profili..... 138
Şekil 4.21. Zeytinyağların 2011 yılına ait duyusal analiz örümcek ağı profili..... 138

SİMGELER VE KISALTMALAR

NY : Nizip yağlık
KY : Kilis yağlık
NYB : Nizip yağlık (Bornova)
KYB : Kilis yağlık (Bornova)
GC : Gas chromatography (Gaz kromatografisi)
MS : Mass spectrometry (Kütle spektrometresi)
GC-MS-O : Gas Chromatography-mass spectrometry-olfactometry (Gaz kromatografisi-kütle spektrometresi-olfaktometri)
LOX : Lipoksijenaz
FID : Flame ionization detector (Alev iyonlaşma dedektörü)
AEDA : Aroma extract dilution analysis
AESA : Aroma ekstrakt seyreltme analizi
FD : Flavor dilution
KS : Aroma seyreltme
TGK : Türk Gıda Kodeksi
IU : International unit (Uluslararası birim)
Ca : Kalsiyum
mg : Miligram
g : Gram
cal : Kalori
ZAE : Zeytincilik Araştırma Enstitüsü
OOO : Oleik-oleik-oleik asit
POO : Palmitik-oleik-oleik asit
OOL : Oleik-oleik-laurik asit
POL : Palmitik-oleik-laurik asit
SOO : Stearik-oleik-oleik asit
kg : Kilogram
ADH : Alkol dehidrojenaz
AAT : Alkol asetil transferaz

C : Karbon

(*E*) : Trans izomer

(*Z*) : Cis izomer

^{o}C : Santigrat derece

3,4-DHPEA: Tirozol

p-HPEA : Hidroksitirozol

HS-SPME : Head space-solid phase micro extraction (tepeboşluğu -katı faz mikro ekstraksiyon)

SDE : Simultaneous distillation extraction (buhar distilasyon/ekstraksiyon)

CLSA : Closed-loop stripping analysis

CHARM : Combined hedonic response measurement

PCA : Principal component analysis (temel bileşen analizi)

DA : Discriminant analysis (ayırma analizi)

LDL : Low density lipoprotein (düşük yoğunluklu lipoprotein)

HPLC : High-performance liquid chromatography (yüksek performans sıvı kromatografisi

DAD : Diode array detector

ESI : Electrospray ionization

FW : Fruit weight

TOF : Time-of-flight

IOOC : International Olive Oil Council

F/S : Fruit/Seed (Meyve eti/çekirdek oranı)

YM : Yağ miktarı

AOCS : American Oil Chemist' Society

USA : Amerika Birleşik Devletleri

CIE : Commission Internationale de l'Eclairage (Uluslararası Aydınlatma Komisyonu)

ml : Mililitre

N : Normalite

KOH : Potasyum hidroksit

µl : Mikrolitre

m : Metre

mm : Milimetre

dak. (min.) : Dakika

m/e : Kütle/yük

µm : Mikrometre

p : Para

V : Volt

L : Litre

kV : Kilovolt

DPPH : 2,2- diphenyl-1-picrylhydrazyl (2,2-difenil-1-pikril hidrazil)

ABTS : 2,2'-Azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid (2,2-azinobis-3-etilbenzotiyazollin-6-sülfonik asit)

nm : Nanometre

UV-Vis : Ultraviyole ve görünür ışık

mM : Milimolar

µmol : Mikromol

NaCl : Sodyum klorür

µg : Mikrogram

He : Helyum

cm : Santimetre

M_d : Median of defect (Kusurların medyanı)

M_f : Median of fruity (Meyvemsiliğin medyanı)

meq : Miliequvalent

TS : Türk standartları

MUFA : Mono unsaturated fatty acid (tekli doymamış yağ asidi)

PUFA : Poly unsaturated fatty acid (çoklu doymamış yağ asidi)

DNA : Deoksiribonükleik asit

OH : Hidroksil grubu

LRI : Linear alıkonma indeksi

std : Standart

H : Hidrojen

1. GİRİŞ

Zeytinyağı bilinen en eski bitkisel yağdır ve zeytin ağacının meyvesinden (*Olea europaea* L.) elde edilir. Zeytinyağı bitkisel yağlar içerisinde (susam yağı hariç) natürel olarak tüketilebilmesiyle özel bir üründür. Sağlık üzerine olumlu etkileri, yüksek oksidatif stabilitesi ve lezzeti ile diğer yağlardan ayrılmaktadır. Yüzyıllar boyunca üretiminde pek çok farklı teknikler kullanılmıştır. Genel olarak zeytinyağı üretimi; zeytinlerin hasadı, yaprakların ve yabancı maddelerin ayrılması, yıkama, kırma, yoğurma, katı ve sıvı fazların (presleme, santrifüj veya perkolasyon) birbirinden ayrılması, yağ ve karasuyun ayrılması ve filtrasyon aşamalarından oluşmaktadır (Kayahan ve Tekin 2006).

Bitkisel yağlar içerisinde zeytinyağı, Akdeniz diyetinde besleyici ve duyusal nitelikleri açısından temel besin maddesidir. Özellikle içerdiği fenol bileşikleri ve antioksidan özelliklerinden dolayı insan sağlığı üzerinde büyük bir öneme sahiptir (Artajo ve ark., 2007; Cicerale ve ark., 2010; Favati ve ark., 2013). Tüketiciler tarafından zeytinyağlarının kalitesinin değerlendirilmesinde dikkat edilen temel hususlar görünüş, renk, tat ve aromadır. Zeytinde yağ kalitesine etki eden en önemli faktör çeşittir. Kalite üzerinde etkili ikinci faktör ise zeytin ağaçlarının bulunduğu bölgedir; hatta o bölge içindeki belirli bir yöre, bir mikroklimadır. Kültürel işlemler de kalite üzerinde etkiye sahiptir. Hasat zamanı da hem yağ kalitesini hem de yağ miktarını etkileyen faktörler arasındadır. Geç hasat ürün kaybına, dökümler nedeniyle üründe zedelenme ve kalite kaybına neden olur. Erken hasat ise yağ birikimi tamamlanmadığı için elde edilen yağ miktarında kayba neden olur. Diğer faktörler ise hasat şekli, yağ fabrikalarının teknolojileri ve işleme öncesi ve sonrası depolama koşullarıdır (Nas ve ark., 2001; Baiano ve ark., 2013; Benito ve ark., 2013). Zeytinler en uygun olgunluk evresinde hasat edilip, uygun bir şekilde işlendiğinde lezzetli ve eşsiz aromaya sahip zeytinyağları elde edilir. Her zeytinyağı kendine özgü aromaya sahiptir. Zeytinyağının bu özelliği yapısında düşük konsantrasyonlarda bulunan aroma-aktif bileşiklerden kaynaklanmaktadır (Kiritsakis, 1998; Ranalli ve ark., 2001). Miktarları nanogram ile miligram arasında değişen aroma maddelerinin en önemli özellikleri çok düşük konsantrasyonlarda bile duyusal

olarak algılanmaları ve kalite üzerinde belirleyici rol oynamalarıdır. Aroma maddeleri gıdalarda kaliteyi oluşturan ve tüketici tercihini etkileyen en önemli unsurlardan birisidir. Zeytinyağlarında bugüne kadar gaz kromatografisi ile 180'den fazla farklı aroma maddesi belirlenmiştir. Bu bileşiklerin önemli bir kısmını aldehitler, alkoller, esterler, hidrokarbonlar, ketonlar ve furanlar oluşturmaktadır (Kılıç, 2001; Ridolfi ve ark., 2002; Kalua ve ark., 2007). Aroma maddelerinin oluşumunda enzimatik reaksiyonlar (lipoksijenaz etkisi) ve oto-oksidasyon önemli rol oynamaktadırlar (Angerosa, 2002; Bayrak, 2006; Garcia ve ark., 2007; Göğüş ve ark., 2009). Bu bileşiklerin miktarları ve tanımlanmaları GC-FID ve GC-MS teknikleri ile yapılmakta, zeytinyağını karakterize eden aroma-aktif bileşikler ise GC-MS-Olfaktometri (GC-MS-O) tekniği ile belirlenmektedir. Bu bilgiler, çeşitler arası ayrımda, kalite değerlendirmesinde ve coğrafi işaret alınmasında faydalı olmaktadır.

Aroma maddelerinin kalitatif ve kantitatif olarak hassas bir şekilde belirlenmesinde hassas enstrümental cihazlar (GC-FID ve GC-MS) kullanılmalı ve sonuçlar duyusal analizlerle de desteklenmelidir. Aroma konusunda son yıllarda yapılan çalışmalarda, temsili (representative) test ve buna bağlı olarak GC-O tekniği ile ürünü karakterize eden aroma-aktif bileşiklerin belirlenmesi de önem kazanmıştır. Aroma maddeleri genel olarak burun ve geniz yoluyla algılanır ve lezzet üzerinde etkili olurlar. Çeşitli maddelerden oluşan aroma, gıdaların duyusal özelliklerini belirleyen önemli bir kalite ölçütüdür. Bir ürünün aroması duyusal yöntemlerle değerlendirilebilir. Ancak bu değerlendirme subjektif ve kişiye bağlı olduğundan sonuçlar hatalı olabilir. Bu nedenle aroma maddelerinin kalitatif ve kantitatif olarak güvenilir bir şekilde belirlenmesinde gaz kromatografisi ve kütle spektrometresi gibi hassas enstrümantal cihazlar kullanılmalı ve sonuçlar duyusal analizler de desteklenmelidir (Buttery, 1981).

Gıdalarda yüzlerce aroma maddesi bulunmasına rağmen, bu bileşiklerden çok az bir kısmı o gıdanın karakteristik kokusunun oluşumunda etkili olmaktadır. Karakteristik kokunun oluşumundan sorumlu aroma maddelerine aroma-aktif bileşikler denir. Aroma-aktif bileşiklerin belirlenmesinde çok hassas bir enstrümental cihaz olan GC-MS-Olfaktometri kullanılır. Olfaktometrik analizlerinde en hassas ve

kritik aşama aroma ekstraktlarının elde edildiği en uygun ekstraksiyon yönteminin seçimidir. İkinci aşamada aroma maddelerinin tanımlanmaları (GC-MS) ve miktar tayinlerinin (GC-FID) hassas enstrümantal cihazlar kullanılarak yapılmasıdır. Son aşama ise, karakteristik kokunun oluşumunda etkili olan aroma-aktif bileşiklerin belirlenmesidir (Vila ve ark., 1999; Ebeler ve ark., 2000; Selli ve ark., 2008). Bu bileşikler hassas bir enstrümental cihaz olan GC-MS-O ile belirlenir. Ekstraksiyon sonucu elde edilen ekstraktların aromasının mümkün olduğunca elde edildiği gıdanın aromasına yakın olması gerekir. Bu amaçla öncelikle duyusal bir analiz olan temsili (representative) test teknikleri kullanılarak en uygun ekstraksiyon yöntemi belirlenir (Le Guen ve ark., 2000; Selli ve ark., 2006). Aroma ekstraktlarının değerlendirilmesinde çok farklı temsili testler kullanılabilir. Bunlar içerisinde üçlü test, karşılaştırma testi, benzerlik testi ve yoğunluk testi en sık kullanılan testlerdir (Etievant ve ark., 1994). Bu konu ile ilgili olarak Mehinagic ve ark. (2003) elmadan vakum altında buharlı damıtma yöntemiyle elde ettikleri aroma ekstraktlarında, farklı temsili testler (üçlü test, benzerlik testi, yoğunluk testi) uyguladıktan sonra aroma-aktif bileşikleri GC-O tekniği ile saptamışlardır. Selli ve ark. (2006, 2009) yaptıkları çalışmalarda gökkuşağı alabalığında benzer testlerle elde ettikleri en uygun aromatik ekstraktta, aroma-aktif bileşikleri GC-MS-Olfaktometri tekniği ile belirlemişlerdir.

GC-MS-O analizi, insan burnunun duyarlılığı ve seçiciliğiyle gaz kromatografisinin ayırma gücünün birleştiği tek tekniktir. Bu yöntem gıdalardaki uçucu aroma bileşenleri içerisinde aroma-aktif olanları belirlemede yoğun bir şekilde kullanılmaktadır (Acree ve ark., 1984). Aroma-aktif bileşiklerinin belirlenmesi aroma çalışmalarında çok önemli bir konudur. 1984'ten bu yana Acree ve ark. (1984) "charm analizi" denilen bir teknikle aroma-aktif bileşiklerin belirlenmesine olanak sağlamışlardır. Bu teknik, koku aktivite değeri (odor activity value) yüksek olan bileşiklerin belirlenmesi üzerine yoğunlaşmıştır. Diğer bir yöntem ise aroma ekstrakt seyreltme analizi (AEDA; aroma extract dilution analysis) olarak bilinen bir tekniktir. Bu teknik koku seyreltme (KS veya FD; flavor dilution) faktörü ile ifade edilir. Yöntem, aromatik ekstrakt aşama aşama seyreltilerek gaz kromatografisi-olfaktometri analizinde koku hissedilmeyinceye kadar koklanarak uygulanır. FD

değeri en yüksek aroma bileşiği o gıdada en güçlü aroma-aktif bileşik olarak ifade edilir (Grosch, 2001).

Zeytinyağların değerlendirilmesinde önemli olan diğer özellikler ise onların sahip olduğu duyusal profillerdir. Duyusal özellikler denilince koku, tat, temas hisleri, lezzet, görünüş ve renk gibi duyularımızla algılanan özellikler anlaşılmaktadır. Zeytinyağı duyusal olarak değerlendirilirken önce kokusu sonra tadı, lezzeti ve genel uyumuna bakılır. Yağların hoşa gitmesini engelleyen özellikler, yağlarda kusurlar olarak adlandırılır. Duyusal değerlendirme metodu panel test sistemi ile yapılmaktadır. Burada natürel zeytinyağlarında kusurlar ile olumlu kabul edilen özellikler, algılanan koku veya tattaki şiddete göre değerlendirmeye alınmaktadır (Göğüş ve ark., 2009) .

Zeytinyağlarında pozitif özellikler meyvemsilik, acılık ve yakıcılık hisleriyle belirlenir. Meyvemsi özellik hem olgun, hem olgunlaşmamış sağlıklı, taze meyvelerden elde edilen yağların karakteristik meyvemsi aromasıdır. Olgunlaşmamış zeytinlerden elde edilen yağlarda çimen ve yaprak kokusu hissedilirken, olgunlaşmış zeytinlerden elde edilen yağlar daha aromatik kokulara sahiptir. Acılık, yeşil zeytinden veya rengi dönük zeytinlerden üretilmiş yağın karakteristik ilk tadıdır. Dilin ‘‘V’’ bölgesindeki tat alma hücreleri ile bulunur. Yakıcılık hissi ise yağın duyusal karakteristiği olan yakma hissidir ve hasat yılı başında ve olgunlaşmamış zeytinlerden elde edilen yağlarda daha fazla hissedilir (TGK, 2010). Acılık hissi kinin, kafein ve çoğu alkoloidler gibi çeşitli maddelerin sulu çözeltisiyle üretilen temel tattır. 1-Penten-3-on bileşiği acılıkla pozitif ilişkili bir bileşik iken, (*Z*)-3-hekzenol ve hekzanal bileşikleri ise negatif ilişkilidir. 1-Penten-3-on bileşiği yakıcı tatla pozitif ilişkiliyken, (*E*)-2-hekzenal ve hekzanal bileşikleri negatif ilişkilidir (Kalua ve ark., 2007).

Zeytinyağlarında bulunabilen negatif özellikler (kusurlar) ise kızışma (çamurlu tortu), küflü (rutubetli), şarabımsı-sirkemsi-asidik-ekşimsi, metalik ve ransid gibi özelliklerdir. Bu kusurlardan farklı kimyasal grupların bileşikleri sorumludur. Bu bileşikler uygun olmayan zeytin toplama işlemleri, ektraksiyon işlemleri ve uygun olmayan depolama koşulları sonucu oluşurlar (Escuderos ve ark., 2007).

Zeytinyağında bulunan diğer önemli bileşenler polifenoller olarak adlandırılan fenolik bileşiklerdir. Bu bileşenler güçlü antioksidan özelliğe sahip olup, zeytinyağını oksidatif bozulmalara karşı korumaktadırlar (Garcia ve ark., 2013). Akdeniz diyetiyle beslenen insanlarda zeytinyağının doğal yapısında bulunan fenol bileşiklerine bağlı olarak hastalığa yakalanma ve ölüm oranının düştüğü bildirilmiştir (Visioli ve Galli, 1998; Owen ve ark., 2000; Owen ve ark., 2004; Tripoli ve ark., 2005; Visioli ve ark., 2005; Chih ve ark., 2013). Zeytinyağlarındaki fenol bileşikleri arasında hidroksitirozol ve kafeik asit yağların raf ömrü ve özellikle de oksidasyona dayanıklılığı üzerinde önemli rol oynamaktadır (Alkan ve ark., 2011). Zeytinlerde bu bileşiklerin yanı sıra tirozol, *p*-hidroksibenzoik, *o*-kumarik ve *p*-kumarik asit gibi diğer fenollerin de bulunmasına karşın bunların antioksidan kapasiteleri düşüktür (Cinquanta ve ark., 1997). Fenol asitleri sağlık açısından faydaları ve antioksidan özelliklerinin yanında renk ve duyusal kalite üzerinde de etkili bileşiklerdir. Özellikle lezzet, burukluk ve sertlik gibi organoleptik özellikler üzerine etkilidirler. Fenol asitleri ayrıca, enzimatik esmerleşmeyi önlemesi ve gıdaları koruması açısından da önem taşımaktadır (Owen ve ark., 2000; Tuck ve Hayball, 2002). Zeytinyağlarında bulunan fenol bileşiklerinin miktarı çeşide, iklim koşullarına, meyve olgunluğuna ve yağ ekstraksiyon yöntemine bağlı olarak değişmektedir. Bu faktörler arasında en önemli etkiye sahip parametre ise çeşittir (Baldioli ve ark., 1996; Tasioula ve ark., 2001; Visioli ve ark., 2002; Morello ve ark., 2006; Artajo ve ark., 2007). Criado ve ark. (2004) tarafından yapılan bir çalışmada, İspanya'nın farklı bölgelerinde yetiştirilen Arbequina çeşidinin fenol bileşiklerindeki değişim incelenmiş, araştırmada yüksek bölgelerde yetişen çeşitten elde edilen zeytinyağında hidroksitirozol ve tirozol miktarları daha fazla bulunmuştur. Tasioula ve ark. (2001) Yunanistan'da yetişen Lianolia çeşidinden elde edilen sızma zeytinyağlarında hidroksitirozol ve tirozol'ün baskın fenol bileşikleri olduğunu bildirmişlerdir.

Son yıllarda, fenol bileşikleri ve antioksidan aktivite üzerine yapılan araştırmalar artış göstermiştir (Tanılgan ve ark., 2007; Ocakoğlu 2008; Alkan ve ark., 2011; Dabbou ve ark., 2011; Kelebek ve ark., 2012; Chih ve ark., 2013). Antioksidanların hücrelerin aerobik solunumu sırasında meydana gelen reaktif oksijen türlerine karşı vücudun savunma sisteminde önemli etkisi bulunmaktadır.

Diyetle fazla miktarda antioksidanların alınımı reaktif oksijen türlerine karşı yeterli olabilir ve böylece canlı sistemlerde normal fizyolojik fonksiyonlar yerine getirilir. Ülkemizde yetiştirilen bazı zeytin çeşitlerinin ve bunlardan elde edilen zeytinyağlarının genel bileşimleri (Gürdeniz ve ark., 2008; Öğütçü ve ark., 2008; Dıraman ve Dibeklioğlu, 2009; Kıralan ve ark., 2009) ve fenol bileşimleri üzerine (Andjelkovic ve ark., 2008; Andjelkovic ve ark., 2009; Ocakoğlu ve ark., 2009; Nieto ve ark., 2010; Favati ve ark., 2013) çeşitli çalışmalar yapılmıştır.

Bu çalışmada, ülkemizin Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin önemli zeytin çeşitlerinden Nizip Yağlık ve Kilis Yağlık'ın hem doğal yetiştirme bölgesinden hem de Ege Bölgesi'nin Bornova ilçesinden elde edilen zeytinyağlarında aroma maddeleri GC-MS ile ve bu çeşitleri karakterize eden aroma-aktif bileşikleri ise GC-MS-Olfaktometrik yöntemle ilk kez belirlenmiştir. Öte yandan, zeytinyağlarının fenol bileşikleri, yağ asitleri profilleri ve antioksidan potansiyelleri de ayrıntılı olarak araştırılmıştır. Çalışma 2 hasat yılı (2010 ve 2011) üzerinden gerçekleştirilmiş ve elde edilen bulgular yardımıyla çeşit, yetişme bölgesi ve hasat yılının yukarıda bildirilen önemli kalite parametreleri üzerindeki etkilerinin ayrıntılı olarak saptanması amaçlanmıştır. Önemli bir kalite kriteri olmasına rağmen ülkemiz zeytinyağlarının aroma-aktif bileşikleri üzerinde bugüne kadar herhangi bir çalışma yapılmamıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Zeytin ve Zeytinyağı

Zeytin ağacı (*Olea europea* L.) (Şekil 2.1) Dünya'da başlıca Akdeniz havzasında: Türkiye, Yunanistan, İtalya, Fransa, İspanya, Portekiz, Fas, Tunus, Cezayir, Mısır, İsrail, Suriye' de; Amerika Birleşik Devletleri'nin California eyaletinde ve Avustralya kıtasının bir bölümünde yetiştirilir. Ülkemizde ise Karadeniz Bölgesi'nde, Artvin-Yusufeli yöresinde yer alan Çoruh vadisinde, Trabzon ve Samsun'da; Marmara bölgesinde, salamuralık çeşitler Gemlik-Mudanya'da; Ege Bölgesi'nde, Çanakkale'den başlayıp Muğla'ya kadar uzanan kıyılarda ve iç kesimlerde; Akdeniz Bölgesi'nde kıyı şeridinde çok az, özellikle Hatay, Osmaniye ve Adana illerinde; Güneydoğu Anadolu'da ise başta yağlık çeşitler olmak üzere Kahramanmaraş, Nizip, Kilis ve Gaziantep' te yetiştirilmektedir.



Şekil 2.1. Zeytin meyvesinin ağaç dalındaki görünümü

Zeytin meyvesi %1-2 meyve kabuğu (epikarp), %63-86 meyve eti (mesokarp), %10-30 meyve çekirdeği (endokarp) ve %2-6 çekirdek içermektedir. Zeytin meyvesinde %40 oranında su ve %20-35 oranında yağ bulunmaktadır.

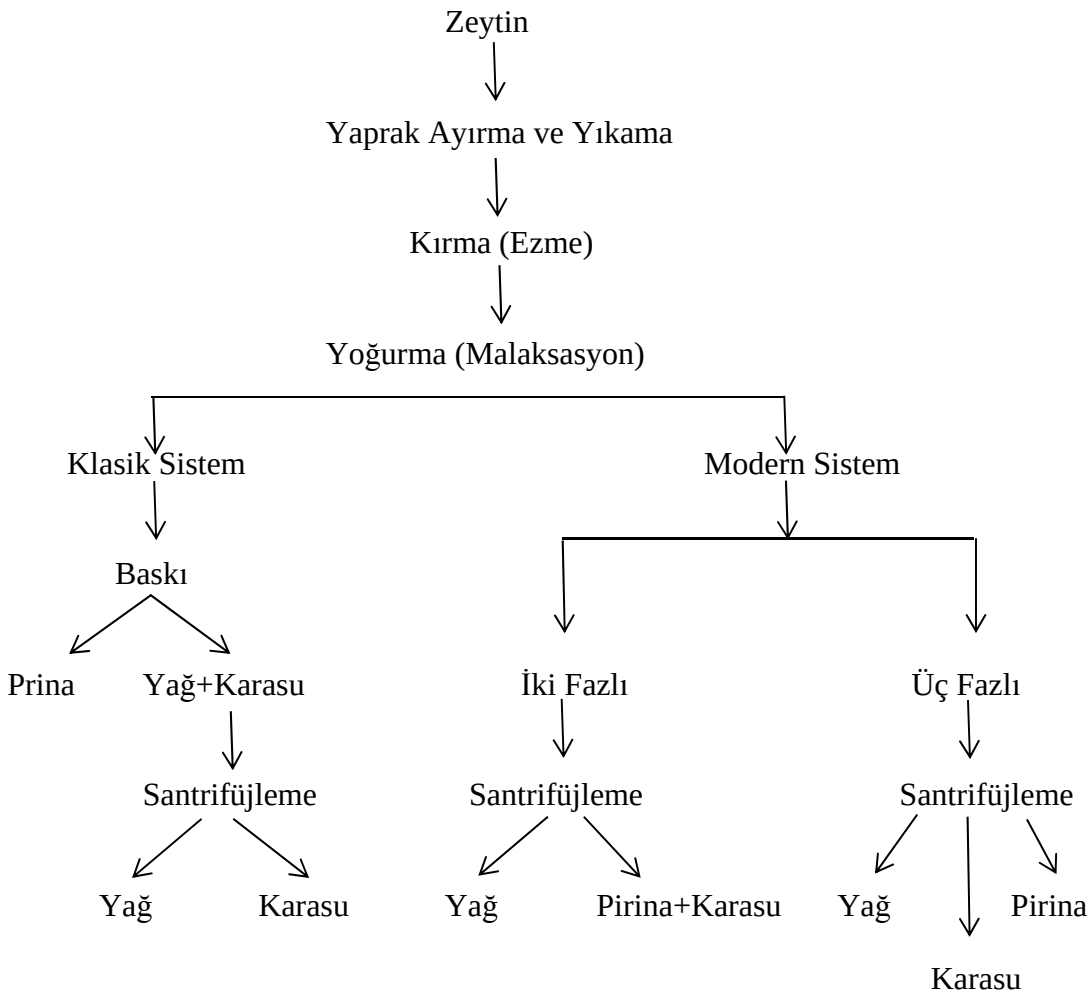
Zeytinyağı meyvenin mesokarp kısmında yer almakta ancak %1' lik kısmı ise mesokarp dışındaki kısımlarda bulunmaktadır. Zeytin meyvesinin bileşimi Çizelge 2.1' de verilmiştir

Çizelge 2.1. Zeytin meyvesinin bileşimi (%)

Bileşim öğeleri	Yeşil zeytin	Siyah zeytin
Su	75.2	71.8
Protein	1.5	1.8
Yağ	13.5	21.0
Toplam karbonhidrat	4.0	2.6
Ham selüloz	1.2	1.5
Kül	5.8	2.8
Vitamin A (IU)	30.2	60.0
Ca (mg)	8.7	8.7
Kalori (cal)	13.2	19.1

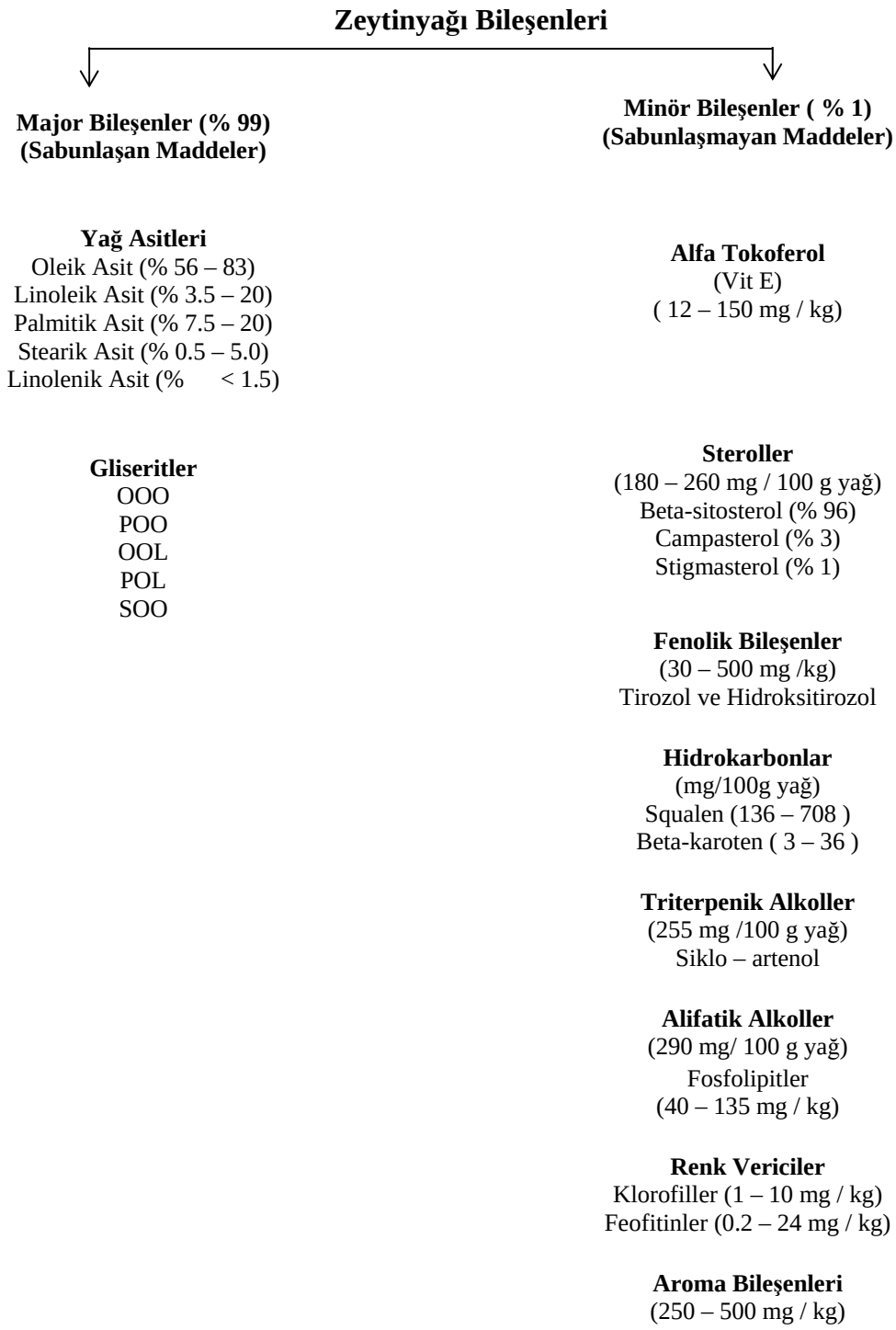
Zeytin meyvesinin olgunlaşması diğer meyvelerle karşılaştırıldığında, uzun süren bir süreçtir. Bu süreç iklim şartlarına, çeşide ve tarımsal uygulamalara göre değişebilmektedir. Zeytinlerde olgunluğun tayin yöntemi pratikte meyve rengine bakılarak yapılmaktadır. Zeytin erken hasat edilirse yağ randımanı düşük, düşük asitli, yeşilimsi renkte, meyvemsi tatta ve aromatik bir yağ elde edilir. Daha geç hasat edilirse yağ randımanı yüksek, biraz daha yüksek asitli, sarı renkli ve az aromatik yağ elde edilir. Erken hasat yağlık çeşitlerde yağ kaybına, geç hasatta dökülmeler nedeniyle ürün kaybına ve elde edilecek yağın kalitesinde düşmelere neden olur (Başoğlu, 2012).

Zeytinyağı, zeytin ağacı (*Olea europea* L)'nın olgun meyvelerinden sıkılmak suretiyle elde edilen oda sıcaklığında (20-25 ^{o}C) sıvı olan ve yemeklik olarak kullanılan yağdır. Kalori değeri yüksek, esansiyel yağ asitlerinin kaynağı ve yağda çözünen A, D, E, K vitaminlerinin deposu olan zeytinyağı kendine has güzel tad ve kokusu ile diğer bitkisel yağlara tercih edilen, sindirilme derecesi yüksek olan önemli bir yağ kaynağıdır (Nas, 2001). Zeytinyağı, iyi kalitede, taze, olgun meyveden presleme, santrifüjleme ve süzme ile mekanik olarak elde edilmektedir. (ZAE, 2014) (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Zeytinyağı üretim akım şeması

Zeytin meyvesinden doğrudan veya dolaylı olarak zeytinyağı bünyesine geçen temel bileşenler triaçilgliseroller olup, düşük miktarda serbest yağ asitleri, gliserol, fosfatidler, pigmentler, karbonhidratlar, proteinler, aroma bileşikleri, fenoller ve steroller'dir. Bu bileşenlerin miktarı zeytin çeşidine ve çevresel faktörlere bağlı olarak değişmektedir. Zeytinyağının kimyasal bileşimi incelendiğinde, diğer yağlar gibi sabunlaşan (trigliseritler) (%99) ve sabunlaşmayan maddeler (%1) olmak üzere iki ana yapıdan meydana geldiği bilinmektedir (Şekil 2.3) (Göğüş ve ark., 2009).



Şekil 2.3. Zeytinyağı bileşenleri

Zeytinyağı, sadece zeytin ağacı, *Olea europaea* L. meyvelerinden elde edilen yağlardır. Çözücü kullanılarak ekstrakte edilen veya reesterifikasyon işlemi ile doğal trigliserid yapısı değiştirilmiş yağlar ve diğer yağlarla karışımı bu tanımın dışındadır.

Zeytinyağı ve prina yağı tebliğine göre zeytinyağları şu şekilde sınıflandırılır:

1) Natürel zeytinyağı: Zeytin ağacı meyvesinden doğal niteliklerinde değişikliğe neden olmayacak bir ısıl ortamda, sadece yıkama, dekantasyon, santrifüj ve filtrasyon işlemleri gibi mekanik veya fiziksel işlemler uygulanarak elde edilen; kendi kategorisindeki ürünlerin fiziksel, kimyasal ve duyusal özelliklerini taşıyan yağları ifade eder.

Natürel zeytinyağları ise;

a) Natürel sızma zeytinyağı: Doğrudan tüketime uygun, serbest yağ asitliği oleik asit cinsinden her 100 gramda 0.8 gramdan fazla olmayan yağlar,

b) Natürel birinci zeytinyağı: Doğrudan tüketime uygun, serbest yağ asitliği oleik asit cinsinden her l00 gramda 2.0 gramdan fazla olmayan yağlar,

c) Ham zeytinyağı/Rafinajlık: Serbest yağ asitliği oleik asit cinsinden her 100 gramda 2.0 gramdan fazla olan veya duyusal ve karakteristik özellikleri bakımından doğrudan tüketime uygun olmayan, rafinasyon veya teknik amaçlı kullanıma uygun yağlar olarak sınıflandırılır.

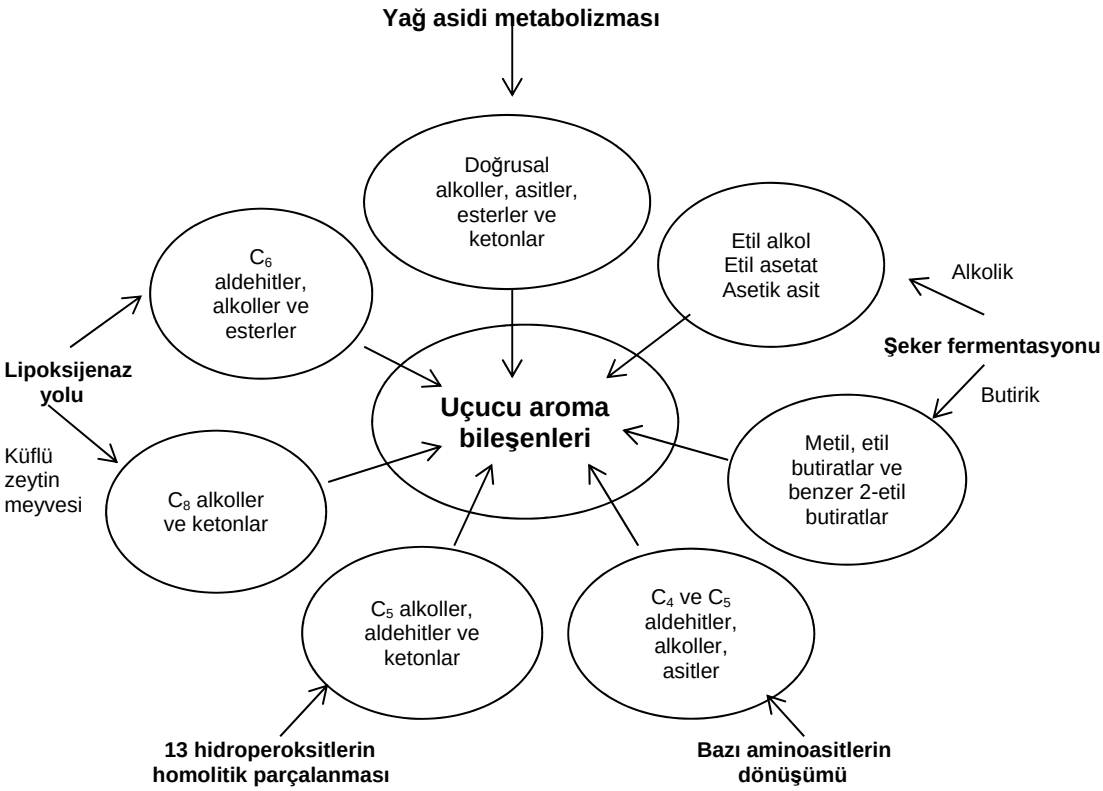
2) Rafine zeytinyağı: Ham zeytinyağının doğal trigliserid yapısında değişikliğe yol açmayan metotlarla rafine edilmeleri sonucu elde edilen ve serbest yağ asitliği oleik asit cinsinden her l00 gramda 0.3 gramdan fazla olmayan yağdır.

3) Riviera zeytinyağı: Rafine zeytinyağı ile doğrudan tüketime uygun natürel zeytinyağları karışımından oluşan ve serbest yağ asitliği oleik asit cinsinden her l00 gramda l.0 gramdan fazla olmayan yağdır.

4) Çeşnili zeytinyağı: Zeytinyağlarına değişik baharat, bitki, meyve ve sebzelerin ilave edilmesi ile elde edilen ve diğer özellikleri açısından bu Tebliğ kapsamında kendi kategorisindeki ürünlerin özelliklerini taşıyan yağdır (TGK, 2010).

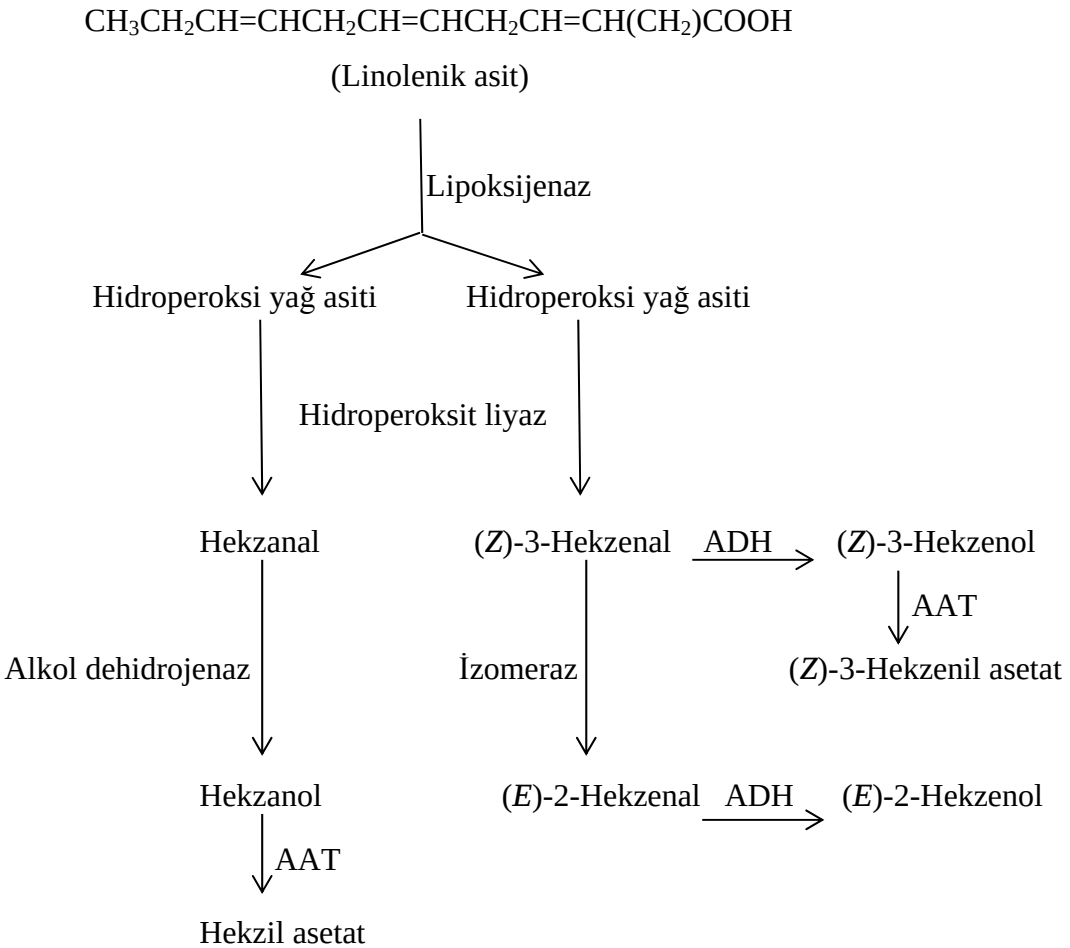
2.2. Zeytinyağlarında Aroma Maddeleri

Zeytinyağlarının eşsiz lezzeti, oluşan çok sayıdaki uçucu aroma bileşiklerine bağlıdır. Zeytinyağındaki aroma maddeleri kompozisyonunu çeşit, coğrafi bölge, meyve olgunluğu, işleme metodu ve parametreleri etkilemektedir (Paz Romero ve ark., 2003; Vichi ve ark., 2003; Kalua ve ark., 2007; Toker, 2009). Uçucu bileşiklerin meyve gelişimi boyunca oluşumu azalır, fakat olgunlaşmanın belirli kritik bir periyodu boyunca oluşumu hızlanır. Meyveler kritik periyot boyunca etilen üretir. Bu durum yapılarında fiziksel, kimyasal ve biyokimyasal değişimlere sebep olarak bazı protein ve enzim aktivitelerini arttırır. Zeytinlerden, kritik döneme uygun bir periyotta yağ ekstrakte edildiğinde aromatik uçucu bileşenler bakımından zengin yüksek kaliteli yağ elde edilir. Bu aromatik uçucu bileşenlerin pek çoğu enzimlerin aktivasyonu sonucunda oluşmaktadır. Natürel sızma zeytinyağının aromasını oluşturan uçucu bileşenlerin oluşumuna neden olan bir çok yol vardır (Şekil 2.4) (Toker, 2009; Angerosa, 2002).



Şekil 2.4. Natürel sızma zeytinyağı aromasını oluşturan bileşiklerin başlıca oluşum yolları

Zeytinyağlarında uçucu bileşenlerin önemli bir kısmı kimyasal ve enzimatik oksidasyon sonucu oluşmaktadır. Yağın kimyasal oksidasyonu ile oluşan uçucu bileşenler zeytinyağındaki istenmeyen tat ve kokudan sorumlu olup bu mekanizma oksidatif ransidite olarak tanımlanmaktadır. Buna karşın birçok çalışmada lipoksijenaz (LOX) metabolik yolu (Şekil 2.5) ile gerçekleşen enzimatik oksidasyon zeytinyağında istenen aromanın oluşmasını sağlamaktadır. Bu reaksiyonlar sıcaklık ve pH'a bağlı olarak hızla ilerler. Lipoksijenaz metabolik yolu, lipoksijenaz enzim aktivitesi ile başlar ve linoleik ve linolenik asitten 13-hidroperoksitlerin oluşumuyla devam eder (Temime ve ark., 2006; Haddada ve ark., 2007; Sonia ve ark., 2009; Muzzalupo ve ark., 2012; Sanchez-Ortiz ve ark., 2012).



Şekil 2.5. Lipoksijenaz (LOX) mekanizması ile aroma maddeleri oluşumu

Angerosa ve ark. (1998) İtalyan iki zeytin çeşidinin (Coratina ve Frantoio) zeytinyağı ekstraksiyonunda, farklı malaksasyon sürelerinin lipoksijenaz enziminin etkisiyle oluşan aroma bileşikleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Aroma bileşikleri dinamik tepe boşluğu ve GC ile tanımlanmıştır. C_5 ve C_6 bileşikler yoğurma süresi arttıkça yükselmiş, ancak esterlerin (özellikle (*Z*)-3-hekzenil asetat) miktarı 30 dakikadan sonra düşmüştür.

Zeytinyağında GC-MS ile tanımlanan başlıca aroma maddelerinin aldehitler, alkoller, esterler, hidrokarbonlar, ketonlar ve furanlar olduğu bildirilmiştir. Hekzanal, (*E*)-2-hekzenal, 1-hekzanol ve 3-metilbütan-1-ol' un zeytinyağındaki en önemli uçucu bileşikler olduğu belirtilmiştir. Araştırmada uçucu bileşiklerin enzimatik olarak oluştuğu ve bunların miktarının, zeytin çeşidine, bölgeye, olgunluğa, depolama ve işleme koşullarına bağlı olarak değiştiği bildirilmiştir. Zeytinyağı aroması üzerinde en etkili fenolik bileşiklerin ise hidroksitirozol, tirozol, kafeik asit, kumarik asit ve *p*-hidroksibenzoik asit olduğu belirtilmiştir (Kiritsakis, 1998).

Aynı çevre koşullarında yetişmiş ve aynı olgunluk derecesinde hasat edilmiş 7 farklı zeytin çeşidinin aroma maddelerinin dinamik tepe boşluğu ve GC ile tespit edildiği bir çalışmada elde edilen veriler sonucunda, farklı zeytinlerin yağlarında farklı metobolitlerin bulunmasının çeşitlerin yapısındaki enzim farklılığına dayandırılmıştır (Angerosa ve ark., 1999).

Morales ve Aparicio (1999) zeytinyağı ekstraksiyon koşullarının zeytinyağının duyusal kalitesi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada, farklı malaksasyon (yoğurma) süreleri ve sıcaklık değerleri uygulanmış, zeytinyağlarındaki uçucu bileşikler tepe boşluğu metoduyla ekstrakte edilmiştir. Aroma bileşikleri GC-MS ve GC-olfaktometri ile analiz edilmiştir. Yağlarda olumlu ve kötü aromadan sorumlu bileşikler belirlenmiş ve sıcaklığın 35 ^{o}C'nin üzerinde olduğu koşullarda sürenin kısa (30 dakikanın altında) tutulmasının duyusal kalitenin iyileştirilmesinde önemli bir koşul olarak belirtilmiştir.

Zeytin meyvesinde lipoksijenaz enzim (LOX) aktivitesinin zeytinyağı aroması üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, enzim en yüksek aktiviteyi çiçeklenmeden 15 hafta sonraki dönemde göstermiştir. Zeytinlerin yağ ekstraksiyonu

için en uygun olgunlaşma zamanında (çiçeklenmeden sonra 25. haftadan 35. haftaya kadar) ise enzim aktivitesi sabit bir düşüş göstermiştir (Salas ve ark., 1999).

İtalyan üç zeytin çeşidinin santrifüj yöntemiyle ekstraksiyonunda farklı malaksasyon sıcaklıkları uygulanarak, uçucu ve fenolik bileşikler üzerindeki etkileri incelenmiştir. Malaksasyonda sıcaklık 20, 25, 30 ve 35 ^{o}C olarak uygulanmıştır. Yoğurma sıcaklığı arttıkça, C_5 ve C_6 aldehitlerde (özellikle de 35 ^{o}C'de) belirgin bir düşüş gözlenmiştir. Fenol bileşikleri miktarı ise sıcaklığın 25 ^{o}C'den 30 ^{o}C'ye yükselmesiyle artmış, bu sıcaklıktan sonra artış gözlenmemiştir. Elde edilen bulgular doğrultusunda yağ veriminin, yeşil aromanın ve fenol bileşikleri miktarının en iyi sağlandığı sıcaklığın 30 ^{o}C olduğu bildirilmiştir (Ranalli ve ark., 2001).

Ridolfi ve ark. (2002) üç zeytin çeşidinde (Ascolana Tenera, Kalamata ve FS17) LOX enzimini karakterize etmişler ve bu enzimin uçucu bileşiklerin oluşumundaki rolünü incelemişlerdir. LOX aktivitesi spektrofotometrik olarak optimum pH:6' da test edilmiştir. En yüksek aktivite, C_5 ve C_6 bileşiklerinin en yüksek konsantrasyonuna bağlı olarak FS17 çeşidinde gözlenmiş, bunu sırasıyla Kalamata ve Ascolana Tenera çeşitleri takip etmiştir.

Servili ve ark. (2003) İtalyan iki zeytin çeşidinin (Frantoio, Moraiolo) mekanik ekstraksiyonunda malaksasyon (yoğurma) sıcaklığının ve havaya maruz kalma süresinin uçucu ve fenolik bileşikler üzerine etkilerini araştırmışlardır. Fenolik bileşiklerin durumuna ve duyusal özelliklere göre optimum malaksasyon sıcaklığı Frantoio çeşidi için 22 ^{o}C, Moraiolo çeşidi için 26 ^{o}C olarak tespit edilmiştir.

Kuzey İtalya' nın iki farklı coğrafi bölgesinden alınan zeytinyağlarında katı-faz mikro ekstraksiyon yöntemiyle aroma maddeleri araştırılmıştır. Çalışmada endüstriyel olarak üretilen 42 örnek üzerinde çalışılmıştır. Araştırmacılar, çeşit farklılığı ile coğrafi bölgenin zeytinyağı aromasındaki etkisini ortaya koymuşlardır. Uçucu bileşiklerin oluşumunda çevre koşullarının etkili olduğu belirtilmiştir. Farklı çeşitlerin yağlarında, α-kopaen, α-farnesen ve 20 karbondan büyük hidrokarbon miktarlarında büyük farklılıklar olduğu tespit edilmiştir (Vichi ve ark., 2003).

Zeytinyağlarında uçucu bileşiklerin depolama koşullarına ve şekline bağlı olarak değiştiğini gösteren bir çalışmada, oksijen ve ışık varlığında, yüksek sıcaklıkta depolanan zeytinyağlarında, özellikle ambalaj materyaline de bağlı olarak

oksidasyonun geliştiği sonucuna varılmıştır. Oksidasyon sonucunda hekzanal, nonanal, (*E*)-2-dekenal ve (*E*)-2-heptenal gibi bileşiklerin miktarlarında artış olmuştur. Ambalajı cam şişe olan zeytinyağlarındaki duyusal değişimin, plastik ambalajdaki zeytinyağlarına göre daha az olduğu, cam ambalajda ve ışıksız ortamda depolanan zeytinyağlarının duyusal özelliklerinin daha uzun süre korunduğu belirtilmiştir. Oksidasyon sonucu açığa çıkan en yüksek hekzanal miktarı, PET şişede 40 ºC'de depolanan zeytinyağında bulunmuştur. (*E*)-2-dekenal ve (*E*)-2-heptenal miktarları da ambalaj ve depolama koşullarına bağlı olarak gelişen oksidasyon ilerledikçe artış göstermiştir (Kanavouras ve ark., 2004).

Kanavouras ve ark. (2005) soğuk presle elde edilmiş İspanyol sızma zeytinyağının aroma eldesinde dinamik tepe boşluğu ve katı faz mikro ekstraksiyon yöntemlerini kullanarak aroma bileşiklerini belirlemişlerdir. Çalışma sonunda her iki yöntemin de zeytinyağı aroma ekstraksiyonunda geçerli ve etkili yöntemler olduğu saptanmıştır. Katı faz mikro ekstraksiyon yönteminin, dinamik tepe boşluğu yönteminden daha hızlı ve daha basit olmasına rağmen, dinamik tepe boşluğunda daha fazla aroma bileşiği tespit edilmiş ve aroma ekstraksiyonunda daha etkili olduğu belirtilmiştir.

Sızma zeytinyağının duyusal kalitesini belirlemek için yerden ve ağaçtan toplanan zeytinlerden elde edilen yağlarda uçucu bileşikler karakterize edilmiştir. Çalışmada analiz için duyusal kusur ortalaması 2.5'tan büyük olan ve yerden toplanan zeytinlerden elde edilen zeytinyağı (42 örnek) ile duyusal kusur ortalaması 2.5 veya daha düşük olan ve ağaçtan toplanan zeytinlerden elde edilen zeytinyağı (50 örnek) kullanılmıştır. Uçucu bileşikler katı-faz mikro ektraksiyon-GC'ye bağlı sensör sistemi ile analiz edilmiştir. Çalışmada 44 uçucu bileşik tanımlanmıştır. Yerden toplanan örneklerden elde edilen zeytinyağlarında fermentasyona bağlı olarak açığa çıkan asetik asit ve 3-metil-1-bütanol bileşiklerinin miktarları yüksek bulunmuştur (Garcia ve ark., 2007).

Vichi ve ark. (2007) zeytinyağı aroma ekstraksiyonunda kullanılan tepeboşluğu -katı faz mikro ekstraksiyon (HS-SPME), buhar distilasyon/ekstraksiyon (SDE) ve CLSA (closed-loop stripping analysis) metodlarını karşılaştırmışlardır. Alkol ve ketonların ekstraksiyonunda SPME, ester ve hidrokarbonların ekstraksiyonunda

CLSA en yüksek etkinliği göstermiştir. Toplam terpenoid bileşiklerin ekstraksiyonunda ise en yüksek etkinliği SDE ve CLSA metodları göstermiştir.

İtalyan ve İspanyol panelistler zeytinyağında duyusal özellikler ile uçucu ve fenolik bileşikler arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Çalışmada tek çeşitten elde edilmiş 16 zeytinyağı (8 İtalya çeşidi+8 İspanya çeşidi) örneği kullanılmıştır. Aroma bileşikleri katı faz mikro ekstraksiyon metoduyla elde edilmiş, tanımlanması ve miktarı ise GC-MS kullanılarak tespit edilmiştir. Duyusal analizler sonucunda bazı yağlar kusurlu, bazıları kusursuz, bazıları ise küflü ve oksitli olarak nitelendirilmiştir. Uçucu bileşikler içerisinde lipoksijenaz enzim etkisiyle oluşan C6 aldehitlerin yeşil-meyvemsi özellikten sorumlu olduğu, bu bileşiğin İtalyan çeşitlerde, İspanyol çeşitlerdekinden daha yüksek bulunduğu tespit edilmiştir. Fenolik bileşiklerden dikarboksimetil-oleuropin aglikon'un yüksek bulunduğu örneklerin antioksidan aktivitesinin de daha yüksek olduğu sonucuna varılmıştır (Cerretani ve ark., 2008).

Runcio ve ark. (2008) zeytin işleme metodu, çeşit, çekirdeklerin uzaklaştırılması ve zeytindeki lekelerin aroma üzerine etkilerini araştıran bir çalışma yapmışlardır. Çeşitlerin enzim içeriği farklılığından dolayı uçucu bileşik miktarları da değişkenlik göstermiştir. Zeytinlerdeki lekeler, heptaldehit, oktil aldehit ve nonanal miktarlarının artışına neden olmuştur. Endüstriyel işlemler sırasında zeytin ezmesine sıcak su ilavesinin, uçucu bileşiklerin buharlaşmasını veya çözünürlüğünü arttırdığı belirtilmiştir.

İki farklı İtalyan zeytin çeşidinden (Casaliva ve Leccino) elde edilen yağlarda çeşit ve yıl farkının aroma profili üzerine etkileri incelenmiştir. Çalışmada, aroma maddelerinin öncelikle yıla, daha sonra da çeşide bağlı olarak farklılık gösterdiği ve bu farklılığın iklim koşullarına bağlı olarak değiştiği vurgulanmıştır. Elde edilen bulgulara göre, Casaliva çeşidi yağında daha yüksek oranda aroma ve fenol bileşikleri tespit edilmiştir. Öte yandan, Casaliva yağlarının Leccino yağlarına göre daha yeşil ve meyvemsi özellikte olduğu vurgulanmıştır. Çeşitler arasında ayırt edici olan en önemli aroma bileşiklerinin (*E*)-2-hekzenal, (*Z*)-2-penten-1-ol ve (*E*)-2-hekzenol olduğu belirtilmiştir (Tura ve ark., 2009).

Zeytinyağlarında bölge ve çeşit farkının aroma maddeleri üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada Chemlali ve Chetoui çeşitlerinden elde edilen yağlar

kullanılmıştır. Çalışmada, Tunus'un yükseklik, iklim koşulları ve coğrafi konum açısından büyük farklılıklar olan kuzey ve güney bölgesinde yetişmiş çeşitler seçilerek elde edilen zeytinyağlarının aroma profilleri incelenmiştir. Araştırmacılar farklı bölgelerde yetişen çeşitlerin yağları arasında önemli farklılıklar belirlemişlerdir. Güney bölgesinde yetişmiş çeşitlerde (*E*)-2-hekzenal ve hekzanol bileşikleri daha yüksek belirlenirken, kuzey bölgesinde yetişmiş çeşitlerin yağlarında ise (*Z*)-3-hekzenil asetat ve hekzil asetat bileşikleri daha yüksek tespit edilmiştir. (Issaoui ve ark., 2010).

Cecchi ve Alfei (2013) İtalya'nın 11 farklı zeytin çeşidinden elde edilen zeytinyağlarında tepe boşluğu katı faz mikro ekstraksiyon (HS-SPME) yöntemiyle aroma maddelerini ekstrakte etmişler ve GC-MS ile bu bileşikleri tanımlamışlardır. Çalışmada 48 adet aroma maddesi belirlenmiş, bunlardan bazılarının ilk defa zeytinyağında bulunduğu vurgulanmıştır. Yağlarda aroma maddelerinin alkoller, esterler, aldehitler, ketonlar ve hidrokarbonlardan oluştuğu bildirilmiştir. Ana uçucu bileşiklerin ise çoklu doymamış yağ asitlerinden LOX yolu ile oluşan C_6 bileşikler olduğu belirtilmiştir.

Zeytinyağlarında aroma maddeleri miktarlarının çeşide bağlı olarak farklılık göstermesinin, yağ ekstraksiyon işlemi sırasında çoklu doymamış yağ asitleri hidroperoksitlerinin parçalanmasını katalizleyen hidroperoksit liyaz (HPL) enziminin aktivitesine bağlı olduğu saptanmıştır. Ancak bu farklılığın HPL enziminin etkisinden daha ziyade zeytinde üretilen hidroperoksitlerin miktarındaki farklılıkla ilgili olduğu ifade edilmiştir (Sanchez-Ortiz ve ark., 2013).

Tura ve ark. (2013) İtalya'nın üç farklı bölgesinden (Abruzzo, Lombardy ve Tuscany), üç farklı zeytinden (Casaliva, Frantoio ve Leccino) ve üç farklı olgunluk durumunda (yeşil, renk dönüşüm ve olgunluk aşamaları) hasat edilen zeytinlerden elde edilen yağların uçucu bileşenlerini araştırdıkları çalışmada, ekstra sızma zeytinyağlarının tipik aromasının oluşumunda bölgenin, çeşidin ve zeytinlerin olgunluk durumunun etkili faktörler olduklarını bildirmişlerdir. Çalışma 2 yıl üzerinden gerçekleştirilmiş ve Casaliva ve Frantoio zeytinyağlarının benzer aromatik ve duyusal özelliklere sahip olduğu ve Leccino'a göre farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir. Öte yandan araştırmacılar, zeytinlerde yeşil dönemin aroma maddeleri

analizleriyle, fakat olgun aşamanın ise duyusal analizlerle daha hassas belirlendiğini ve mevsimsel farklılıkların yağların bileşiminde önemli değişiklikler oluşturduğunu saptamışlardır.

Kesen ve ark. (2014) Adana ilinde yetiştirilmiş Gemlik ve Barnea zeytin çeşidinden elde edilen zeytinyağlarının aroma maddelerini incelemişlerdir. Çalışmada, Gemlik çeşidi yağının aromatik olarak Barnea'ya göre daha zengin olduğu belirlenmiştir. Araştırmacılar, Gemlik çeşidi yağında 51 adet ve Barnea çeşidi yağında ise 46 adet bileşik saptamışlar ve bu bileşiklerin miktarı Gemlik çeşidinde 24640 µg/kg ve Barnea çeşidinde ise 21365 µg/kg olarak bulunmuştur.

2.3. Zeytinyağlarında Aroma-Aktif Bileşikler

Zeytinyağlarında bulunan aroma maddelerinden bazıları yağın karakteristik kokusundan sorumlu bileşiklerdir. Bu bileşiklere aroma-aktif bileşikler denir ve gaz kromatografi-olfaktometri (GC-O) cihazıyla tespit edilirler. GC-O tekniği ilk kez Fuller ve ark. (1964) tarafından geliştirilmiş, daha sonra da Leland ve ark. (1971) tarafından GC'den çıkan aroma maddelerinin nemli hava ile karıştırılıp koklanmasıyla daha kullanışlı bir hale getirilmiştir. GC-O, enstrümental ve duyusal analiz yöntemlerinin birlikte kullanıldığı hassas bir tekniktir. Gıda maddeleri birçok aroma maddesini içermektedir ve her bir aroma bileşiğinin gıdaların aroma profiline etkisi farklı olmaktadır. Gıdaların aromasını oluşturan ve düşük konsantrasyonlarda bile koku verebilen bu bileşiklere aroma-aktif bileşikler denir. Gıdalarda aroma-aktif bileşiklerin belirlenmesinde kullanılan en yaygın metot GC-O tekniğidir. Bu metotta insan burnu bir dedektör olarak kullanılmaktadır (Fuller ve ark., 1964). Bir aroma bileşiğinin duyusal olarak algılanabildiği en düşük konsantrasyona o bileşiğin ''aroma belirleme eşik değeri'' denilmektedir ve aroma maddelerinin karakterize edilmesinde önemli bir kriterdir. GC-O tekniği temel olarak 4 farklı yöntemle gerçekleştirilir. Bunlar;

1. Dilüsyon analizi (Dilution analysis)
2. Belirleme sıklığı (Detection frequency)

3. Zaman-Yoğunluk (Time-Intensity)
4. Koklama sonrası yoğunluk belirleme (Posterior Intensity)

Bu yöntemler içerisinde algılama konsantrasyonu yöntemlerinden biri olan aroma ekstrakt seyreltme tekniği (dilüsyon analizi) olfaktometrik analizlerde en sık kullanılan yöntemdir. Uygulanması basit olan bu yöntemin en büyük avantajı olfaktometrik analizlere katılan panelist sayısının diğer yöntemlere göre düşük olmasıdır (Ferreira ve ark., 2002). Bu yöntem iki şekilde yapılabilir. Birincisi Ullrich ve Grosch (1987) tarafından geliştirilen aroma ekstrakt dilüsyon analizi (AEDA), diğeri ise Acree ve ark. (1984) tarafından geliştirilen Charm Analizi'dir. AEDA metodunda aroma ekstraktı her defasında 1:1 oranında seyreltilir ve hazırlanan aroma ekstrakt dilüsyonları GC-O'de iki deneyimli panelist tarafından koklanır. Aroma maddesinin algılanmadığı dilüsyon oranı kaydedilir ve bu oran o aroma için dilüsyon faktörü (FD faktör) olarak kabul edilir. Analizler sonucunda en yüksek FD faktörüne sahip aroma maddesi aroma profiline en fazla katkısı olan ve yoğunluğu en yüksek olan aroma-aktif bileşik olarak ifade edilir. Charm analizinde ise aroma ekstraktının dilüsyonları GC-O'ye rastgele verilmekte ve koklamalar yapılmaktadır. Panelistler her bir aroma maddesinin ilk algılanma ve kaybolma zamanları ile yoğunluklarını Charmware bilgisayar programını kullanarak kaydederler. Bir aroma maddesinin Charm değeri onun ekstraktaki aroma şiddeti ile orantılı olmakta ve aroma potansiyelini göstermektedir.

Belirleme sıklığı tekniği, fazla sayıda paneliste gereksinim duyulan bir olfaktometri yöntemidir. Bu metotta gıda maddesinin orijinal aroma ekstraktı fazla deneyimli olmayan 6-12 panelist tarafından aynı anda koklanır. Ektraktın GC'de koklanma süresince, aynı alıkonma zamanında aynı aroma maddesini belirleyen panelistin oranı belirleme sıklığı olarak ifade edilir.

Zaman yoğunluk metodunda (OSME), dilüsyon yapılmadan ekstrakt doğrudan koklanır. Koklama esnasında, panelistler özel olarak hazırlanmış elektronik skalaya ekstraktta algıladıkları aroma bileşenlerinin yoğunluklarını, geliş sürelerini ve koku tanımlamalarını yaparlar. Skala, 15 puanlı bir skala olup 0=yok, 7=orta ve 15=çok olarak ifade edilir.

Koklama sonrası yoğunluk belirleme testinde ise panelistler koklama işlemi sırasında ekstrakttaki aroma-aktif bileşiğin yoğunluğunu algıladığı en yüksek konsantrasyonu bir skalaya kaydederler. Burada aroma-aktif bileşiğin koklama esnasında yoğunluğunda meydana gelen değişimden daha çok koklama sonrası algılanan en yüksek yoğunluk dikkate alınmaktadır (Blank, 1997; Van Ruth, 2001; Güneşer ve Yüceer, 2010; Vene ve ark., 2013).

Zeytinyağlarında son yıllarda GC-O yardımıyla aroma-aktif bileşiklerin belirlenmesi üzerine çalışmalar yapılmaktadır. Uçucu bileşiklerin ve aroma-aktif bileşiklerin zeytinyağı kalitesi üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, zeytinyağının tipik aromasından sorumlu ve kötü koku veren aroma bileşikleri saptanmıştır. Çalışmada, C_5 ve C_6 bileşiklerin zeytinyağında pozitif aromadan sorumlu olduğu, C_7-C_{11} tekli doymamış aldehitler, C_6-C_9 dienaller, C_5 dallanmış aldehitler ve bazı C_8 ketonların zeytinyağı aromasını olumsuz etkilediği ve bu bileşiklerin zeytinyağına okside, sirkemsi, küflü ve bozulmuş kokular verdikleri belirtilmiştir (Angerosa, 2002).

Kalua ve ark. (2007) yaptıkları bir araştırmada, zeytinyağının karakteristik aromasını veren aroma-aktif bileşikleri tanımlamışlardır. Araştırmacılar, bu bileşiklerin oluşum nedenlerini ve mekanizmasını açıklamışlardır. 1-Penten-3-on miktarı acılık ve burukluktan sorumlu bileşik olarak tanımlanırken, (*Z*)-3-hekzen-1-ol ve hekzanal miktarları acılıkla, (*E*)-2-hekzenal ve hekzanal'ın ise buruklukla ters orantılı olarak değiştiği belirtilmiştir. Bu çalışmada, zeytinyağında meyvemsi, acı ve buruk tat pozitif özellik olarak değerlendirilirken, kokmuş, küflü-nemli, çamurlu, sirkemsi ve metalik özellikler koku kusurları olarak değerlendirilmiştir. 2-Heptanon ve 2-nonanon küflü aromadan, asetik asit, etil asetat ve etanol sirkemsi aromadan sorumlu bileşikler olarak tanımlanmıştır.

GC-O yardımıyla Fas'a ait sofralık siyah ve yeşil zeytinlerin aroma-aktif bileşikleri araştırılmıştır. Aroma maddeleri Lickens-Nickerson buharlı damıtma sistemiyle izole edilmiş ve aroma-aktif bileşikler AEDA yöntemiyle saptanmıştır. (*Z*)-3-Hekzenal, (*E*,*E*)-2,4-dekadienal, (*E*,*Z*)-2,4-dekadienal, gayakol ve metional'ın her iki zeytin örneğinde de belirlenen aroma-aktif bileşikler olduğu bildirilmiştir. Bu bileşikler içerisinde metional'ın siyah zeytin aromasına daha güçlü katkıda

bulunduğu belirtilmiştir. Öte yandan, siyah zeytinlerin yeşil zeytinlere göre daha düşük terpen bileşiklerine sahip olduğu saptanmıştır (Collin ve ark., 2008).

Tura ve ark. (2009) İtalya' da göl kenarında bulunan 16 zeytin bahçesinden 3 farklı yılda toplanan Casaliva ve Leccino çeşitlerinden elde edilen zeytinyağları üzerine yaptıkları bir çalışmada, örneklerde duyusal değerlendirme yapılmış ve uçucu bileşikler belirlenmiştir. Elde edilen bulgulara göre, her çeşidi karakterize eden aroma-aktif bileşikler saptanmıştır. LOX seyri ile oluşan ve hoş aromadan sorumlu aldehitlerin, fenollerin ve bu bileşiklerin vermiş olduğu yeşilimsi-meyvemsi özelliklerin Casaliva çeşidinde daha yüksek olduğu belirtilmiştir.

Farklı ülkelerin zeytin çeşitlerinden elde edilen 95 zeytinyağı örneğinde tepe boşluğu katı faz mikro ekstraksiyon ve dinamik tepe boşluğu metodlarıyla GC-MS kullanarak aroma ve aroma-aktif bileşikler belirlenmiştir. Çalışma sonunda farklı kalitedeki zeytinyağlarının aroma profillerinin de çok farklı olduğu bildirilmiştir. Yeşil kokulardan sorumlu (*Z*)-3-hekzenal, (*E*)-2-hekzenal, (*Z*)-3-hekzenil asetat ve (*Z*)-3-hekzenol gibi bileşiklerin baskın olarak hissedildiği zeytinyağı örneklerinin ekstra sızma zeytinyağı grubunda olduğu belirtilmiştir (Dierkes ve ark., 2012).

Kesen ve ark. (2013a) 2010 yılında Türkiye'nin Ayvalık, Gemlik ve Memecik çeşitleri yağlarında aroma ve aroma-aktif bileşikleri belirlemişlerdir. Aroma bileşikleri içerisinde aldehit ve alkollerin en baskın bileşikler olduğu bildirilmiştir. GC-MS-O kullanarak AEDA yöntemiyle belirlenen aroma-aktif bileşiklerin ise Ayvalık, Gemlik ve Memecik çeşitleri için sırasıyla 28, 24 ve 32 adet olduğu belirtilmiştir. Aroma-aktif bileşiklerin KS (FD) değerlerinin 16-1024 arasında değiştiği ve Ayvalık çeşidinde gayakol'ün, Gemlik çeşidinde 1-penten-3-ol'ün ve Memecik çeşidinde hekzanal, oktanal ve (*Z*)-3-hekzenil asetat'ın en güçlü KS değerine sahip aroma-aktif bileşikler olduğu ifade edilmiştir.

Portekiz'in Galega Vulgar ve Cobrançosa çeşitlerinden elde edilen zeytinyağlarında tepe boşluğu katı faz mikro ekstraksiyon yöntemiyle aroma maddeleri ektrakte edilerek, gaz kromatografi kütle spektrometresinde aroma maddeleri tanımlanmış ve gaz kromatografi/olfaktometri ile aroma-aktif bileşikler tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda 22 adet aroma maddesi, 15 adet aroma-aktif bileşik belirlenmiştir. Tanımlanan aroma-aktif bileşiklerden hekzanal'ın kesilmiş

çimen, (*E*)-2-hekzenal'ın yeşilimsi, (*Z*)-3-hekzenol'ün çiçeksi ve (*Z*)-3-hekzil asetat'ın ise muz kokusu verdiği ifade edilmiştir (Peres ve ark., 2013).

2.4. Zeytinyağlarında Yağ Asitleri

Zeytinyağının yapısını oluşturan temel bileşenlerden birisi de yağ asitleridir. Zeytinyağındaki trigliseritlerin oluşumunda bulunan yağ asitleri, zeytin ağacının bulunduğu bölgenin iklimsel ve tarımsal koşullarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Zeytinyağının yapısında doymuş yağ asitleri, tekli doymamış yağ asitleri (MUFA) ve çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) bulunmaktadır. Zeytinyağında bulunan yağ asitlerinin oranları yağın beslenme değerini ve özelliğini etkileyen en önemli faktördür. Zeytinyağındaki temel yağ asitleri oleik ve linoleik olup az miktarda da linolenik asit bulunmaktadır. Oleik asit, tekli doymamış yağ asididir ve zeytinyağındaki oranı zeytinin türüne, yetiştiği eko sistemine ve mevsime göre farklılıklar gösterir (%55-85). Linoleik asit ise çoklu doymamış yağ asidi olup, zeytinyağının %9'unu oluşturur (Göğüş ve ark., 2009).

Morello ve ark. (2004) farklı hasat zamanlarında (Kasım ayının ilk haftası ve Ocak ayının ikinci haftası) toplanan Arbequina çeşidinden elde edilen yağlarda depolama süresine bağlı olarak yağ asitlerindeki değişimleri incelemişlerdir. Çalışmada 12 ay depolama sonrasında yağ asidi kompozisyonunda çoklu doymamış yağ asitlerinin (linoleik ve linolenik asit) degradasyonu sonucunda her iki hasat periyodunda da oleik asit yüzdesinin arttığı belirtilmiştir.

Ceci ve ark. (2007) 2004 ve 2005 hasat yıllarında Arjantin'in farklı bölgelerinde yetişmiş zeytin çeşitlerinden elde ettikleri yağlarda yıl ve bölge farkının yağ asitleri kompozisyonu üzerindeki etkilerini inceledikleri bir çalışmada, yağ asitlerinin hasat yılına ve bölgeye göre değişkenlik gösterdiği belirtilmiştir. Tüm çeşitlerde baskın yağ asidinin oleik asit olduğu ve oranının her iki yıl ve tüm çeşitler boyunca %46.8-75.8 arasında değiştiği bildirilmiştir.

Beş farklı zeytin çeşidinden (Picual, Cornicabra, Manzanilla, Arbequina ve Local) elde edilen yağlarda yağ asidi kompozisyonu araştırılmıştır. Elde edilen verilere göre, en baskın yağ asidinin oleik asit olduğu ve bunu linoleik ve stearik

asidin izlediği, oleik asit oranının ise %70.6-80.7 arasında değiştiği bildirilmiştir (Pardo ve ark., 2007).

İzmir ili natürel zeytinyağları yağ asitleri bileşimine göre kemometrik yöntemlerle (Temel bileşenler, PCA ve ayırma analizleri, DA) sınıflandırılmıştır. En iyi gruplandırma sonuçları İzmir yarımadası örneklerinde görülmüştür (Dıraman ve ark., 2008).

Gürdeniz ve ark. (2008) ülkemiz zeytinyağlarını çeşit, coğrafi bölge ve hasat yıllarını, zeytinyağlarının yağ asitleri profilleri ve mid-IR spektroskopisi yardımıyla sınıflandırmışlardır. Araştırmacılar, zeytinyağlarının yağ asidi profillerine temel bileşen analizleri (PCA) uygulamasının sınıflandırmada oldukça başarılı sonuçlar verdiğini bildirmişlerdir. Benzer şekilde aynı araştırmacılar, mid-IR spektroskopisi ve kemometrik analizler yardımıyla tek çeşitten elde edilen yağların iki farklı çeşitten elde edilen yağlardan ayırt edilebileceğini bildirmişlerdir.

İzmir ilinde iki hasat yılında (2001/2002 ve 2002/2003) iki farklı ekstraksiyon sistemi (klasik ve modern kontinü sistem) kullanılarak üretilen toplam 103 adet natürel zeytinyağlarının yağ asitleri bileşenleri kapiler kolon gaz kromatografisi yöntemi ile incelenmiştir. Elde edilen bulgulara göre oleik, linoleik, margarik ve margoleik asit değerleri gruplar arasında istatistiksel olarak farklı (p>0.05) bulunmuştur. Oleik ve linoleik asit oranları sırasıyla %67.68-74.16 ve %8.72-13.89 arasında değerler almıştır (Dıraman ve ark., 2009)

İki farklı Yunan zeytin çeşidi (Throumbolia ve Koroneiki) üzerinde hasat zamanına bağlı olarak yağ asitlerindeki değişim incelenmiştir. Çalışmada, baskın olan yağ asidinin oleik asit olduğu ve bu asitin Throumbolia çeşidinde %61.07-62.92, Koroneiki çeşidinde ise %74.97-76.33 arasında değiştiği bildirilmiştir. Her iki çeşitte de en yüksek miktar 3. olgunlaşma evresinde (siyah kabuk rengi) tespit edilmiştir (Vekiari ve ark., 2010).

İlyasoğlu ve Özçelik (2011a) iki farklı hasat yılında (2006/2007 - 2007/2008) Ayvalık ve Memecik çeşitlerinden elde edilen zeytinyağlarında en baskın yağ asitinin oleik asit olduğunu ve oranlarının Ayvalık çeşidi için 2006/2007 ve 2007/2008 hasat yıllarına göre sırasıyla %72.99 ve %71.08, Memecik çeşidinden elde edilen zeytinyağında ise %75.42 ve %75.17, olarak belirlemişlerdir.

Cezayir'de yetiştirilen Azeradj, Chemlal, Limli, Takesrit, Aghenfas ve Grosse du Hamma çeşitlerinden iki hasat yılında elde edilen zeytinyağlarının yağ asitleri incelenmiştir. Çalışmada elde edilen sonuçlara göre çeşit farkının ve hasat yılının bölge farkına kıyasla oleik asit ve linoleik asit üzerine daha etkili bir kriter olduğu, palmitik ve stearik asit üzerine ise yıl farkının daha etkili olduğu vurgulanmıştır. (Douzane ve ark., 2012).

Piravi-Vanak ve ark. (2012) 27 İran zeytinyağı örneklerinin yağ asitleri kompozisyonu üzerine iklim koşullarının etkilerini incelemişlerdir. Zeytinyağı örneklerinde baskın olan yağ asidinin oleik asit olduğu, ancak oranının daha soğuk iklim koşullarının yaşandığı İran'ın kuzeyinde yetişen zeytinlerden elde edilen yağlarda (%75.98), güney kısmında yetişen çeşitlerin yağlarından (%62.73) daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Benito ve ark. (2013) üç hasat yılı süresinde (2008-2010) zeytin olgunluğunun ve yetiştiği bölge farkının zeytinyağının yağ asitleri içeriği üzerine olan etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada 2008 yılı haricinde diğer iki yılda olgunlaşmayla oleik asit oranında değişiklik gözlenmezken, linoleik asit oranında artış olduğu bildirilmiştir.

İki hasat yılında (2005/2006 ve 2006/2007) ve üç farklı hasat zamanında (yeşil, benekli ve olgun) 88 zeytinyağının yağ asitleri kompozisyonunun incelendiği bir çalışmada, tüm çeşitlerde baskın yağ asitlerinin oleik, stearik ve linoleik asit olduğu belirtilmiştir. Oleik asit oranının en son olgunlaşma evresinde arttığı, palmitik ve linoleik asit oranlarının ise düştüğü gözlenmiştir. Çalışmada ayrıca oleik asit/linoleik asit oranı zeytinin hasat zamanına bağlı olarak yeşil, benekli ve olgun durumuna göre sırasıyla ortalama 6.03, 5.90 ve 7.54 olarak hesaplanmıştır (De Mendoza ve ark., 2013)

Keçeli (2013) üç farklı hasat zamanlarında toplanan Adana Topağı ve Gemlik çeşidinden elde edilen zeytinyağlarının yağ asitleri değişimini incelemiştir. Çalışmada her iki çeşitte de meyvenin olgunlaşmasıyla stearik, oleik ve linolenik yağ asitlerinin düştüğü, linoleik asit oranının ise arttığı gözlenmiştir.

Ektra sızma zeytinyağı ile saf zeytinyağının yağ asidi kompozisyonlarının incelendiği bir çalışmada, baskın yağ asitlerinin oleik, palmitik ve linoleik yağ

asitleri olduğu belirtilmiştir. Çalışmada, ekstra sızma zeytinyağında oleik asit miktarı saf zeytinyağına göre daha yüksek, palmitik ve linoleik yağ asitleri miktarı ise daha düşük belirlenmiştir. Miktarlarının saf ve ekstra sızma zeytinyağına göre sırasıyla oleik asidin %71.3 ve %72.6%, palmitik asidin %12.2 ve %12.1 ve linoleik asidin %10.5 ve %8.9 olduğunu belirlemişlerdir (Ören ve Özcan, 2013).

Ruiz-Dominguez ve ark. (2013) İspanya'nın Valencia bölgesinde yetiştirilen farklı zeytin çeşitlerinden elde edilen yağlarda çeşit ve yıl farkının yağ asitleri kompozisyonu üzerine etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada 2005/2006, 2006/2007, 2007/2008 ve 2008/2009 olmak üzere 4 sezon boyunca aynı çiftlikte yetiştirilen 45 farklı zeytin çeşidi kullanılmıştır. Elde edilen bulgulara göre çeşit ve yıl farkının palmitoleik ve margoleik asitleri dışında diğer tüm yağ asitleri üzerinde istatistiksel olarak etkili olduğu ($p \leq 0.05$) belirtilmiştir. En baskın yağ asitinin tüm çeşitlerde oleik asit olduğu ve oranının %56.8-84.2 arasında değiştiği tespit edilmiştir. İkinci sırada yer alan palmitik asit miktarı ise %7.37-20.38 aralığında değerler almıştır.

İki hasat yılı üzerinden Brezilya'nın güneydoğusunda yetiştirilmiş zeytinlerden elde edilen 17 zeytinyağı örneğinde yağ asitleri miktarları belirlenmiştir. Elde edilen verilere göre iki hasat yılı verilerinin istatistiksel olarak birbirinden farklı olduğu ifade edilmiş ve palmitik asit oranının %6-12, stearik asidin %1.6-2.2, oleik asidin %70-84, linoleik asidin %3.2-11.7 ve linolenik asidin ise %0.6-1.4 arasında değiştiği tespit edilmiştir (Ballus ve ark., 2014).

2.5. Zeytinyağlarında Fenol Bileşikleri ve Antioksidan Kapasite

Zeytinyağlarının bileşiminde bulunan ve kaliteyi etkileyen önemli unsurlardan birisi de fenol bileşikleridir. Fenol bileşikleri zeytinyağlarının renkleri, antioksidan potansiyeli ve duyusal özellikleri üzerinde önemli rol oynamaktadır. Fenol bileşiklerinin miktarı zeytin çeşidine, zeytinlerin olgunluk durumuna, yörenin toprak ve iklim koşullarına ve yetiştiricilik uygulamalarına göre değişmektedir (Morello ve ark., 2005; Andjelkovic ve ark., 2008; Bouaziz ve ark., 2010). Zeytinde bulunan başlıca fenol bileşenlerini oleuropin, verbaskosit, ligrosit gibi fenolik glikozitler ile flavonoidler, flavonol glikozitleri, antosiyaninler ve glikozitleri, fenolik asitleri

oluşturmaktadır (Ryan ve Robards, 1998). Zeytinyağında ise fenol bileşikleri olarak vanilik, gallik, kumarik, sirinjik, kafeik asit, tirozol, hidroksitirozol gibi basit fenolik bileşikler ile sekoiridoitler (oleuropin ve ligtrosit) ve lignanlar ((+)-1-asetoksipinoresinol ve pinoresinol) gibi kompleks fenolik yapılar bulunmaktadır. Bu bileşiklerden birçoğu zeytinyağının oksidatif bozunmaya karşı dayanıklılığını arttırmaktadır. Öte yandan, güçlü antioksidan bileşikler yönünden zengin natürel sızma zeytinyağı tüketimi değişik kanser türlerine, kalp hastalıklarına ve yaşlanmaya karşı güçlü bir savunma mekanizması göstermektedir (Göğüş ve ark., 2009)

Türkiye'de üretilen zeytinyağlarında fenol bileşiklerinin tespiti üzerine yapılan bir çalışmada, fenol asitlerinden vanilik asit, sirinjik asit ve *p*-kumarik asit belirlenmiş ve miktarlarının sırasıyla 0.33–0.83 mg/kg, 0.49–1.46 mg/kg ve 0.5–10.37 mg/kg arasında değiştiği belirtilmiştir (Nergiz ve Ünal, 1991).

Brenes ve ark. (1999) zeytinyağlarının fenol bileşikleri üzerine yaptıkları araştırmada hidroksitirozol, tirozol, vanilik asit, *p*-kumarik asit, ferulik asit, luteolin ve vanilin bileşiklerinin baskın fenol bileşikleri olduklarını bildirmişlerdir. Araştırmacılar, zeytinlerde olgunluk süresince hidroksitirozol, tirozol ve luteolin bileşikleri miktarlarının arttığını belirtmişlerdir.

Zeytinyağı ekstraksiyon koşullarının kalite üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, zeytinler mekanik ekstraksiyonla ezme, yoğurma (malaksasyon) ve santrifüjleme (fazlara ayrılması) aşamalarından geçirilmiştir. Zeytinlerin taş değirmen veya metal değirmenle ezilmesinde, taş değirmenlerin kullanımı sonucu, elde edilen yağlarda acılık ve burukluğun daha az, fenolik bileşiklerin de daha düşük yoğunlukta olduğu belirtilmiştir. Uzun süreli malaksasyonla verimin arttığı ancak fenol bileşikleri miktarının düştüğü bildirilmiştir. Zeytin ezmesinden yağın ayrılması presleme, perkolasyon veya santrifüjleme yöntemlerinden biriyle yapılabilir. Araştırmacılar, santrifüjleme yönteminde duyusal özelliklerin olumsuz etkilenme riskinin düşük olduğunu vurgulamışlardır. Özellikle yeni santrifüj dekantörlerde su eklenmediği veya çok az eklendiği için elde edilen yağın daha meyvemsi ve daha yüksek oranda fenolik bileşikleri içerdiği belirtilmiştir (Di Giovacchino ve ark., 2002).

Akdeniz diyetiyle beslenen insanlarda zeytinyağının bolca tüketilmesine bağlı olarak kalp damar rahatsızlıklarına, prostat ve kolon kanserine daha düşük oranlarda rastlandığı belirtilmiştir. Fenolik bileşikler düşük yoğunluklu lipoproteinlerin (LDL) oksidasyonunda inhibitör görevi yapmaktadır. LDL oksidasyonu sonucunda damarlarda tıkanıklığa yol açan plakalar oluşmaktadır. Hidroksitirozol'ün zeytinlerde baskın fenol bileşiği olduğu ve bu bileşiğin yüksek antioksidan kapasiteye sahip olduğu belirtilmiştir. Zeytinyağlarıyla hidroksitirozol'ün ağız yoluyla tüketiminin insan metabolizması üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, bu bileşiğin idrardan glukoronid türevleri olarak atıldığı bildirilmiştir. İdrarda yapılan diğer çalışmalarda ise homovanilik alkol ve homovanilik asit bileşikleri de belirlenmiştir (Tuck ve Hayball, 2002; Tripoli ve ark., 2005)

Çin'de yetiştirilen bir zeytin çeşidinde HPLC–DAD–ESI–MS yardımıyla yapılan fenol bileşikleri analizlerinde gallik asit, metil gallat, etil gallat, ellajik asit, brevifolin karboksilik asit, sinapik asit ve hiperin olmak üzere 7 farklı fenol bileşiği tanımlanmıştır. Bu bileşikler içerisinde gallik asit, ellajik asit ve hiperin dışında kalan fenolik bileşikler bu çeşitte ilk kez tanımlanmış ve gallik asit (166 mg/100 g FW) ve ellajik asit (87.8 mg/100 g FW)'in en çok bulunan iki fenol bileşiği olduğu bildirilmiştir (He ve Xia, 2007).

Ülkemizde yetiştirilen bazı zeytin çeşitlerinin (Adana Topağı, Adana Yerli, Derik Halhalı, Domat, Gemlik, Girit, Manzanilla ve Maraş Yerli) olgunluğa bağlı olarak fenol bileşikleri ve bunların antioksidan etkilerinin incelendiği bir çalışmada, 6 adet fenol bileşiği (oleuropin, hidroksitirozol, tirozol, verboskozid, luteolin ve rutin) belirlenmiş ve fenol bileşiklerinin olgunluğa bağlı değişimleri çeşitlere göre önemli farklılıklar göstermiştir. Zeytinlerin antioksidan potansiyelleri ise olgunlaşma başından olgunlaşma sonuna doğru önemli ölçüde azalmıştır (Canbaş ve ark., 2007).

Çanakkale'de üretilen sızma zeytinyağlarının duyusal ve fiziko-kimyasal özelliklerinin belirlenmesi üzerine yapılan bir çalışmada, 28 örnek üzerinde çalışılmıştır. Toplam fenol miktarı 34.60'tan 162.62 mg gallik asit/kg'a kadar, antioksidan kapasitesinin ise 0.25-1.66 mmol Trolox eşdeğeri/kg arasında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek fenolik bileşik içeren örneklerin antioksidan kapasitesinin de en fazla olduğu saptanmıştır (Öğütçü ve ark., 2008).

İtalya'da aynı bahçede yetiştirilmiş 18 farklı zeytin çeşidinin yıllara göre aroma maddeleri ve fenolik bileşiklerin miktarları incelenmiş ve örnekler aynı zamanda duyusal olarak ta değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda bazı zeytin çeşitleri aroma ve fenol bileşikleri açısından benzer özellikler göstermesine rağmen, bazı çeşitler ise duyusal, aromatik ve fenolik bileşikler bakımından önemli farklılıklar göstermiştir (Tura ve ark., 2008)

Boselli ve ark. (2009) zeytinyağının 27 ^{o}C'nin altında soğuk presle alınması ile daha yüksek sıcaklıkta ekstrakte edilmesinin aroma ve oksidatif stabilite üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Çalışmada üç farklı malaksasyon sıcaklığı (25, 35 ve 45 ^{o}C) uygulanmış ve zeytinyağları elde edilerek karanlıkta ve oda sıcaklığında 12 ay depolamaya bırakılmıştır. Malaksasyon sıcaklığının 45°C uygulanarak elde edilen yağların kötü kokuya (ısınmış ve yanmış) sahip olduğu belirtilmiştir. Öte yandan, 9 ay depolama sonrasında yağlarda tirozol ve hidroksitirozol türevlerinin oksidasyon ürünleri olarak oluştuğu belirlenmiştir. Zeytinyağı aroması ve oksidatif stabilitesi açısından ise 25 ^{o}C ile 35 ^{o}C arasında bir fark bulunmadığı ifade edilmiştir.

Türkiye Doğu Akdeniz Bölgesi'nde yetiştirilen, Kilis yağlık, Halhalı, Karamani, Haşebi ve Nizip yağlık çeşitlerinden elde edilen yağların oksidasyon stabilitesi araştırılmıştır. Çalışmada zeytinyağı örneklerinde toplam polifenol, *o*-difenol, oksidasyon dayanıklılığı ve antiradikal aktivite ölçülmüştür. En yüksek indüksiyon periyodu ve antiradikal aktivite Halhalı çeşidinde görülürken, en düşük değerler Kilis yağlık çeşidinde saptanmıştır (Kıralan ve ark., 2009).

Yorulmaz (2009) 2006-2007 ve 2007-2008 hasat dönemlerinde Memecik, Uslu, Gemlik, Edremit, Çelebi, Gülümbe, Domat, Antalya Yağlık, Girit, Mersin Yaglık, Saurani, Halhalı, Sarı Hasebi, Kalamata, Nizip Yaglık ve Kilis Yaglık zeytin örneklerinde fenol bileşiklerini incelemiştir. Çalışmada fenolik maddeler olarak 2,4-hidroksifeniletanol (tirozol), sirinjik asit, *p*-kumarik asit, luteolin-7-glukozit, trans sinamik asit, luteolin ve apigenin belirlenmiştir. Zeytinyağlarındaki temel fenolik maddenin luteolin olduğu ve 06/07 hasat döneminde 5.28-940.02 ppm, 07/08 hasat döneminde ise 0.37-674.58 ppm düzeyinde olduğu belirtilmiştir.

Kuzey ve Güney Tunus'ta yetiştirilen iki farklı zeytin çeşidinin oksidatif dayanıklılığı, aroma ve duyusal profil analizinin yapıldığı bir çalışmada, bölge

farklılığı, iklim koşulları ve yüksekliğin bu özellikler üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Daha yüksek bölgede yetişen çeşitte, fenol bileşikleri daha yüksek bulunmuş, oksidasyon dayanıklılığının da daha iyi olduğu sonucuna varılmıştır. İklim koşullarının da aroma profilini önemli derecede değiştirdiği tespit edilmiştir (Issaoui ve ark., 2010).

Zeytinyağlarının sahip olduğu fenolik bileşikler zeytinlerin yetiştiği bölgeye göre değişkenlik göstermektedir. Çevresel faktörler fenolik fraksiyonların hem sayısına hem de miktarına etkide bulunmakta ve bu bileşikler yağların elde edildiği bölgenin belirlenmesinde coğrafi işaret olarak kullanılabilmektedirler (Ouni ve ark., 2011).

Kelebek ve ark. (2012) Hatay'da yetiştirilen Gemlik çeşidinden elde edilen zeytinyağlarının fenol bileşikleri içerikleri ve antioksidan kapasiteleri incelenmiştir. Fenol bileşiklerinin analizleri zıt fazlı, diyot array detektörlü HPLC cihazıyla ve tanımlamaları ise sıvı kromatografisi-kütle spektrometrisi (LC-MS) ile gerçekleştirilmiştir. Araştırmada, tirozol'ün (9.85 mg/kg) zeytinyağında en baskın fenol bileşiği olduğu ve bunu sırasıyla apigenin (5.40 mg/kg) ve hidroksitirozol'ün (3.21 mg/kg) izlediği saptanmıştır. Öte yandan DPPH ve ABTS yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilen antioksidan kapasite analizleri ile fenol bileşikleri arasında yüksek korelasyon saptanmıştır.

Garcia ve ark. (2012) 4 farklı zeytin çeşidinin (Cordovil, Carrasquinha, Verdeal, Negrinha do Freixo) dört farklı olgunluk derecesine göre zeytinyağlarında yağ asitleri, fenol bileşikleri ve aroma maddelerini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda olgunluk indeksi 4 civarında olan örneklerde minör bileşenler daha zengin bulunurken, çeşitler arasında ise Verdeal'ın yağ verimi, oleik asit ve polifenol miktarları bakımından en iyi kompozisyona sahip çeşit olduğu belirtilmiştir.

Üç farklı bölgeden (Antalya, Karaman, Mersin) alınan Sarıulak çeşidinden elde edilen zeytinyağlarında fenol bileşikleri belirlenmiştir. Çalışmada tirozol (3,4-DHPEA) ve hidroksitirozol (*p*-HPEA) gibi basit fenoller, onların asetatları (3,4-DHPEA-AC ve *p*-HPEA-AC), tirozol ve hidroksitirozole bağlı elenolik asitin dialdehidik formu olarak sekoiridoit türevleri (3,4-DHPEA-EDA, *p*-HPEA-EDA), oleuropin ve ligstrosit aglikonların izomerleri (3,4-DHPEA-EA and *p*-HPEA-EA) ve

(+)-1-asetoksipinorezinol, (+)-1-pinorezinol and hidroksi-pinorezinol gibi lignanlar tespit edilmiştir. Çalışmadan elde edilen bulgular ışığında bölge farkının fenol bileşikleri üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu belirtilmiştir (Arslan ve ark., 2013).

İtalya'nın dört farklı bölgesinde yetiştirilen Coratina, Nocellara, Ogliarola ve Peranzana çeşitlerinden üç fazlı santrifüj sistemiyle elde edilen zeytinyağlarında fenol bileşikleri ve antioksidan aktiviteleri incelenmiştir. Çalışmada aynı bölgede yetişen farklı çeşitler ile farklı bölgelerde yetişen aynı çeşitlerin yağlarındaki fenol bileşikleri ile antioksidan aktiviteleri arasında farklılıklar olduğu bildirilmiştir. Fenol bileşikleri arasında 3,4-DHPEA-EDA ile *p*-HPEA-EDA'nın en yüksek oranda bulunduğu belirlenmiştir. Aynı bölgede yetişen Coratina, Nocellara ve Perenzana çeşitlerinde 3,4-DHPEA-EDA miktarı sırasıyla 20.1, 20.8 ve 18.1, *p*-HPEA-EDA miktarı ise 16.8, 14.2 ve 15 mg gallik asit/kg yağ olarak belirlenmiştir. Üç farklı bölgeden alınan Peranzana çeşitlerinde ise 3,4-DHPEA-EDA miktarının 16.5, 14.7 ve 18.1, *p*-HPEA-EDA miktarının ise 12.6, 12.1 ve 15 mg gallik asit/kg yağ olduğu ifade edilmiştir. Antioksidan aktivite değerleri ABTS ve DPPH yöntemleriyle ölçülmüştür. Aynı bölgede yetişen Coratina, Nocellara ve Perenzana çeşitlerinde belirlenen antioksidan aktivite değerleri ABTS yöntemi için sırasıyla 31958, 20282.9 ve 40361.9, DPPH yönteminde ise 35.9, 11.3 ve 36.1 mg Troloks/kg yağ olarak bulumuştur. Farklı bölgede yetişen Peranzana çeşitlerinde de antioksidan aktivite değerleri ABTS yönteminde 19805.1, 30189.2 ve 40361.9, DPPH yönteminde 30.9, 46.7 ve 36.1 mg Troloks/kg yağ olarak belirlenmiştir (Baiano ve ark., 2013).

Bakhouche ve ark. (2013) İspanya'nın Güney Katalonya bölgesinde Arbequina çeşidine ait ve farklı lokasyonlardan elde edilen 32 adet ekstra-natürel sızma zeytinyağlarının fenolik bileşenlerini HPLC–ESI-TOF/MS yardımıyla analiz etmişlerdir. Örneklerde toplamda 18 farklı fenolik bileşik belirlenmiştir. Araştırmacılar, Arbequina çeşidinde fenolik bileşenlerin zeytinyağının elde edildiği coğrafi bölgeye göre önemli değişiklikler gösterdiğini belirlemişlerdir.

Tunus'un farklı bölgelerinde yetiştirilen Arbequina ve Chemlali Sfax. çeşitlerinden elde edilen yağlarda fenol bileşikleri incelenmiştir. Araştırmacılar, bölge ve çeşit farkının fenol bileşikleri üzerinde etkili olduğunu ve fenol bileşikleri

miktarının Chemlali Sfax. çeşidi yağında 158.28 mg/kg, Arbequina çeşidi yağında ise 110.27 mg/kg olduğunu belirlemişlerdir (Chtourou ve ark., 2013).

Dağdelen ve ark. (2013) ülkemizin önemli zeytinlerinin (Ayvalık, Domat ve Gemlik) ve bu çeşitlerden elde edilen zeytinyağlarının fenol bileşikleri içeriklerini HPLC yardımıyla araştırmışlardır. Gallik asit ve *p*-kumarik asit'in Ayvalık ve Domat zeytinlerinde olgunluğun her döneminde belirlenen ortak fenol bileşikleri olduğu bildirilmiştir. Gemlik zeytinlerinde bu iki fenol bileşiğine ilaveten sinapik asit ve apigenin belirlenmiştir. Zeytinyağlarında tirozol miktarının 0.18-1.57 mg/kg, luteolin miktarının ise 0.12-2.28 mg/kg arasında değiştiği saptanmıştır.

Malaksasyon sıcaklığının İtalyan zeytinyağlarının fenol bileşikleri üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada, yüksek sıcaklığa maruz kalan yağlarda enzim aktivitesinden dolayı fenol bileşikleri miktarının arttığı bildirilmiştir. Araştırmacılar, peroksidaz enziminin 37 ºC'de maksimum aktivite gösterdiğini ve polifenol oksidaz enziminin ise 50 ºC'de optimum aktivite ve 40 ºC'de ise stabilitesinin oldukça düştüğünü saptamışlardır (Taticchi ve ark. 2013).

Yunanistan'ın Koroneiki çeşidinden iki ve üç fazlı dekantör kullanarak elde edilen zeytinyağlarının, fenol bileşikleri ve antioksidan aktiviteleri kıyaslanmıştır. Çalışmada baskın fenol bileşiğinin hidroksitirozol olduğu ve miktarının iki fazlı dekantör yağında 6990.2 μg/100 g yağ, üç fazlı dekantör yağında ise 2018.6 μg/100 g yağ olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, iki fazlı dekantörle elde edilen yağın antioksidan aktivite değeri de daha yüksek belirlenmiştir (Kalogeropoulos ve ark., 2014).

Mancebo-Campos ve ark. (2014) ılıman sıcaklıklarda (25 ve 40°C) zeytinyağının minör bileşenleri ile rancimat ve DPPH yöntemiyle antioksidan kapasitelerini incelemişlerdir. Elde edilen bulgular sonucunda, yüksek *o*-difenol (hidroksitirozol veya oleuropin aglikon) konsantrasyonunun oksidasyon oranını düşürdüğü ve yüksek antioksidan etkiye neden olduğu vurgulanmıştır.

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

3.1.1. Zeytinlerin Toplanması

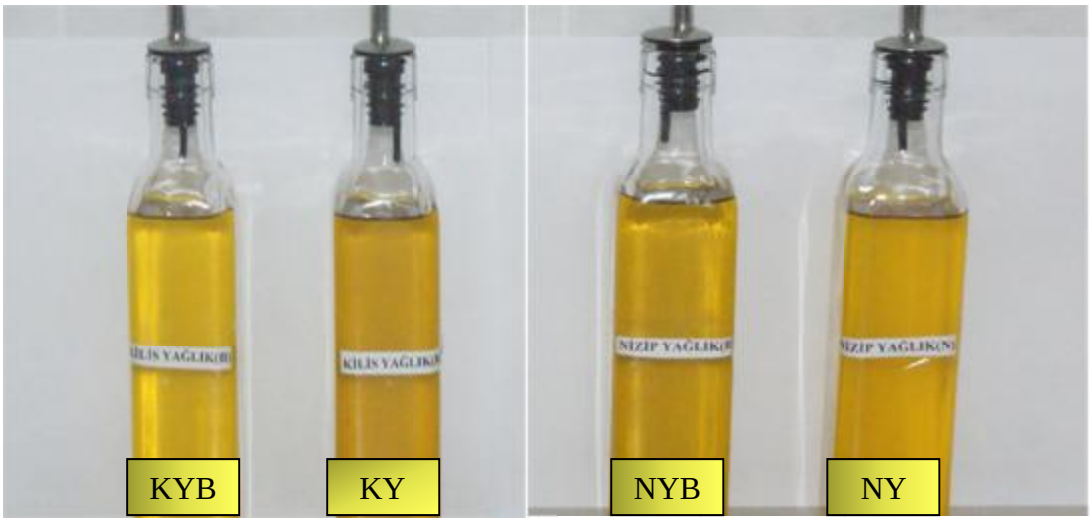
Bu araştırma kapsamında 2010 ve 2011 yıllarında Güneydoğu Anadolu Bölgemizin Nizip ilçesinin ($37^{o}01'02''$ K, $37^{o}46'02''$ D; yükseklik:510 m; yıllık yağış miktarı: 480 mm-2010 yılı ve 650 mm-2011 yılı) Nizip yağlık ve Kilis ilinin ($36^{o}48'03''$ K, $37^{o}07'26''$ D; yükseklik:680 m; yıllık yağış miktarı: 390 mm-2010 yılı ve 460 mm-2011 yılı) Kilis yağlık zeytinlerinden ve bölge farkının etkisini belirlemek amacıyla İzmir ili Bornova ilçesindeki ($37^{o}27''$ K, $27^{o}13'$ D; yükseklik:50 m; yıllık yağış miktarı: 1000 mm-2010 yılı ve 550 mm-2011 yılı) Zeytincilik Araştırma İstasyonu'ndan sağlanan aynı çeşit zeytinlerden iki fazlı santrifüj yöntemiyle elde edilen zeytinyağları kullanılmıştır (Şekil 3.1).

Bunlardan;

Kilis Yağlık, Kilis ilinde yaygın olarak yetiştirilen bir çeşittir. Çeşidin en önemli sorunu irili ufaklı meyve oluşumudur. Genellikle meyveler çok küçük boyutludur. Meyve büyüklüğüne oranla iri çekirdekli bir çeşittir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin önemli bir çeşididir. Özellikle Gaziantep ve çevresinde yetiştirilmekte olup ilin mevcut ağaç varlığının yaklaşık %60'ını oluşturur. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin toplam ağaç sayısının %52'sini, Türkiye genelindeki ağaç varlığının ise %2.8'ini oluşturur. Meyveleri yüksek oranda yağ içeren bu çeşit yağlık olarak değerlendirilir.

Nizip Yağlık, Gaziantep ilinin Nizip ilçesinde yaygın olarak yetiştirilir. Meyveler küçük ve orta boyutludur. Meyveleri gibi çekirdekleri de irili ufaklıdır. Meyve büyüklüğüne göre iri çekirdekli bir çeşittir. 1 kg da 460 adet meyve bulunur, et çekirdek oranı 8/1 kadardır. Yağ oranı ise %27.36 kadardır. Gaziantep ilinin Nizip ilçesindeki zeytinliklerin tümü bu çeşit ile tesis edilmiş olup çeşit adını ilçeden almaktadır. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ndeki ağaç varlığının %38'ini teşkil eder.

Türkiye genelindeki oranı ise %2 kadardır. Yağ bakımından oldukça zengin olan bu çeşit yağlık olarak değerlendirilir (Canözer, 1991).



Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan 4 farklı zeytinyağı örnekleri (2011 yılı örnekleri)

Çalışma kapsamında, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin önemli zeytin çeşitlerinden Kilis yağlık ve Nizip yağlık çeşitleri, 1. yıl (2010) ve 2. yıl (2011) olmak üzere olgunluk dönemleri dikkate alınarak, uygun hasat dönemlerinde toplanmıştır. Nizip yağlık Gaziantep'in Nizip ilçesinin Uluyatır kasabasından ve Kilis yağlık Kilis ilinin Beşenli köyündeki bir bahçeden alınmıştır. Benzer olgunluk ve yaştaki aynı çeşitler İzmir'de bulunan Bornova Zeytincilik Araştırma İstasyonu'ndan da temin edilmiştir. Yağ ekstraksiyonu için her bir zeytin örneğinden ortalama 50 kg kullanılmıştır. Zeytin bahçelerinin seçilmesinde zeytin ağaçlarının aynı yaşta olmasına dikkat edilmiştir. Zeytinlerin aynı olgunlukta toplanması için, olgunluk indisi renk skalası kullanılmıştır (Vossen, 2004; IOOC, 2011). Zeytin örnekleri toplandığı gün bekletilmeden Çukurova Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü'ne gönderilmiştir. Zeytinlerde fiziksel analizlerin, olgunluk indisinin, su ve yağ oranlarının belirlenmesi için yaklaşık 2 kg kadar zeytin örnekleri ayrılmış, geri kalanı ise zeytinyağı üretiminde kullanılmıştır. Zeytinyağı ekstraksiyonu için iki fazlı dekantörden (Olio Mio Mini, İtalya) yararlanılmıştır. Elde edilen yağlar, analizler yapılıncaya kadar koyu renkli cam şişelerde, serin, kuru ve karanlık bir ortamda muhafaza edilmiştir.

3.2. Metod

3.2.1. Zeytinlerin Fizikokimyasal Özellikleri

Olgunluk İndisi: Zeytinlerin olgunluk derecesinin belirlenmesi Vossen 2004 ve IOOC 2006' ya göre yapılmıştır. Bu amaçla olgunluk indisi renk skalası kullanılmıştır. Zeytinler içerisinden rastgele 100 zeytin danesi seçilmiş ve renk skalasına göre sınıflandırılmıştır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Çalışmada kullanılan 4 farklı zeytin örnekleri

Renk skalasında 0-7 arasında belirlenen renkler mevcuttur (Çizelge 3.1). Bu skalaya göre sınıflandırılan örneklerin olgunluk indeksleri aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

Olgunluk indeksi= (0xn0)+(1xn1)+(2xn2)+(3xn3)+(4xn4)+(5xn5)+(6xn6)+(7xn7) / 100

n0, n1, n2…….= belirlenen renk skalasındaki zeytin tane sayısıdır.

Çizelge 3.1. Zeytinlerin olgunluk indisi renk skalası (IOOC, 2011)

Meyve kabuğu, koyu yeşil ise	0
Meyve kabuğu, sarı, sarımsı yeşil ise	1
Meyve kabuğu, mor renge dönüşüm yarıdan az ise	2
Meyve kabuğu, mor renge dönüşüm yarıdan fazla ise	3
Meyve eti, kabuk mor, et beyaz ise	4
Meyve eti, kabuk mor, et morluğu yarıdan az ise	5
Meyve eti, kabuk mor, et morluğu yarıdan fazla ise	6
Meyve eti, kabuk ve et tamamen mor ise	7

En-boy: Zeytinlerin eni ve boyu kumpas yardımıyla mm cinsinden ölçülmüştür (Anonim, 1997).

Meyve eti/çekirdek oranı: Meyve etinin ayrılması için zeytin, paslanmaz çelik bir bıçakla yatay olarak kesilmiş, çıkarılan çekirdek tartılmıştır. Bütün zeytin ağırlığından çekirdek ağırlığı çıkarılarak meyve eti ağırlığı bulunmuştur. Meyve eti/çekirdek oranı (F/S), meyve eti ağırlığının çekirdek ağırlığına bölünmesiyle hesaplanmıştır (Nergiz ve Engez, 2000).

Yüz tane ağırlığı: Zeytin örnekleri içinden gelişi güzel seçilen 100 adet zeytinin ağırlığı olarak bulunmuştur (Anonim, 1997).

Su içeriği: Çekirdeği çıkarılıp bir havanda ezilen zeytinler darası alınmış bir petri kutusuna yaklaşık 10 g (m_1) tartılarak, 105±1 °C'deki etüvde sabit ağırlığa gelene kadar (3-4 saat) bekletilmiş ve desikatörde soğutulduktan sonra son tartım alınmıştır (m_2). Bulunan değerlerle $[(m_1-m_2)/m_1]*100$ formülüyle % su içeriği hesaplanmıştır (Anonim, 1983; Nergiz ve Engez, 2000).

Yağ Tayini: Yağlı tohumlardaki yağ miktarı, tohumlardan ekstrakte edilen yağın tüm miktarıdır ve % olarak ifade edilir. İyice yıkanıp kurutulmuş ve içerisinde 2-3 parça kaynama taşı bulunan ve soxhelet başlığının en az iki katı hacimde olan cam balonun darası ölçülmüş ve malaksasyon aşamasında alınan yağlı ezme

numunesinden yaklaşık 10-15 gram tartılıp kartuş içerisine konulmuştur. Kartuş ekstraktöre yerleştirilerek, darası alınan cam balona, soxhelet başlığının en az iki katı hacminde çözücü (n-hekzan) konulmuştur. Daha sonra balon, ekstraktör ve soğutucu birbirine bağlanmıştır. Bu işlemden sonra 3-4 saat süre ile ekstraksiyon işlemi yapılmıştır. Cam balonda toplanan misella (çözücü+yağ) distilasyonla birbirinden ayrılarak yağ oranı hesaplanmıştır (Nas ve ark., 2001).

YM= (a / b) * 100
a: cam balonda toplanan toplam yağ ağırlığı
b: örnek ağırlığı
YM: yağlı tohumdaki yağ miktarı (%)

3.2.2. Zeytinlerin Yağa İşlenmesi

Zeytinler bozuk tanelerinden ve yapraklarından ayıklanıp temizlendikten sonra, modern sistem olan iki fazlı dekantörde yağı çıkarılmıştır. Zeytin örneklerinden zeytinyağının elde edilmesinde kullanılan yağ ektraksiyon cihazı (Olio Mio Mini, İtalya) Şekil 3.3'te görülmektedir. Her bir zeytin örneği için yağ ekstraksiyon cihazının işleme kapasitesi ortalama 30-35 kg'dır. Denemelerde zeytinyağı eldesinde her bir çeşit için ortalama 50 kg zeytin kullanılmıştır. Zeytinyağı ekstraksiyonunda, zeytinler önce değirmen kısmında öğütülmüş (Şekil 3.4), sonra malaksörde (Şekil 3.5) yoğrulmuş ve son olarak dekantöre gelerek yağ ve küspeye (pirina+karasu) ayrılmıştır (Şekil 3.6). Elde edilen yağlar analizler yapılıncaya kadar kahverengi cam şişelerde serin, kuru ve karanlık bir ortamda bekletilmiştir.



Şekil 3.3. Denemelerde kullanılan iki fazlı dekantör



Şekil 3.4. Yağ ekstraksiyon cihazının değirmen kısmı



Şekil 3.5. Yağ ekstraksiyon cihazının malaksör kısmı



Şekil 3.6. Yağ ekstraksiyon cihazından elde edilen yağ

3.2.3. Zeytinyağlarında Genel ve Renk Analizleri

Zeytinyağlarında genel analizler olarak serbest yağ asitliği ve peroksit değeri belirlenmiştir. Zeytinyağlarında serbest yağ asitliği miktarı oleik asit cinsinden % olarak hesaplanmıştır (AOCS, 2009).

Zeytinyağlarında peroksit değeri, yağlarda bulunan aktif oksijen miktarının ölçüsü olup, 1 kg yağda bulunan peroksit oksijenin milieşdeğergram olarak miktarıdır. Peroksit sayısı yağlardaki oksidasyon derecesini ölçmek amacıyla AOCS (2003) yöntemine göre yapılmıştır.

Zeytinyağı örneklerinde renk ölçümleri Hunterlab ColorQuest/XE renk ölçer (USA) kullanılarak yapılmış, değerler L*, a* ve b* CIE renk sistem profili kullanılarak belirlenmiştir. Ölçümler oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Örneklerin renk analizleri (HunterLab ColorQuest/XE)

3.2.4. Zeytinyağların Yağ Asitleri Analizleri

Yağ asitleri analizi için öncelikle ekstrakte edilen yağlardan yağ asitleri metil esterleri oluşturulmuş ve daha sonra gaz kromatografisinde (GC) analiz edilmiştir. Yağ asitlerinin tanımlanmasında standart bileşikler kullanılmıştır.

Yağ asitleri metil esterlerinin oluşturulması için, 5 ml'lik cam tüp içerisine yaklaşık 0.1 g yağ örneği tartılmış, üzerine 2 ml n-hekzan eklenerek karıştırılmıştır. Daha sonra tüplere 0.2 ml 2N metanolik KOH eklenip ağzı sıkıca kapatılmış ve hızlı bir şekilde 30 saniye karıştırılmıştır. Fazların net olarak ayrılması için tüpler santrifüj edilmiş ve bir süre bekletilmiştir. Metil esterlerini içeren üst faz bir pastör pipeti

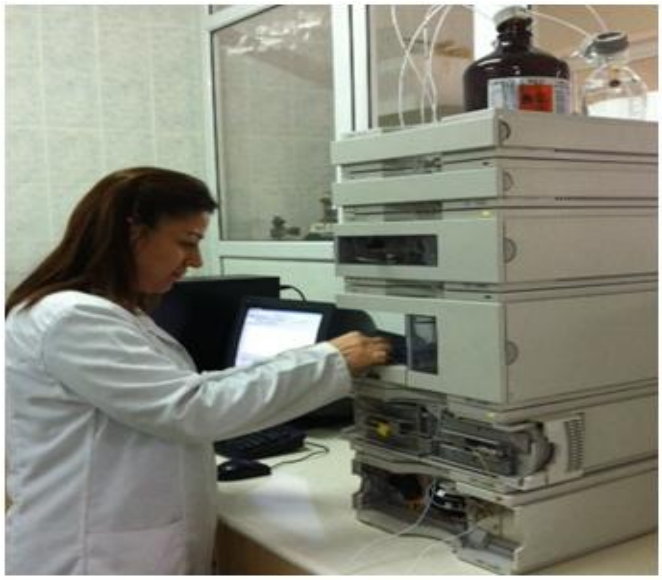
yardımıyla 1 µl alınarak gaz kromatografisine enjekte edilmiştir (IOOC, 2001). Her bir analiz 3'er tekerrürlü olarak yapılmıştır.

Yağ asidi metil esterlerinin analizi alev iyonlaşma dedektörlü (FID) "Shimadzu 14B" marka gaz kromatografisinde, DB-23 (Agilent) kapiler kolon kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kolonun uzunluğu 60 m ve iç çapı 0.25 mm'dir. Enjeksiyon portu sıcaklığı 270 ºC, dedektör sıcaklığı 280 ºC ve split oranı 1:50 dir. Kolon sıcaklığı, 130 ºC'de 1 dakika beklemeden sonra dakikada 6.5 ºC artarak 170 ºC'ye ve daha sonra dakikada 2.75 ºC artarak 215 ºC'ye çıkarılmış ve bu sıcaklıkta 12 dakika kalıp, dakikada 40 ºC artarak 230 ºC'ye çıkarılmıştır. Bu sıcaklıkta da 3 dakika kalacak şekilde programlanmıştır (Kıralan ve ark., 2009; Hashempour ve ark., 2010). Taşıyıcı gaz olarak helyum kullanılmıştır. Cihaza enjekte edilen örnek miktarı 1 µl'dir. Piklerin tanısı, standart bileşikler (miristik, palmitik, palmitoleik, margarik, margoleik, stearik, oleik, linoleik, araşidik, linolenik, gadoleik, behenik ve lignoserik yağ asiti) yardımıyla yapılmıştır. Yağ asitlerinin miktarı ise % olarak hesaplanmıştır.

3.2.5. Zeytinyağların Fenol Bileşikleri Analizleri

Zeytinlerden fenol bileşiklerinin ekstraksiyonu Uluslararası Zeytinyağı Konseyi tarafından belirtilen yönteme göre yapılmıştır (IOOC, 2009). 2 gr yağ örneği deney tüpüne konularak üzerine 1 mL iç standart (sirinjik asit) eklenmiştir. 30 saniye karıştırıldıktan sonra 5 mL metanol+su (80/20, v/v) ilave edilmiş ve 1 dak. vortekste karıştırılmıştır. Daha sonra, 15 dak. ultrasonik banyoda tutularak, 30 dak. boyunca 4000 rpm'de santrifüj edilmiştir. Üst fazın alınmasıyla elde edilen ekstraktlar 0.45 µm'lik membran filtrelerden geçirilerek HPLC'ye enjekte edilmiştir (Ouni ve ark., 2011; Alkan ve ark., 2011). Fenol bileşiklerinin analizlerinde çift pompalı, diyod array dedektörlü Agilent 1100 (Agilent Technologies, Palo Alto CA-USA) marka HPLC (Şekil 3.8) ve Beckman Ultrasphere C18 ODS (250 x 4.6 mm x 5 µ) marka kolon kullanılmıştır. Fenol bileşiklerinin tanısı, kullanılan standart maddelerin alıkonma zamanları ve spektrumlarından, literatür verilerinden ve LC-MS cihazından yararlanılarak yapılmıştır. Standart ma dde olarak tirozol, kafeik asit, vanilik asit, sinamik asit, *p*-kumarik asit ve ferulik asit (Extrasynthese, France) kullanılmıştır. Her

bir standart madde için beş farklı konsatrasyonda çözelti hazırlanmış ve HPLC'ye enjekte edilerek her bir bileşik için kalibrasyon eğrileri oluşturulmuştur. Bu eğrilerden de bileşiklerin miktarları belirlenmiştir. İkinci yıl analizlerinde tez programında olmamasına rağmen Fransa'nın Bordeaux Victor Segalen Üniversitesi Uygulamalı Kimya Laboratuvarı sorumlusu Prof. Dr. Pierre Louis Teissedre danışmanlığında zeytinyağı örneklerinin fenol bileşiklerinin MS tanımlaması yapılmıştır (Şekil 3.9). LC-MS analizleri elektrosprey kütle spektrometrisi kullanılarak pozitif ve negatif modda gerçekleştirilmiştir. LC-MS'de kapiler sıcaklık 400 °C, kapiler voltaj -3V, nebülizatör gaz akışı 1.75 L/dak., çözünme gaz akışı 1 L/dak. ve sprey voltaj 5 kV'tur.



Şekil 3.8. Fenol bileşikleri analizlerinin yapıldığı HPLC cihazı



Şekil 3.9. Fenol bileşikleri tanımlamasının yapıldığı HPLC-MS cihazı

3.2.6. Zeytinyağlarının Antioksidan Aktivite Analizleri

Zeytinyağlarının antioksidan kapasitesi DPPH ve ABTS olmak üzere iki farklı yöntemle belirlenmiştir. DPPH yönteminde serbest radikalleri önleme yeteneğini ölçebilen DPPH (2,2, difenil 1-pikri hidrazil) kullanılmıştır. Bu yöntem için 2,36 mg DPPH 100 mL metanol ile karıştırılarak, yarım saat ultrasonik banyoda tutulmuştur. Daha sonra 20 µL zeytinyağı ekstraktına 2.98 mL hazırlanan tampon karıştırılarak, 30 dakika sonra metanol içerisinde gerçekleşen reaksiyonun zamana karşı değişimi 515 nm'de UV-Vis (Schimadzu-UV1201-Kyoto-Japan) spektrofotometredeki ölçüm sonuçlarına göre yapılmıştır (Brand-Williams ve ark., 1995; Sanchez-Moreno ve ark., 1998; Kelebek ve ark., 2011; Kelebek ve ark., 2013). ABTS yöntemi Saafi ve ark. (2009)'nın metoduna göre yapılmıştır. Bu yöntem için 7 mM ABTS (2,2'-azino-bis 3-etilbenzotiazolin-6-sulfonik asit) 2.45 mM potasyumbisülfat ile karıştırılarak karanlık ortamda 12-16 saat bekletilmiş ve daha sonra bu karışım sodyum asetat (pH 4.5) tamponu ile spektrofotometrede 734 nm dalga boyunda 0.700±0.01 absorbans olacak şekilde seyreltilmiştir. Daha sonra 20 µL zeytinyağı ekstraktına 2.98 mL hazırlanan tampon karıştırılarak, 10 dakika sonra spektrofotometrede 734 nm dalga boyunda absorbans ölçülmüştür. Elde edilen absorbans değerleri Trolox (10–100 µmol/L) standart eğim çizelgesi ile hesaplanarak sonuçlar mM Trolox/kg cinsinden

ifade edilmiştir. Analizler, Shimadzu marka UV-Vis spektrofotometre (UV-Vis Shimadzu 1201, Kyoto-Japan) kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.7. Temsili (Represantative) Test ile Zeytinyağı Örneklerinin Aroma Ekstraksiyonunda Kullanılacak Çözgenin Seçimi

Araştırmada zeytinyağı örneklerinin aroma maddelerinin ekstraksiyonunda en uygun çözgenin seçimi amacıyla temsili (representative) testler kullanılmıştır. Bu amaçla zeytinyağı örneklerinin ve bunların aromatik ekstraktlarının duyusal analizleri 7 kişilik panelist grubu tarafından değerlendirilmiştir. Temsili testler olarak benzerlik ve yoğunluk testleri kullanılmıştır.

3.2.7.1. Örneklerin Hazırlanması ve Panelistlere Sunumu

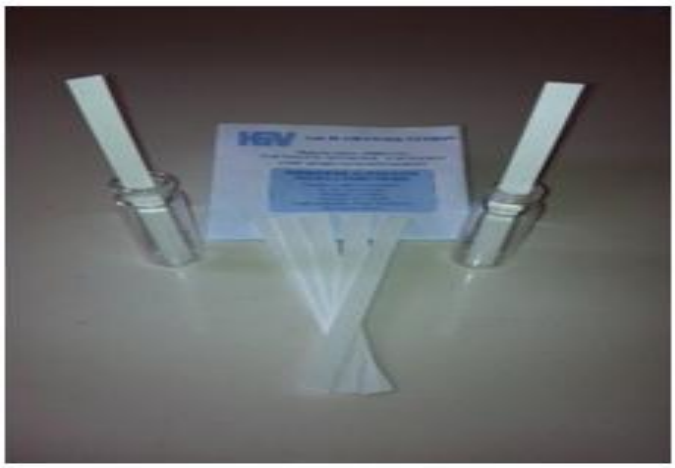
Temsili testlerde referans (kontrol) olarak zeytinyağı örneğinden 5 ml alınmış ve 25 ml'lik kahverengi kapaklı cam şişeler içerisinde özel olarak kodlandıktan sonra panelistlere sunulmuştur (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Temsili testlerde kullanılan kahverengi cam şişeler

Zeytinyağı örneklerinde aroma maddeleri ekstraksiyonunda başlangıçta iki farklı çözgen (diklorometan ve pentan/diklorometan) kullanılmıştır. Bu çözgenlerle elde edilen ekstraktlar özel kağıt koklama çubuklarına (SARL H, Granger-Veyron,

France) absorbe edilip 1 dakika bekletildikten sonra çözgenlerin uçması sağlanmıştır (Şekil 3.11). Daha sonra bu koklama çubukları da, zeytinyağı örnekleri gibi iki farklı 25 ml'lik kahverengi kapaklı cam şişeler içerisine konularak panelistlere sunulmuştur (Şekil 3.10). Daha sonra panelistlerden benzerlik testi ve aroma yoğunluk testi için zeytinyağı örneği ile iki farklı çözgenle elde edilen aromatik ekstraktların kokularının karşılaştırılması istenmiştir.



Şekil 3.11. Temsili testlerde kullanılan kağıt koklama çubukları

3.2.7.2. Benzerlik Testi

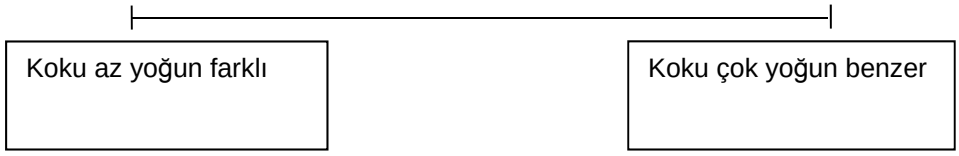
Benzerlik testinde panelistlerden zeytinyağı örnekleri ile bu örneklere ait aroma ekstraktlarına ait kokuların birbirlerine ne kadar benzer olduğunu belirlemeleri istenmiştir. Bunun için Şekil 3.12'deki "benzerlik testi" skalası kullanılmıştır. Skalanın en sağına doğru işaretleme yapılması, örnek ile ekstrakt kokusunun birbirine daha çok benzer olduğunu ifade etmektedir (Van Ruth ve ark., 1995).



Şekil 3.12. Aroma benzerlik testinde kullanılan skala

3.2.7.3. Aroma Yoğunluk Testi

Aroma yoğunluk testinde panelistlerden zeytinyağı örnekleri ile bu örneklere ait aromatik ekstrakt kokularının yoğunluklarının karşılaştırılması istenmiştir. Bunun için Şekil 3.13'teki "aroma yoğunluk" skalası kullanılmıştır. Skalanın en sağına doğru işaretleme yapılması, örnek ile ekstrakt kokusunun birbirine daha çok benzer olduğunu ifade etmektedir (Van Ruth ve ark., 1995).



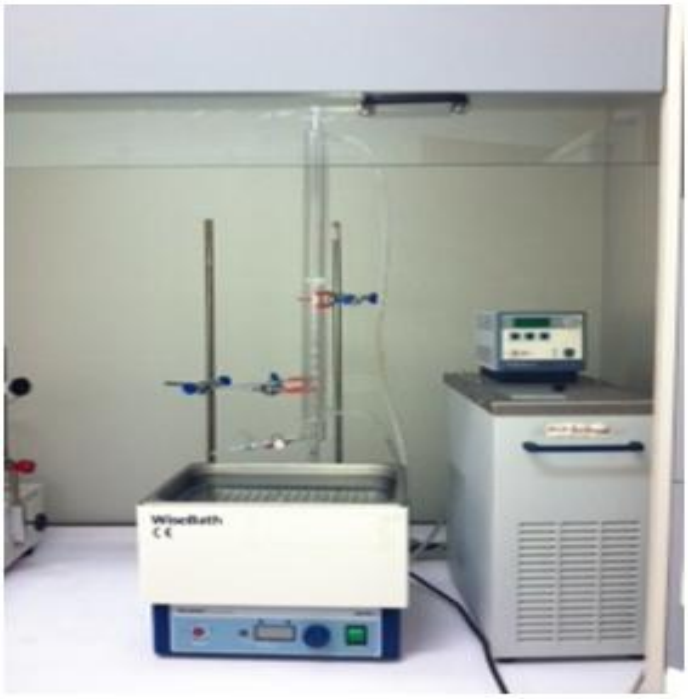
Şekil 3.13. Aroma yoğunluk testinde kullanılan skala

3.2.8. Zeytinyağı Örneklerinde Aroma Maddeleri Analizleri

Zeytinyağlarında aroma maddelerinin ekstraksiyonunda Likens-Nickerson buharlı distilasyon-ekstraksiyon tekniği kullanılmıştır (Şekil 3.14). Bu ekstraksiyon yönteminin, önceki çalışmalarda da zeytinyağlarında aroma maddelerinin ekstraksiyonunda başarılı sonuçlar verdiği bildirilmiştir (Caja ve ark., 2000; Vichi ve ark., 2007). Her bir aroma ekstraksiyonu için 40 g zeytinyağı örneği içerisine 100 ml saf su ve 25 ml % 30'luk NaCl Şekil 3.14'te görüldüğü gibi 1000 ml'lik damıtma balonu içerisine alınmıştır. Diğer 500 ml'lik damıtma balonuna ise 40 ml diklorometan ve iç standart olarak 40 μg 4-nonanol ilave edilmiştir. Her iki balon ısıtıcıya yerleştirilmiş ve daha sonra yaklaşık 3 saat süren ekstraksiyon işlemi başlatılmıştır. Bu işlem sonucu aroma maddelerini içeren çözgen fazı alınarak "Vigreux" damıtma kolonunda 37 °C'de 0.5 ml kalıncaya kadar konsantre edilmiş (Şekil 3.15) ve gaz kromatografiye enjekte edilmek üzere cam viale konularak -18 ^{o}C'de muhafaza edilmiştir. Her bir örnek için ekstraksiyon işlemi üç tekerrürlü olarak yapılmıştır.



Şekil 3.14. Likens-Nickerson aroma maddeleri ekstraksiyon düzeneği



Şekil 3.15. Vigreux aroma maddeleri konsantrasyon düzeneği

3.2.8.1. Aroma Maddelerinin Tanımlanması ve Miktarlarının Belirlenmesi

Aroma maddelerinin miktar tayininde, "Agilent 6890N" marka alev iyonlaşma dedektörlü (FID) gaz kromatografisi kullanılmıştır (Şekil 3.16). Aroma maddelerinin ayrımı DB-WAX kapiler kolon (60 m x 0.25 mm x 0.4 µm) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Enjektör sıcaklığı 220 ^{o}C, dedektör sıcaklığı 250 °C, kolon sıcaklığı 60 °C'de 3 dakika beklemeden sonra, dakikada 2 °C artarak 220 °C'ye ve daha sonra dakikada 3 °C artarak 245 °C'ye çıkmış ve bu sıcaklıkta 20 dakika sabit kalacak şekilde programlanmıştır. Cihaza enjekte edilen miktar 3 µl'dir. Taşıyıcı gaz olarak He kullanılmıştır. Helyumun akış hızı 1.5 ml/dakika'dır. Dedektör ve enjektör sıcaklıkları 250 ^{o}C'ye ayarlanmıştır (Milo ve Grosch, 1993; Le Guen ve ark., 2000).

Aroma maddelerinin tanısında gaz kromatografisine bağlı "Agilent 5975B VL MSD" marka kütle spektrometresi kullanılmıştır. Enjektör tipi ve sıcaklık programı gaz kromatografisi ile aynı koşulları taşımaktadır. Taşıyıcı gaz olarak kullanılan helyumun hızı 1.5 ml/dak'dır. Kütle spektrometresinin iyonlaşma enerjisi 70 eV, iyon kaynağı sıcaklığı 250 °C, kuadrupol sıcaklığı 120 °C tutularak, 1 saniye aralıklarla 29-350 kütle/yük (m/e) arasında tarama yapılmıştır. Piklerin tanısı, standardı bulunan bileşikler için standart çözelti enjekte edilerek, standardı olmayan bileşikler için kütle spektrumunun bilgisayar hafızasındaki aroma maddeleri kütüphanelerindeki (Wiley 7.0, NIST-98, ve Flavor-2L) kütle spektrumlarıyla karşılaştırılması yoluyla yapılmıştır. Piklerin tanısından sonra aroma maddelerinin konsantrasyonları iç standart yöntemiyle hesaplanmıştır (Schneider ve ark., 2001; Selli ve Kelebek, 2011). Her bir analiz 3'er tekerrürlü olarak yapılmıştır.



Şekil 3.16. Analizlerde kullanılan GC ve GC-MS sistemi

Piklerin tanısından sonra aroma maddelerinin miktarlarını hesaplamak için, standart bileşiklerden kalibrasyon eğrileri elde edilmiş ve iç standart yöntemiyle aşağıdaki formül kullanılarak miktarlar hesaplanmıştır. Hesaplamada her bir bileşiğin cevap faktörü dikkate alınmıştır.

$C_i = (A_i / A_{st}) \times C_{st} \times RF \times HF$

C_i : Bileşiğin konsantrasyonu

A_i : Bileşiğin pik alanı

A_{st} : İç standartın pik alanı

C_{st} : İç standartın konsantrasyonu (5 µL/l00 ml)

RF : Cevap faktörü

HF : Hesaplama faktörü (örnek miktarının kg'a çevrilmesi için faktör: 25)

3.2.9. Zeytinyağların Aroma-Aktif Bileşikleri Analizleri

Zeytinyağların aroma-aktif bileşiklerinin belirlenmesinde hassas olfaktometrik yöntemlerden biri olan "Aroma Ekstrakt Seyreltme Analizi (AESA)" (AEDA: Aroma Extract Dilution Analysis) yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde aromatik ekstrakt aşamalı olarak çözgen ile her defasında 1:1 oranında seyreltilmiş ve koklama işlemi için GC-MS-Olfaktometriye (Şekil 3.17) enjekte edilmiştir. Kokunun

hissedilmediği anda seyreltme işlemine son verilerek analiz tamamlanmıştır (Steinhaus ve Schieberle, 2000; Sollner ve Schieberle, 2009). Koklama sırasında burun içinin kurumaması için özel bir düzenek yardımıyla olfaktometri portuna nemli hava verilmiştir ve bu sayede panelistlerin kokulara karşı duyarlılığı arttırılmıştır.

Seyreltme derecesi “koku seyreltme değeri (KS)” olarak ifade edilmektedir. Yüksek KS değerine sahip olan aroma maddesinin, aroma aktiflik derecesi de yüksek olmaktadır (Fickert ve Schieberle, 1998; Tairu ve ark., 2000; Kirchoff ve Schieberle, 2002; Fischer ve ark., 2008). Bu yöntem zeytinyağlarının aroma-aktif bileşiklerinin (Reiners ve Grosch, 1998; Iraqi ve ark., 2005; Collin ve ark., 2008) belirlenmesinin yanı sıra portakal suları (Fischer ve ark., 2008; Averbeck ve Schieberle, 2009). domates (Kreissl ve Schieberle, 2011), şarap (Frank ve ark., 2011) ve balık (Cayhan ve Selli, 2011) örneklerini de içeren birçok çalışmada kullanılmıştır.



Şekil 3.17. Analizlerde kullanılan GC-MS-O cihazı

3.2.10. Zeytinyağların Duyusal Analizleri

Zeytinyağı örneklerinin duyusal analizleri Uluslararası Zeytinyağı Konseyi’nce yayınlanmış Naturel Zeytinyağının Organoleptik Değerlendirilmesi'nin şartlarını belirleyen metodlara göre yapılmıştır (IOOC, 2013). Duyusal analiz için dört basamaklı farklı numaralarla kodlanmış cam kaplara 15 ml 28±2 ^{o}C’deki zeytinyağı

örneği konularak tat ve aroma açısından duyusal değerlenlendirmeler yapılmıştır. Zeytinyağı örneklerinin ve bunların ekstraktlarının duyusal analizleri 10 kişilik eğitilmiş bir panelist grubu tarafından yapılmıştır.

Paneldeki her bir tadımcı, tadım bardağındaki yağı, önce koklamış, daha sonra tadarak, negatif ve pozitif özelliklerin her biri için algıladığı yoğunluğu profil kağıdındaki 10 cm'lik skalaya işaretlemiştir (Şekil 3.18). Meyvemsilik özelliğini ise yeşil veya olgun olarak algıladığında ilgili kutucuğu işaretlemiştir (IOOC, 2013; TGK, 2010). Tadımcılar tarafından kullanılan duyusal analiz formu Şekil 3.19'da gösterilmiştir.



Şekil 3.18. Zeytinyağların duyusal analizleri

Zeytinyağı Duyusal Analiz Formu

Panelistin Adı Soyadı :

Numune Kodu :

KUSURLARIN ALGILANMA YOĞUNLUĞU:

Kızışma/Çamurlu tortu ----------

Küflü-rutubetli ----------

Şarabımsı-sirkemsi/asidik-ekşimsi ----------

Metalik ----------

Ransid ----------

Diğerleri (belirtiniz) ----------

POZİTİF ÖZELLİKLERİN ALGILANMA YOĞUNLUĞU:

Meyvemsi ----------

yeşil □ olgun □

Acılık ----------

Yakıcılık ----------

Tarih :

Yorumlar :

Şekil 3.19. Panelistler tarafından kullanılan duyusal analiz formu

Yağ, kusurların medyanı ve meyvemsiliğin medyanı ile karşılaştırılarak derecelendirilir. En yoğun şekilde hissedilen kusurun medyanı, kusurların medyanı olarak belirlenir. Türk Gıda Kodeksi Zeytinyağı ve Prina Yağı Numune Alma ve Analiz Metodları Tebliği'ne göre;

Kusurların medyanı (M_d) 0 ve meyvemsiliğin medyanı (M_f) 0'ın üzerinde ise; sızma zeytinyağı;

Kusurların medyanı 0-3.5 arasında ve meyvemsiliğin medyanı 0'ın üzerindeyse; natürel birinci zeytinyağı olarak değerlendirilir.

Ayrıca, Türk Gıda Kodeksine göre pozitif özelliklerin medyan değerlerine göre durumunun belirlenmesi Çizelge 3.2' de verilmiştir (TGK, 2010).

Çizelge 3.2. Zeytinyağlarının pozitif özellik medyan değerlerine göre sınıflandırılması (TGK)

Türk Gıda Kodeksi Zeytinyağı ve Prina Yağı Numune Alma ve Analiz Metodları Tebliğine Göre		
Pozitif özellikler için;		
a)	Medyan değeri 6'dan büyük olduğunda	yoğun
	Medyan değeri 3-6 olduğunda	orta
	Medyan değeri 3'den az olduğunda	hafif
b)	Yağın verdiği koku, tat ve his özellikleri bakımından acı ve/veya yakıcı özelliği medyanı, meyvemsi özelliği medyanının 2 puan üstünde olduğu durumda	dengeli
c)	Acı ve yakıcılık özellikleri medyanlarının 2 veya daha az olması durumunda kullanılır.	yumuşak yağ

3.2.11. İstatistiksel Analizler

Elde edilen bulgular SPSS 17 paket programı kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuş ve önemli bulunan farklılıklar Duncan çoklu karşılaştırma testine göre incelenmiştir ($p<0.05$). Öte yandan, zeytinyağı örneklerinin fenol bileşikleri, yağ asitleri ve aroma maddeleri çok değişkenli veri analiz yöntemlerinden temel bileşenler analizi (PCA) ile de sınıflandırılıp zeytinyağları arasındaki farklılıklar ve/veya benzerlikler belirlenmiştir (Wold ve ark., 1987; Benincasa ve ark., 2003). Çok değişkenli istatistiksel analiz veya kemometri olarak bilinen değerlendirme yöntemi, zeytinyağlarının tanımlanması ve sınıflandırılmasında yaygın biçimde kullanılmaktadır. Bu yöntem ile enstrümental analizlerden sağlanan çok sayıdaki kimyasal verilere; istatistiksel, matematiksel ve bilgisayar yöntemleri uygulanarak çok kısa zamanda ve sağlıklı bir şekilde çeşit ve bölgesel karakterizasyonunun yapılması mümkün olmaktadır. Bu konuda en çok kullanılan kemometrik tekniklerden biri Temel Bileşenler (Principal Component Analysis-PCA) analizleridir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Zeytinlerin Fizikokimyasal Özellikleri

Zeytinlerin fizikokimyasal özelliklerinin 2010 yılı sonuçları Çizelge 4.1'de, 2011 yılı sonuçları ise Çizelge 4.2'de verilmiştir. Zeytinlerde fizikokimyasal analizler olarak olgunluk indisi, en-boy, meyve eti/çekirdek oranı, yüz tane ağırlığı, su ve yağ oranları belirlenmiştir. Zeytin meyvesi ve çekirdeğinin ağırlığı çeşide, yetiştirme koşullarına, olgunluğa ve bakım işlerine bağlı olarak değişmektedir. Zeytin meyvesinin ağırlığı olgunlaşma periyodu boyunca artmaktadır. Her çeşidin et/çekirdek oranıyla yüksek ve düşük verimden etkilenen meyve iriliği arasında sıkı bir ilişki bulunmaktadır. Zeytin meyvesinin mezokarpındaki yağ içeriği, yetiştirme koşulları, olgunluk ve çeşidin genetik potansiyeline bağlı olarak değişmektedir (Barone ve ark., 1994; Zamora ve ark., 2001; Kutlu ve Şen, 2011).

Zeytinlerde olgunluk indisi her iki yılda da 3.9 ile 4.2 arasında değişmiştir. Zeytinin olgunluk derecesi hasat zamanının belirlenmesinde önemli bir faktör olup, zeytinyağına işlenecek zeytinlerde bu indis değeri 2.5 ile 4.5 arasında olmalıdır (Ferguson ve Sibbett, 2004). Denemelerde kullanılan zeytinlerin olgunluk indisi değerleri bu sınırlar içerisindedir. Zeytinlerin olgunlaşması esnasında bazı kimyasal dönüşümler olmaktadır. Özellikle içerdikleri fenol miktarı ve yapısı olgunluğa bağlı olarak değişmekte ve buna bağlı olarak zeytinlerde acılık yüksek veya düşük olmaktadır. Daha yeşil toplanan zeytinlerde fenol bileşikleri daha fazla olmakta ve zeytinlerin acılık değeri de buna bağlı olarak yükselmektedir. Acılık zeytinyağında istenen bir özelliktir, ancak yüksek yoğunlukta olduğunda tüketiciler için problem oluşturmaktadır. Bu nedenle hasadın, en iyi kalitede zeytinyağı elde etmek için en uygun zamanda yapılması önemlidir (Skevin ve ark., 2003).

Çizelge 4.1. Zeytinlerin fizikokimyasal özellikleri (2010 yılı)

	Zeytin Çeşitleri			
Özellikler	NY	NYB	KY	KYB
Olgunluk indisi	4.2	3.9	4.1	3.9
En (mm)	16.85	15.00	15.20	16.25
Boy (mm)	19.05	18.40	19.20	19.35
Meyve eti /çekirdek	2.08	3.27	3.44	4.89
Yüz tane ağırlığı (g)	327.1	248.6	243.3	340.4
Yağ oranı (%)	25.11 ± 0.26^{b}	20.40 ± 0.34^{d}	29.40 ± 0.27^{a}	22.31 ± 0.09^{c}
Su oranı (%)	52.48 ± 0.85^{a}	48.78 ± 1.96^{c}	50.42 ± 2.09^{ab}	46.20 ± 1.44^{bc}

Yağ ve su oranları sonuçları üç tekerrürün ortalaması olarak verilmiştir. ± : Standart sapma
Aynı satırda değişik harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

Çizelge 4.2. Zeytinlerin fizikokimyasal özellikleri (2011 yılı)

	Zeytin Çeşitleri			
Özellikler	NY	NYB	KY	KYB
Olgunluk indisi	4.1	3.9	4.2	3.9
En (mm)	15.82	14.70	14.55	16.88
Boy (mm)	19.55	19.75	18.70	20.88
Meyve eti /çekirdek	3.12	3.06	3.30	5.19
Yüz tane ağırlığı (g)	296.8	220.9	229.8	382.8
Yağ oranı (%)	26.30 ± 0.12^{b}	21.80 ± 0.10^{d}	30.50 ± 0.17^{a}	24.50 ± 0.14
Su oranı (%)	50.33 ± 0.62^{a}	47.46 ± 0.75^{b}	47.04 ± 1.07^{b}	43.62 ± 0.42^{c}

Yağ ve su oranları sonuçları üç tekerrürün ortalaması olarak verilmiştir. ± : Standart sapma
Aynı satırda değişik harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

Zeytinlerin yağ oranı ve nem içerikleri sırasıyla 1.yıl %20.40 - %29.40 ve %46.20 - %52.48 arasında değişirken 2.yıl için bu değerler %21.80 - %30.50 ile %43.62 - %50.33 arasında değişmiştir. Kendi bölgesinde yetişen zeytin çeşitlerinin yağ ve su oranları daha yüksek bulunmuştur. Yağ içeriği bakımından en zengin çeşit her iki yılda da Kilis yağlık olarak belirlenirken, bunu ikinci sırada Nizip yağlık

çeşidi izlemiştir. 2. Yıl örneklerinde tüm çeşitlerin yağ oranları 1. yıla göre daha yüksek belirlenirken, nem içerikleri daha düşük gözlenmiştir. Benzer şekilde, Rjiba ve ark. (2010), 31 farklı Tunus zeytinlerinde yağ oranının %8.92-38.42 arasında, nem oranının ise %25.50-57.48 oranında değiştiğini bildirmişlerdir. Önceki çalışmalarda benzer şekilde Türkiye'de yetişen bazı zeytin çeşitlerinde fizikokimyasal özellikler belirlenmiştir. Mersin'in Mut ilçesinde Gemlik zeytin çeşidi üzerine yapılan bir araştırmada yağ oranı %23.0, yüz tane ağırlığı 304 g, meyve eti/çekirdek oranı 5.1, meyve boy ve eni ise sırasıyla 19.7 ve 16.3 olarak bulunmuştur (Gür ve ark., 2011). Farklı hasat zamanlarının Alaşehir/Manisa koşullarında yetiştirilen Gemlik zeytin çeşidinin et/çekirdek oranı ve nem miktarına etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada et/çekirdek oranının %3.11 ile %5.50 arasında, nem miktarının ise %49.40 ile % 50.70 arasında değiştiği belirtilmiştir. Yağ miktarı ise hasat zamanına bağlı olarak ilk hasatta %9.95 (kuru ağırlık), son hasatta ise %26.82 bulunmuştur (Kutlu ve Şen, 2011). Tanılgan ve ark. (2007) Gemlik, Kilis yağlık, Uslu, Tirilye ve Ayvalık zeytinlerinin fiziksel ve kimyasal özelliklerini araştırdıkları bir çalışmada, zeytinlerde % nemin 35.30 ile 64.72 arasında ve % yağ oranının ise 17.7 ile 43.5 arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Kaynaş ve ark. (1992) Marmara bölgesinde yetiştirilen 5 farklı zeytinin pomolojik ve morfolojik özelliklerini inceledikleri çalışmada, Gemlik çeşidinin nem oranının %52.48, yaş meyvedeki yağ oranının ise %21.8 olduğunu belirtmişlerdir. Ayvalık ve Memecik çeşitlerinin bazı fiziksel özelliklerinin belirlendiği bir çalışmada yüz tane ağırlığının, en ve boy özelliklerinin Ayvalık ve Memecik çeşitleri için sırasıyla 318.8 g, 15.22 mm, 19.05 mm ve 548.3 g, 16.97 mm, 22.28 olduğu belirtilmiştir (Sağlam ve Aktaş, 2005).

4.2. Zeytinyağlarında Genel ve Renk Analizleri

Zeytinyağlarında genel analizler olarak serbest yağ asitleri ve peroksit değeri belirlenmiş ve ayrıca renk analizleri yapılmıştır. Bu analizlerin sonuçları 2010 ve 2011 yılları için sırasıyla Çizelge 4.3 ve 4.4'te verilmiştir. Denemelerde kullanılan zeytinyağlarında serbest yağ asitleri miktarı 1.yıl örneklerinde %0.51-1.70 arasında

değişirken, 2.yıl örneklerinde %0.67-0.77 arasında değişmiştir. Bu değerler IOOC (2009) ve TGK 2010 tarafından bildirilen değerlerle kıyaslandığında birinci yıl KYB zeytinyağı %0.8 değerinin altında olduğu için natürel sızma, diğerleri ise sızma zeytinyağı grubunda yer almıştır. İkinci yıl örneklerinin asitlik değerleri ise IOOC (2009) ve TGK 2010 tarafından bildirilen ve natürel sızma zeytinyağlarında maksimum limit olarak kabul edilen %0.8 değerinin altında bulunmuştur. 2010 yılında en yüksek serbest yağ asitliği NY çeşidinde (%1.70) ve en düşük KYB çeşidinde (%0.51) belirlenmiştir. 2011 yılı asitlik değerlerine bakıldığında ise en yüksek NYB çeşidinde (%0.77), en düşük KY çeşidinde (%0.67) saptanmıştır.

Çizelge 4.3. Zeytinyağların kimyasal ve renk bileşimleri (2010 yılı)

Zeytinyağı	NY	NYB	KY	KYB
Serbest yağ asitleri (% oleik asit)	1.70 ± 0.10^{a}	1.41 ± 0.28^{b}	1.20 ± 0.26^{c}	0.51 ± 0.10^{d}
Peroksit değeri (meq O_2/kg yağ)	9.40 ± 0.24^{a}	9.90 ± 0.24^{a}	10.00 ± 0.25^{a}	9.30 ± 0.26^{a}
L*	70.01 ± 0.01^{a}	62.30 ± 0.09^{c}	38.71 ± 0.08^{d}	64.64 ± 0.06^{b}
a*	-4.11 ± 0.00^{d}	-3.05 ± 0.02^{b}	-2.32 ± 0.01^{a}	-3.15 ± 0.01^{c}
b*	50.16 ± 0.02^{b}	60.89 ± 0.08^{a}	35.29 ± 0.12^{d}	49.31 ± 0.05^{c}

Sonuçlar üç tekerrürün ortalaması olarak verilmiştir. ± : Standart sapma
Aynı satırda değişik harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05)

Çizelge 4.4. Zeytinyağların kimyasal ve renk bileşimleri (2011 yılı)

Zeytinyağı	NY	NYB	KY	KYB
Serbest yağ asitleri (% oleik asit)	0.68 ± 0.08^{a}	0.77 ± 0.18^{a}	0.67 ± 0.14^{a}	0.69 ± 0.08^{a}
Peroksit değeri (meq O_2/kg yağ)	6.40 ± 0.16^{c}	8.02 ± 0.13^{a}	7.40 ± 0.18^{b}	8.30 ± 0.16^{a}
L*	60.64 ± 0.06^{c}	64.86 ± 0.04^{b}	51.70 ± 0.05^{d}	68.60 ± 0.03^{a}
a*	-1.87 ± 0.03^{c}	2.37 ± 0.02^{a}	-2.11 ± 0.02^{d}	1.17 ± 0.01^{b}
b*	73.05 ± 1.69^{b}	102.21 ± 0.13^{a}	74.38 ± 0.10^{b}	101.13 ± 0.10^{a}

Sonuçlar üç tekerrürün ortalaması olarak verilmiştir. ± : Standart sapma
Aynı satırda değişik harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05)

Benzer şekilde Tanılgan ve ark. (2007) 2003 yılı Ayvalık çeşidinden elde edilen zeytinyağında serbest yağ asitlerini %0.5 olarak saptamışlardır.

Araştırmacılar, en yüksek asitliği Gemlik çeşidinden elde edilen zeytinyağında (%1.7) belirlemişlerdir. Çanakkale Bölgesi'nde yetişen zeytinlerden elde edilen yağların fizikokimyasal özelliklerinin belirlendiği bir çalışmada, en yüksek ve en düşük asitlik sırasıyla %9.47 ve %0.37 olarak belirlenmiştir (Öğütçü ve ark., 2008). İlyasoğlu ve Özçelik (2011b) zeytinyağı kalitesi üzerine botanik ve coğrafi orijinin etkisini belirlemek için 2006/2007 ve 2007/2008 hasat sezonunda İzmir (4 örnek) ve Aydın (5 örnek) illerinden temin edilen 9 farklı Memecik zeytinyağlarında asitliğin %0.45-0.82 arasında değiştiğini saptamışlardır. Enzim muamelesiyle yağ veriminin ve kalitesinin arttırılması amacıyla dört İtalyan zeytin çeşidiyle yapılan diğer bir çalışmada ise, asitlik değerinin %0.2-0.4 aralığında değiştiği belirtilmiştir (Ranalli ve ark., 2004). İtalya'nın Sardunya ve Fransa'nın Korsika adalarından temin edilen zeytinlerden elde edilen 12 zeytinyağı örneğinde asitlik değerleri %0.20-1.34 aralığında ölçülmüştür (Cerretani ve ark., 2006). Tunus'ta yetiştirilen 6 farklı zeytin çeşidinden elde edilen yağlarda asitlik değerlerinin 0.18-0.33 arasında değiştiği belirtilmiştir (Manai ve ark., 2008). Türkiye'nin Doğu Akdeniz Bölgesi'nde yetiştirilen zeytin çeşitlerinden elde edilen yağlarda serbest yağ asitleri değerlerinin %0.38 ile %0.64 arasında değiştiği bildirilmiştir (Kıralan ve ark., 2009). Türkiye'deki bazı zeytinyağlarının çeşide, coğrafi bölgeye ve hasat yılına bağlı olarak sınıflandırıldığı diğer bir çalışmada ise 2005-2006 sezonunda Ayvalık, Gemlik, Memecik, Erkence ve Nizip yağlık çeşitlerinde serbest yağ asitleri sırasıyla %0.24, 0.16, 0.13 ve 0.94 olarak belirlenirken 2006-2007 sezonunda %0.31, 0.16, 0.29 ve 0.45 olarak belirlenmiştir (Gürdeniz ve ark., 2008).

Örneklerin peroksit değerleri birinci yıl 9.30-10.00 meq oksijen/kg yağ, ikinci yıl ise 6.40-8.30 meq oksijen/kg yağ arasında değiştiği belirlenmiştir. Peroksit değeri birinci yıl örneklerinden KY hariç her iki yılda da kendi bölgesinde yetişen çeşitlerde daha düşük bulunmuştur. En yüksek peroksit değeri 2010 ve 2011 yılları için sırasıyla KY (10.00 meq oksijen/kg yağ) ve KYB (8.30 meq oksijen/kg yağ) çeşitlerinde belirlenmiştir. En düşük peroksit değeri ise 2010 yılında KYB çeşidinin yağında (9.30 meq oksijen/kg yağ), 2011 yılında NY çeşidi yağında (6.40 meq oksijen/kg yağ) tespit edilmiştir. Birinci yıl örneklerinin peroksit değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur (p<0.05). Zeytinyağlarında peroksit

değerlerinin natürel sızma zeytinyağlarında maksimum limit olarak kabul edilen 20 meq oksijen/kg yağ değerini aşmadığı saptanmıştır (IOOC, 2009; TGK, 2010). Paz Romero ve ark. (2003) İspanya'da aynı çeşitten farklı hasat dönemi ve farklı yıllarda elde edilen zeytinyağlarında peroksit değerinin değişkenlik gösterdiğini ve bu değerin 5.0 ile 7.9 meq oksijen/kg yağ arasında olduğunu bildirmişlerdir. Skevin ve ark. (2003), Hırvatistan'da yetişen 3 farklı zeytin çeşidinden elde edilen yağlarda peroksit değerlerinin 3.44-7.39 meq oksijen/kg yağ arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Tunus'ta yetişen 7 farklı çeşide ait zeytinyağlarında ise peroksit değerleri 3.66-8.33 meq oksijen/kg yağ arasında belirlenmiştir (Youssef ve ark., 2011a). Yunanistan'da yetiştirilen Mavrolia ve Koroneiki çeşitleri üzerine yapılan çalışmada ise, peroksit değerleri sırasıyla 12.2 ve 10.31 meq oksijen/kg yağ olarak tespit edilmiştir (Anastasopoulos ve ark., 2012). Hatay ilinin Erzin ilçesinde yetiştirilmiş Gemlik çeşidinden elde edilen zeytinyağında peroksit değeri 8.85 meq oksijen/kg olarak bildirilmiştir (Kelebek ve ark., 2012). Türkiye'nin Doğu Akdeniz Bölgesi'nde yetiştirilen Kilis yağlık, Halhalı, Karamani, Haşebi ve Nizip yağlık çeşitlerinden elde edilen yağlarda peroksit değerleri ölçülmüş, en düşük 4.30 olarak Nizip yağlık çeşidinde, en yüksek 8.81 olarak Karamani çeşidinde bulunmuştur. Kilis yağlık çeşidinde ise 6.24 olarak belirtilmiştir (Kıralan ve ark., 2009). Öte yandan, Sardunya (İtalya) ve Korsika (Fransa) bölgelerinden temin edilen zeytinlerden elde edilen 12 zeytinyağı örneğinde peroksit değerleri ise 3.28-16.15 aralığında ölçülmüştür (Cerretani ve ark., 2006). Runcio ve ark. (2008), İtalya'da farklı çeşitlerden elde edilen zeytinyağlarında zeytinlerin hasar görmüşlük derecesine bağlı olarak peroksit değerlerinin en düşük 3, en yüksek 23 olduğunu saptamışlardır. İspanya'da 4 sezon üst üste iki farklı hasat zamanında alınan zeytinlerden elde edilen yağlarda peroksit değerleri 6.0 ile 7.9 arasında değiştiği belirtilmiştir (Paz Romero ve ark., 2003). Yapılan çalışmalarla kıyaslandığında denemelerde kullanılan zeytinyağlarının peroksit değerleri diğer çalışmalarla uyum içerisindedir.

Zeytinyağı örneklerinde renk ölçümleri kolorimetre Hunterlab ColorQuestXE-renk ölçer (USA) kullanılarak yapılmış, değerler L*, a* ve b* CIE renk sistem profili kullanılarak belirlenmiştir. L*, 0 ile 100 arasında değişen değerler (0=siyah 100=beyaz) alıp yağın aydınlık değerini, a* kırmızı ve yeşilliği (+a=kırmızı, –

a=yeşil), b* ise sarı ve maviliği (+b=sarı, –b=mavi) ifade etmektedir. Renk ölçümleri yağların bileşiminde bulunan pigmentlerin yağa verdiği doğal rengin durumunu kontrol etmek amacıyla yapılmaktadır (Nas ve ark., 2001). Zeytinlerin olgunlaşma sürecinde ve zeytinyağların depolanması sırasında doğal renk pigmentlerinin parçalanması ve bazı yeni ürünlerin oluşmasıyla kazanılan renk karakteristikleri kalite ile ilişkili olup, yağın tazeliği hakkında bilgi vermektedir. Aynı zamanda renk, tüketici tercihini etkileyen önemli bir kalite kriteridir (Ranalli ve ark., 2004; Zarrouk ve ark., 2008).

Renk ölçüm değerleri, yemeklik yağlar için birincil kalite göstergesi olarak kullanılmaktadır (Polvillo ve ark., 2004). Renk ölçümleri yağların bileşiminde bulunan pigmentlerin yağa verdiği doğal rengin durumunu kontrol etmek amacıyla yapılmaktadır (Nas ve ark., 2001). Zeytinlerin olgunlaşma sürecinde ve zeytinyağların depolanması sırasında doğal renk pigmentlerinin parçalanması ve bazı yeni ürünlerin oluşmasıyla kazanılan renk karakteristikleri kalite ile ilişkili olup, yağın tazeliği hakkında bilgi vermektedir. Aynı zamanda renk, tüketici tercihini etkileyen önemli bir kalite kriteridir (Ranalli ve ark.,2004; Zarrouk ve ark., 2008). Çizelge 4.3 ve 4.4'te görüldüğü gibi renk ölçüm sonuçları çeşit, bölge ve yıllar arasında farklılık göstermiştir. Renk ölçümlerinde her iki yılda da L^* ve b* değerleri (birinci yıl NY çeşidi yağının L* değeri hariç) Bornova' da yetişen çeşitlerde daha yüksek tespit edilmiştir. L^* değeri birinci yıl en yüksek NY çeşidinde (70.01) ve en düşük KY çeşidinde (38.71) bulunurken, ikinci yıl en yüksek KYB çeşidinde (68.60), en düşük birinci yıldaki gibi KY çeşidinde (51.70) belirlenmiştir. b* değerleri 2010 yılında 35.29-60.89 arasında değişirken, 2011 yılında 73.05-102.21 arasında değişmiştir. b* değeri her iki yılda da en yüksek Nizip yağlık (Bornova) çeşidinin yağında ve en düşük birinci yıl KY çeşidinin yağında, ikinci yıl NY çeşidinden elde edilen yağda saptanmıştır. Örneklerin a* değerleri arasında çok belirgin farklılık bulunmamaktadır. Benzer şekilde Arslan ve ark. (2013) bölge farkının zeytinyağının rengi üzerine etkilerini araştırdıkları bir çalışmada, bölge farkının a* değeri üzerinde fazla etkisinin olmadığını bildirmişlerdir. a* değeri 2010 yılında en yüksek NY (-4.11) çeşidinde, 2011 yılında da Nizip yağlık (Bornova) (2.37) çeşidinde belirlenirken, en düşük birinci yıl KY (-2.32) çeşidinde, ikinci yıl KYB (1.17)

çeşidinde saptanmıştır. 2011 yılı renk değerleri 2010 yılı verileriyle kıyaslandığında b* değerlerinde bazı farklılıklar olduğu gözlenmiştir. Özellikle b* değerleri 2010 yılı verilerine göre daha yüksek tespit edilmiştir. Bu da ikinci yıl örneklerinin daha sarı renkte olduğunu ifade etmektedir. Çanakkale Bölgesi'nde yetişen zeytinler üzerine 2005-2006 sezonunda yapılan ve yağların fizikokimyasal özelliklerinin belirlendiği önceki çalışmada da yağların renk karakteristikleri L*,a* ve b* değerleri ile ölçülmüş, bu çalışmada TS 341 ve Gıda Kodeksine göre natürel zeytinyağlarının renk değerlerine ait herhangi bir alt ve/veya üst limitin bulunmadığı, araştırma sonucu elde edilen renk değerlerinin başka çalışmalarla farklılık gösterdiği bildirilmiştir. Bu farklılığın zeytin çeşidine, hasat zamanı, yılı ve şekline, uygulanan teknolojiye, muhafaza ve depolama koşulları gibi faktörlere bağlı olarak ortaya çıkabileceği belirtilmiştir (Öğütçü ve ark., 2008). Pristouri ve ark. (2010) depolama süresine bağlı olarak Yunan Koroneiki zeytin çeşidinden elde ettikleri zeytinyağında L* değerinin 51.18 ile 60.93 arasında, a* değerinin -2.68 ile -4.16 arasında ve b* değerinin ise 33.42 ile 41.64 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. İtalya'nın sekiz farklı zeytinyağı örneklerinde L* değerinin 52.2 ile 74.0, a* değerinin -1.5 ile 9.1 ve b* değerinin ise 59.7 ile 104.8 arasında değiştiği saptanmıştır (Gomez-Caravaca ve ark., 2007). İspanya'da 4 sezon boyunca iki farklı hasat zamanında alınan zeytinlerden elde edilen yağlarda L değeri 76.4 ile 89.3 aralığında, a* değeri -3.53 ile -0.61 aralığında ve b* değeri ise 90.0 ile 108.8 aralığında bulunmuştur (Paz Romero ve ark., 2003). Bu sonuçlar bizim bulduğumuz değerlerle benzerlik göstermektedir. Ülkemiz Gemlik çeşidi üzerine yapılan bir çalışmada hasat zamanına bağlı olarak L^* değeri en düşük 25.17 ve en yüksek 65.25 olarak bulunmuştur. a^* değeri -20.44 ile 5.48 ve b^* değeri ise 38.95 ile -1.40 arasında değiştiği belirtilmiştir (Kutlu ve Şen, 2011).

4.3. Zeytinyağların Yağ Asitleri Bileşimi

Zeytinyağların % yağ asitleri bileşimi 2010 ve 2011 yılları için sırasıyla Çizelge 4.5 ve 4.6'da, yağ asitlerinin GC kromatogramları ise Şekil 4.1 (NY), Şekil 4.2 (NYB), Şekil 4.3 (KY) ve Şekil 4.4' te (KYB) verilmiştir.

Yağlarda her iki yılda da toplam 13 adet yağ asiti belirlenmiştir. Bunlar; miristik, palmitik, palmitoleik, margarik, margoleik, stearik, oleik, linoleik, araşidik, linolenik, gadoleik, behenik ve lignoserik yağ asitleridir. Tüm zeytinyağı örneklerinde oleik asit en baskın yağ asidi olup, bunu palmitik ve linoleik yağ asitleri izlemiştir. Zeytinyağlarında miristik, margarik, margoleik, gadoleik ve behenik asit en az oranda bulunan yağ asitleridir (Çizelge 4.5 ve 4.6). Örneklerin yağ asitleri İspanya'nın Racimilla, Bodocal, Negral (Benito ve ark., 2010) ve Picual (Beltran ve ark., 2004); Tunus'un Chemlali ve Chetoui (Dabbou ve ark., 2010; Youssef ve ark., 2011b; Guerfel ve ark., 2012); Portekiz'in Cobrançosa, Madural ve Verdeal Transmontana (Matos ve ark., 2007), İran'ın Zard, Suriye'nin Beledy (Hashempour ve ark., 2010) ve Yunanistan'ın Throumbolia ve Koroneiki (Vekiari ve ark., 2010) çeşitlerinin yağ asitleri kompozisyonları ile benzerlikler göstermektedir.

4.3.1. Bölge ve Yıl Farkının Yağ Asitleri Bileşimi Üzerine Etkisi

Oleik asit beslenme açısından sahip olduğu zenginlik ve yağların oksidatif stabilitesine olumlu katkılarından dolayı zeytinyağındaki en önemli yağ asitidir (Benito ve ark., 2010). Zeytinyağlarında oleik asit oranı her iki yılda da Bornova çeşitlerinde daha yüksek belirlenmiştir. Benzer şekilde, Dıraman ve Dibeklioğlu (2009) Nizip ilçesinin Nizip yağlık çeşidi yağında oleik asit oranını Ege Bölgesi'nde yetişmiş olandan daha düşük olduğunu belirlemişlerdir. Araştırmacılar, bu farklılığın ekolojik çevre ve çeşit farkından kaynaklandığını vurgulamışlardır. Piravi-Vanak ve ark. (2012)'da İran'ın kuzey ve güneyinde yetiştirilen zeytinlerden elde edilen yağlarda yağ asitlerinin zeytinin yetiştiği bölgeye göre değişkenlik gösterdiğini ve kuzey bölgesi yağlarında oleik asit'in yüksek, linoleik ve stearik asit oranlarının düşük olduğunu bildirmişlerdir. Zeytinyağlarında oleik asit oranı her iki yılda da en yüksek KYB çeşidinde (2010 yılında %71.73, 2011 yılında %73.18) ve en düşük ise NY çeşidinde (2010 yılında %63.87, 2011 yılında %70.54) belirlenmiştir. Görüldüğü gibi oleik asit oranları ikinci yıl birinci yıla göre daha yüksek bulunmuştur. Palmitik asit oranı ise 2010 ve 2011 yılları için her iki yılda da en yüksek NY çeşidinde (1. ve

2. yıl için sırasıyla %16.09 ve %14.53) ve en düşük ise KYB çeşidinde (1. ve 2. yıl için sırasıyla% 13.12 ve %13.23) bulunmuştur.

Çizelge 4.5. Zeytinyağlarının yağ asitleri bileşimi (%) (2010 yılı)

	Yağ asidi	NY	NYB	KY	KYB
1	Miristik asit (C_{14}:0)	0.02±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00
2	Palmitik asit (C_{16}:0)	16.09±0.72^{a}	14.17±1.42^{ab}	13.84±0.38^{b}	13.12±0.47^{b}
3	Palmitoleik asit (C_{16}:1)	1.16±0.09^{a}	1.11±0.11^{a}	1.00±0.04^{ab}	0.90±0.06^{b}
4	Margarik asit (C_{17}:0)	0.11±0.00^{a}	0.04±0.01^{b}	0.13±0.01^{a}	0.11±0.00^{a}
5	Margoleik asit (C_{17}:1)	0.18±0.01^{b}	0.07±0.00^{d}	0.20±0.01^{a}	0.16±0.01^{c}
6	Stearik asit (C_{18}:0)	3.63±0.08^{c}	4.72±0.18^{a}	4.01±0.05^{b}	4.21±0.08^{b}
7	Oleik asit (C_{18}:1)	63.87±0.84^{d}	68.38±0.79^{c}	69.67±0.39^{b}	71.73±0.44^{a}
8	Linoleik asit (C_{18}:2)	13.16±0.10^{a}	9.82±0.08^{b}	9.43±0.04^{c}	8.00±0.09^{d}
9	Araşidik asit (C_{20}:0)	0.52±0.03	0.52±0.08	0.57±0.03	0.61±0.03
10	Linolenik asit (C_{18}:3)	0.65±0.09^{a}	0.51±0.05^{b}	0.48±0.03^{b}	0.44±0.05^{b}
11	Gadoleik asit (C_{20}:1)	0.16±0.06	0.09±0.05	0.14±0.01	0.16±0.02
12	Behenik asit (C_{22}:0)	0.10±0.01^{b}	0.10±0.02^{b}	0.12±0.01^{ab}	0.13±0.02^{a}
13	Lignoserik asit (C_{24}:0)	0.31±0.08	0.31±0.06	0.31±0.04	0.32±0.04
	Doymuş yağ asitleri	20.78	19.87	18.99	18.51
	MUFA	65.37	69.65	71.01	72.95
	PUFA	13.81	10.33	9.91	8.44
	Oleik asit /linoleik asit	4.85	6.96	7.39	8.97
	MUFA/PUFA	4.73	6.74	7.17	8.64

Sonuçlar 3 tekerrürün ortalamasıdır. ± standart sapma. Aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel olarak farklıdır (p<0.05).

Çizelge 4.6. Zeytinyağlarının yağ asitleri bileşimi (%) (2011 yılı)

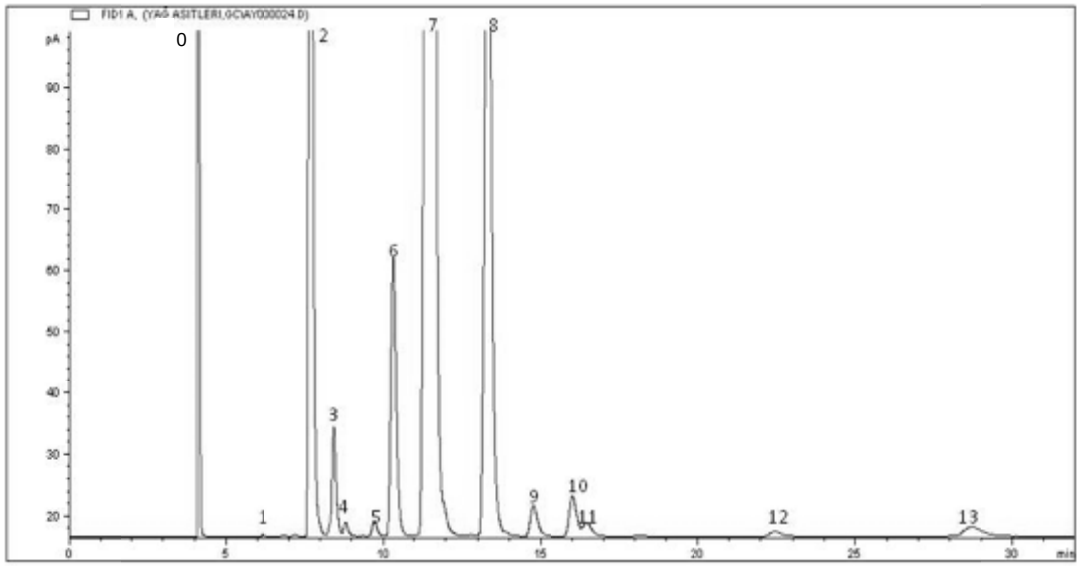
	Yağ asidi	NY	NYB	KY	KYB
1	Miristik asit (C_{14}:0)	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00
2	Palmitik asit (C_{16}:0)	14.53±0.02^{a}	13.62±0.05^{c}	13.82±0.06^{b}	13.23±0.11^{d}
3	Palmitoleik asit (C_{16}:1)	1.20±0.09^{a}	0.86±0.06^{b}	0.71±0.06^{c}	0.72±0.04^{bc}
4	Margarik asit (C_{17}:0)	0.21±0.05^{a}	0.04±0.01^{c}	0.15±0.04^{ab}	0.10±0.02^{b}
5	Margoleik asit (C_{17}:1)	0.18±0.00^{a}	0.05±0.01^{c}	0.17±0.02^{ab}	0.14±0.01^{b}
6	Stearik asit (C_{18}:0)	3.79±0.01^{d}	4.07±0.01^{a}	4.03±0.02^{b}	3.93±0.01^{c}
7	Oleik asit (C_{18}:1)	70.54±0.16^{c}	72.08±0.07^{b}	72.08±0.06^{b}	73.18±0.04^{a}
8	Linoleik asit (C_{18}:2)	8.20±0.03^{a}	7.57±0.02^{b}	7.39±0.04^{c}	7.26±0.05^{d}
9	Araşidik asit (C_{20}:0)	0.55±0.01^{b}	0.45±0.03^{c}	0.59±0.02^{a}	0.55±0.01^{b}
10	Linolenik asit (C_{18}:3)	0.35±0.01^{ab}	0.33±0.01^{b}	0.38±0.07^{a}	0.29±0.02^{c}
11	Gadoleik asit (C_{20}:1)	0.07±0.01^{b}	0.04±0.01^{c}	0.09±0.00^{a}	0.09±0.01^{a}
12	Behenik asit (C_{22}:0)	0.16±0.02	0.12±0.01	0.15±0.02	0.14±0.05
13	Lignoserik asit (C_{24}:0)	0.20±0.03^{d}	0.31±0.02^{b}	0.28±0.01^{c}	0.36±0.02^{a}
	Doymuş yağ asitleri	19.45	18.62	19.03	18.32
	MUFA	71.99	73.03	73.05	74.13
	PUFA	8.55	7.90	7.77	7.55
	Oleik asit /linoleik asit	8.60	9.52	9.75	10.08
	MUFA/PUFA	8.42	9.24	9.40	9.82

Sonuçlar 3 tekerrürün ortalamasıdır. ± standart sapma. Aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel olarak farklıdır (p<0.05).

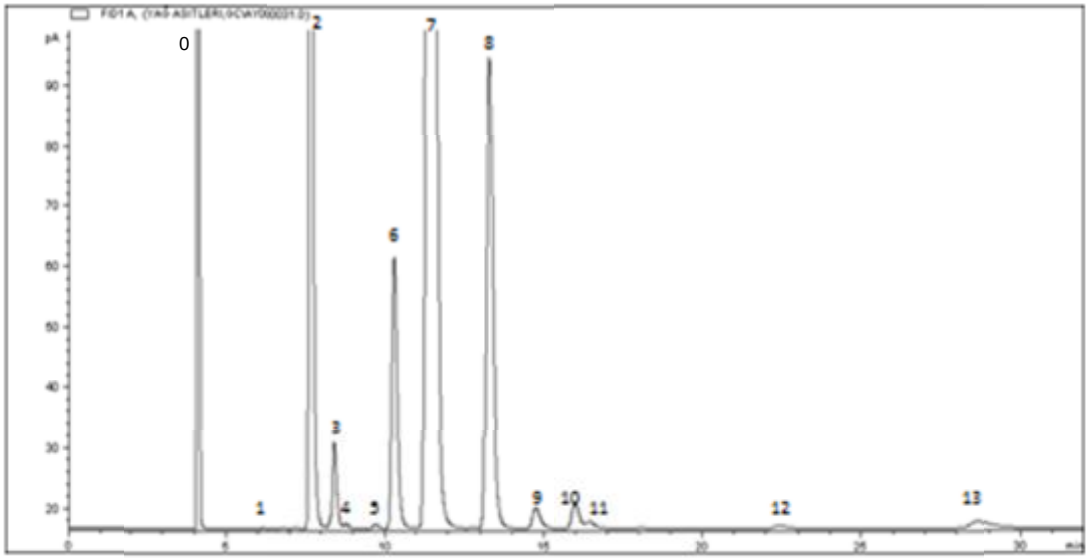
Zeytinyağlarında yağ asitleri kompozisyonu üzerinde çeşit, bölge ve yıl farkının etkilerinin belirlenmesi için daha önce de birçok çalışma yapılmıştır. Ruiz-Dominguez ve ark. (2013) zeytinyağlarının yağ asitleri profiline çeşit farklılığının yıl farkından daha etkili olduğunu bildirmişlerdir. Longobardi ve ark. (2012) Yunanistan'ın benzer iklime sahip dört farklı adasında yetişen aynı zeytin çeşidinden elde edilen yağlarda yağ asitlerini incelemişlerdir. Çalışmada oleik asidin en baskın yağ asidi olduğu ve oranının %73.09-73.32 arasında değiştiği bildirilmiştir. Benzer şekilde Kıralan ve ark. (2009) Doğu Akdeniz bölgesinin 5 farklı zeytinlerinden elde edilen zeytinyağlarının en düşük oleik asit içeriğine sahip olanların Nizip'ten elde edilen Nizip yağlık ve Halhalı çeşitleri olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmamızda kullanılan zeytinyağı örneklerinin linoleik yağ asiti oranları birinci yıl %8.00-13.16, ikinci yıl %7.26-8.20 arasında değişmiştir. Benzer şekilde, Dıraman ve ark. (2010) 2001/2002 ve 2002/2003 hasat yıllarında İzmir ilinin farklı bölgelerinden elde edilen zeytinyağı örneklerinde palmitik yağ asitinin %9.62 ile 18.79, oleik yağ asitinin % 62.90 ile 76.92 ve linoleik yağ asitinin ise %8.08 ile 17.17 arasında; Gürdeniz ve ark. (2010) ise 2005/2006 ve 2006/2007 yıllarında Ege bölgesinin 30 farklı lokasyonundan temin ettikleri zeytinyağı örneklerinde palmitik yağ asitinin %12.06 ile 13.32, oleik yağ asitinin %69.82 ile 74.39 ve linoleik yağ asitinin ise %8.42 ile 11.76 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Salvador ve ark. (2001) Cornicabra çeşidi üzerinde beş sezon (1994/95-1998/99) boyunca yaptıkları çalışmada en baskın yağ asidinin oleik asit (%80.6) olduğunu ve yağ asitleri oranı bakımından yıllar arasında istatistiksel olarak bir fark bulunmadığını gözlemişlerdir. Douzane ve ark. (2012) Cezayir'de yetiştirilen 6 farklı zeytin çeşidinden iki hasat yılında elde edilen zeytinyağlarının yağ asitlerini inceledikleri bir çalışmada, çeşit farkının ve hasat yılının bölge farkına kıyasla oleik asit ve linoleik asit üzerine daha etkili bir kriter olduğu, palmitik ve stearik asit üzerine ise yıl farkının daha etkili olduğu vurgulanmıştır. Arslan ve ark. (2013) bölge farkının yağ asidi kompozisyonu üzerine etkisini inceledikleri bir çalışmada, zeytinlerin yetiştiği bölgenin yükseklik ve sıcaklığının yağ asitleri kompozisyonu üzerinde etkili olduğunu belirlemişlerdir. Doymuş yağ asitleri oranını, daha yüksek bölgede (Karaman) yetişmiş çeşitlerin yağlarında daha yüksek, yüksekliği az olan bölgede (Mersin ve Antalya) yetişmiş

çeşitlerin yağlarında ise daha düşük belirlemişlerdir. Öte yandan, sıcaklığın daha serin geçtiği Karaman çeşitlerinde palmitik ve stearik asit oranlarının, sıcaklığın daha ılıman geçtiği Mersin ve Antalya çeşitlerinkinden daha yüksek, doymamış yağ asitleri oranının ise daha düşük olduğunu belirlemişlerdir. Benzer sonuçlar her iki yıl için de stearik asit hariç bizim çalışmamızda kullandığımız yağlarda da elde edilmiştir.

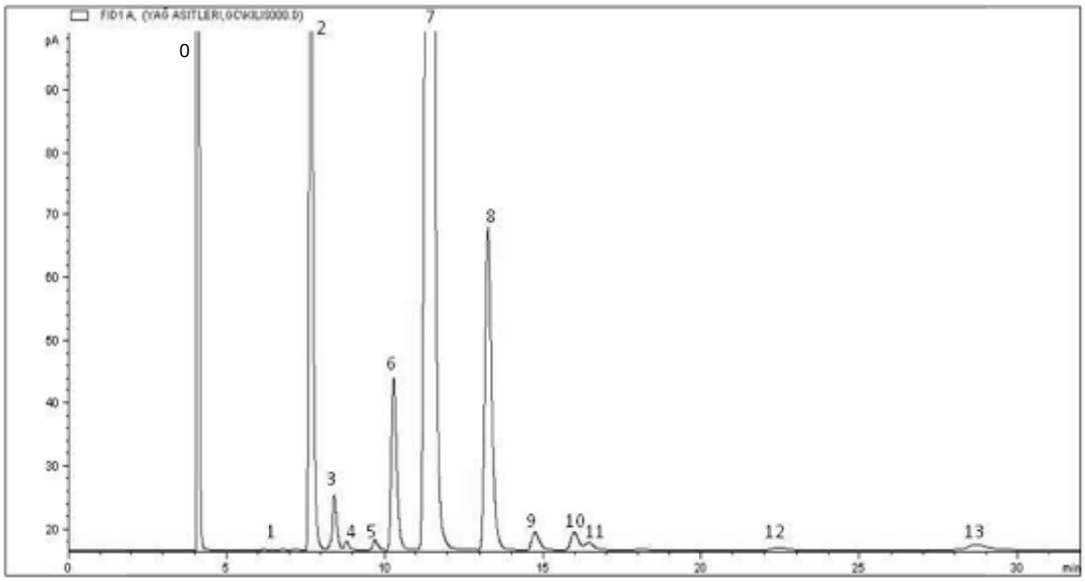
Zeytinyağlarında oleik asit/linoleik asit oranı zeytinyağlarının oksidatif stabilitesinin belirlenmesinde sıklıkla kullanılan bir parametredir. Bu değerin yüksek olması zeytinyağının oksidasyona dayanıklı olduğunu göstermektedir (Benito ve ark., 2010; Youssef ve ark., 2011b). Zeytinyağı örneklerinde oleik asit/linoleik asit oranı en yüksek her iki yılda da KYB'da (2010 yılı için 8.97, 2011 yılı için 10.08) olup bunu KY izlemiş ve en düşük ise NY (2010 yılı için 4.85, 2011 yılı için 8.60) çeşidinde saptanmıştır. Genel olarak bakıldığında oleik asit/linoleik asit oranı kendi bölgesinde yetişen çeşitlerde daha yüksek gözlenmiştir. Zeytin çeşitlerine bağlı olarak değişkenlik gösteren bu oranı (Dabbou ve ark. 2010), zeytinlerin olgunluk durumu da etkilemektedir (Vekiari ve ark., 2010). Önceki çalışmalarda oleik asit/linoleik asit oranı İspanyol zeytinyağlarından Racimilla'da 10.92, Bodocal'da 5.07 ve Negral'de 8.04 (Benito ve ark., 2010); Tunus zeytinyağlarından Queslati'de 5.60 ve Chemlali'de ise 4.91 (Youssef ve ark., 2011c) olduğu bildirilmiştir. İtalyan zeytinyağlarında ise zeytinin çekirdekli, çekirdeksiz işlenmesi durumuna bağlı olarak 5 farklı çeşitte 4.16-9.61 arasında değiştiği bildirilmiştir (Patumi ve ark., 2003). Cezayir'in Chemlal çeşidinin 4 farklı hasat zamanında toplanmasına bağlı olarak elde edilen yağlarda oleik asit/linoleik asit oranı sırasıyla 6.9, 5.9, 5.7 ve 5.1 olarak belirlenmiştir (Bengana ve ark., 2013).



Şekil 4.1. Nizip yağlık zeytinyağına ait yağ asitleri kromatogramı (2011 yılı)
0, Çözgen (n-hekzan); 1, Miristik asit; 2, Palmitik asit; 3, Palmitoleik asit; 4, Margarik asit; 5, Margoleik asit; 6, Stearik asit; 7, Oleik asit; 8, Linoleik asit; 9, Araşidik asit; 10, Linolenik asit; 11, Gadoleik asit; 12, Behenik asit; 13, Lignoserik asit.

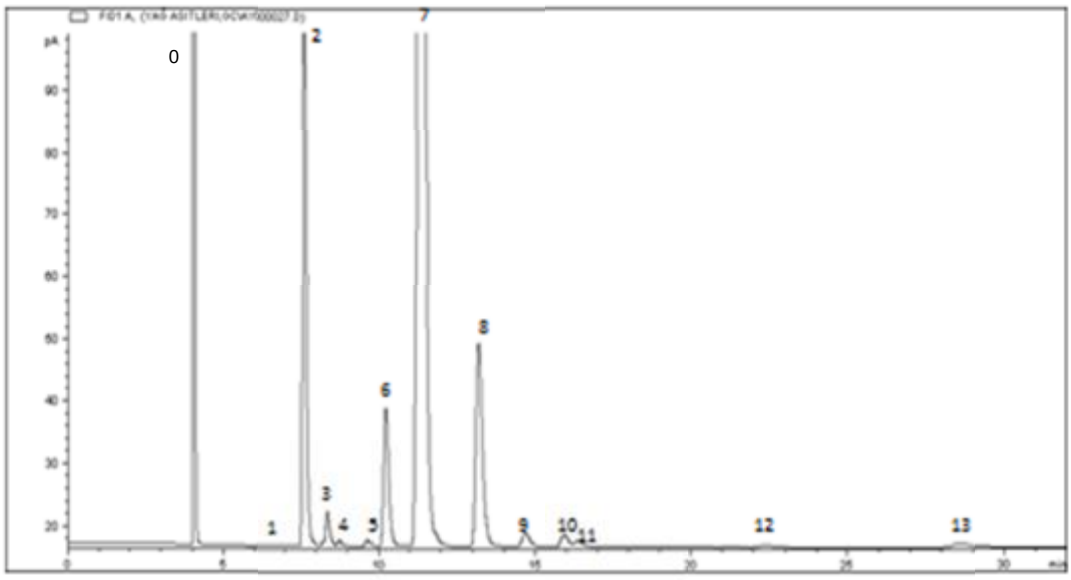


Şekil 4.2. Nizip yağlık (Bornova) zeytinyağına ait yağ asitleri kromatogramı (2011 yılı)
0, Çözgen (n-hekzan); 1, Miristik asit; 2, Palmitik asit; 3, Palmitoleik asit; 4, Margarik asit; 5, Margoleik asit; 6, Stearik asit; 7, Oleik asit; 8, Linoleik asit; 9, Araşidik asit; 10, Linolenik asit; 11, Gadoleik asit; 12, Behenik asit; 13, Lignoserik asit.



Şekil 4.3. Kilis yağlık zeytinyağına ait yağ asitleri kromatogramı (2011 yılı)

0, Çözgen (n-hekzan); 1, Miristik asit; 2, Palmitik asit; 3, Palmitoleik asit; 4, Margarik asit; 5, Margoleik asit; 6, Stearik asit; 7, Oleik asit; 8, Linoleik asit; 9, Araşidik asit; 10, Linolenik asit; 11, Gadoleik asit; 12, Behenik asit; 13, Lignoserik asit.

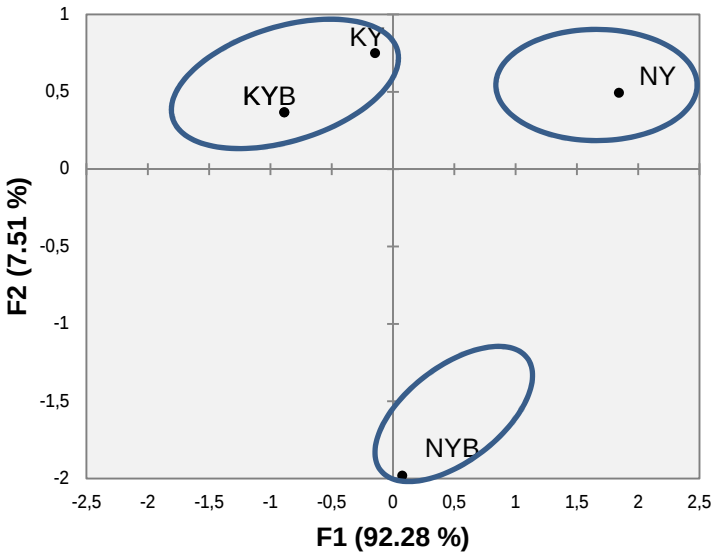


Şekil 4.4. Kilis yağlık (Bornova) zeytinyağına ait yağ asitleri kromatogramı (2011 yılı)

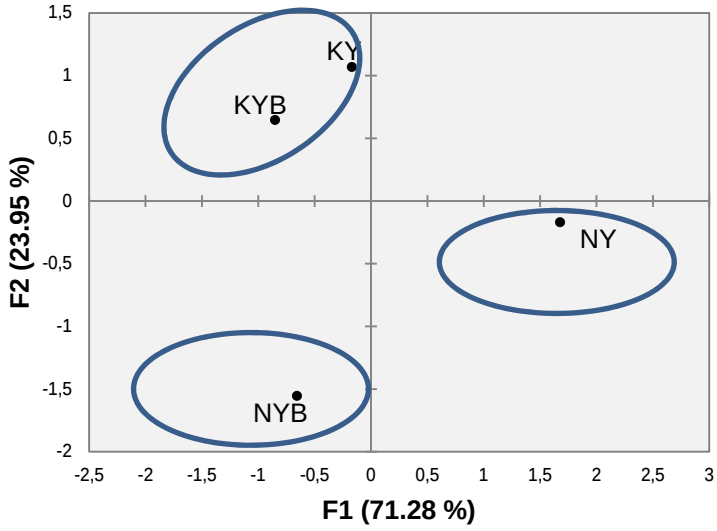
0, Çözgen (n-hekzan); 1, Miristik asit; 2, Palmitik asit; 3, Palmitoleik asit; 4, Margarik asit; 5, Margoleik asit; 6, Stearik asit; 7, Oleik asit; 8, Linoleik asit; 9, Araşidik asit; 10, Linolenik asit; 11, Gadoleik asit; 12, Behenik asit; 13, Lignoserik asit

4.3.2. Yağ Asitlerinin Temel Bileşen Analiz Sonuçları

Zeytin çeşitlerinin yetiştiği bölgeye göre zeytinyağların yağ asitleri bileşimleri arasındaki benzerlik ve farklılığın saptanabilmesi için yapılan temel bileşen analizleri sonuçları 2010 ve 2011 yılları için sırasıyla Şekil 4.5 ve 4.6'da verilmiştir. Görüldüğü gibi yağ asitleri içeriklerine göre zeytinyağları her iki yılda da 3 farklı gruba ayrılmıştır. Her iki yılda da çeşitlerin temel bileşen analizlerinde oluşturdukları gruplar benzerlik göstermiştir. KY ve KYB aynı grupta yer alırken, NY ve NYB farklı gruplarda bulunmuştur. Bu sonuçlara göre, KY ve KYB çeşitleri yağlarının yağ asitleri kompozisyonunun, NY çeşitlerine göre birbirlerine daha benzer olduğu saptanmıştır. Temel Bileşenler Analizi ile zeytinyağlarının, yağ asitleri bileşenlerine bağlı olarak bölgesel sınıflandırılmasına ilişkin, uluslararası bazı araştırmalar da bulunmaktadır (Lanteri ve ark., 2002; Ruiz Dominguez ve ark., 2013). Ülkemiz zeytinyağlarında ise Yorulmaz ve ark. (2013) Edremit ve Memecik çeşitlerinin farklı hasat zamanlarında toplanmasıyla yağ asitleri içeriğindeki değişime bağlı olarak sınıflandırılmasını PCA analizi kullanarak yapmışlardır. Gürdeniz ve ark. (2008) ülkemiz zeytinyağlarını çeşit, coğrafi bölge ve hasat yıllarına bağlı olarak temel bileşen analizleri (PCA) uygulamasının, zeytinyağlarının yağ asitleri profillerine göre sınıflandırılmasında oldukça başarılı sonuçlar verdiğini bildirmişlerdir. Dıraman ve Dibeklioğlu (2014) Türkiye'nin Ege ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yetişmiş çeşitlerin 2001 ve 2002 hasat yıllarında elde edilmiş yağlarında çeşit, bölge ve yıl farkına bağlı olarak yağ asitlerine göre sınıflandırılmasında PCA analizi kullanmışlardır.



Şekil 4.5. Zeytinyağların yağ asitlerinin PCA sonuçları (2010 yılı)



Şekil 4.6. Zeytinyağların yağ asitlerinin PCA sonuçları (2011 yılı)

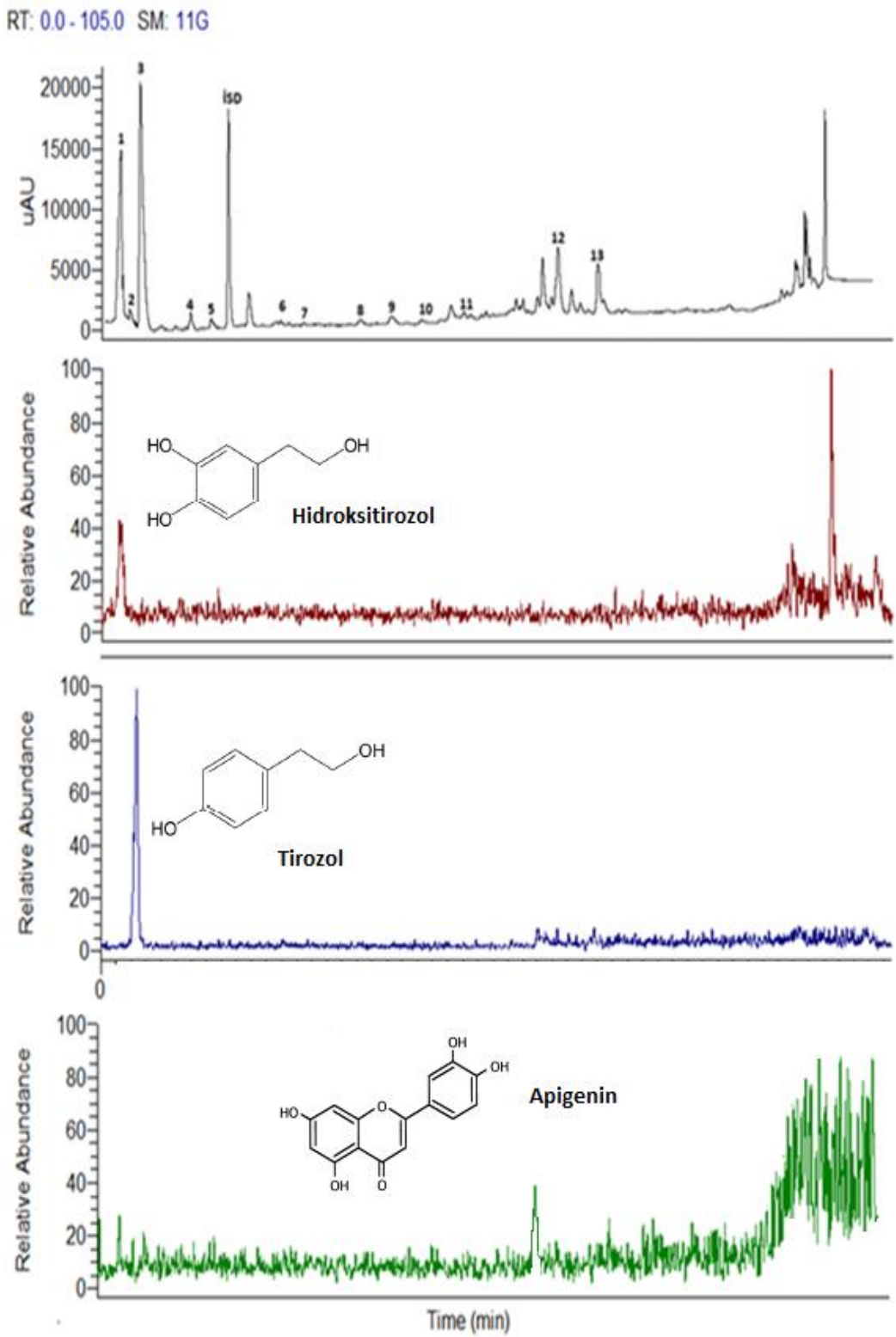
4.4. Zeytinyağların Fenol Bileşikleri

Fenol bileşikleri zeytinyağlarının duyusal özellikleri ve oksidatif stabiliteleri üzerine etkili olmaktadır. Zeytinyağlarının fenol bileşiklerine ait alıkonma zamanları, kütle spektroskopi verileri ve UV spektrumları Çizelge 4.7'de, bu bileşiklerin HPLC ve HPLC-ESI-MS spektrumları Şekil 4.7'de görülmektedir. 2010 ve 2011 yıllarında elde edilen zeytinyağlarının fenol bileşikleri ve miktarları Çizelge 4.8 ve 4.9'da, zeytinyağların fenol bileşiklerine ait kromatogramları ise Şekil 4.8'de verilmiştir. Her iki yılda da zeytinyağı örneklerinde toplam 14 adet fenolik bileşik tanımlanmış ve miktarları belirlenmiştir. Fenol bileşikleri içerisinde örneklerin tamamında en baskın elenolik asit olup, bunu tirozol izlemektedir. 2010 yılı örneklerinde elenolik asit toplam fenol bileşiklerinin %66.8-75.2'sini, 2011 yılında ise %64.4 ile 65.3'ünü oluşturmuştur. 2011 yılı örnekleri, 2010 yılına oranla her dört zeytinyağı örneğinde de daha fazla miktarda fenol bileşikleri içerdiği saptanmıştır. Önceki çalışmalarda da zeytinyağlarında fenol bileşikleri miktarı üzerine zeytinlerin hasat yılının etkili faktörlerden biri olduğu bildirilmiştir (Uceda ve ark., 2005; El Riachy ve ark., 2011; Agiomyrgianaki ve ark., 2012). Fenol bileşikleri konsantrasyonu, çevresel şartlar, yağ üretim yöntemi ve depolama şartları başta olmak üzere, bir çok faktöre bağlı olarak değişmektedir (Visioli ve ark., 2002; Waterman ve ark., 2007; Kalua ve ark., 2007; Baiano ve ark., 2013). Zeytinyağlarında toplam fenol bileşiğinin çeşitli faktörlere bağlı olarak değiştiğini gösteren birçok çalışma yapılmıştır. Gimeno ve ark. (2002) zeytinlerin olgunluk derecesinin toplam fenol bileşikleri üzerine etkilerini inceledikleri bir çalışmada toplam fenol miktarının 61.48-98.38 mg/kg arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Cerretani ve ark. (2006) İtalya'nın Sardunya ve Fransa'nın Korsika adaları olmak üzere iki farklı bölgede yetiştirilen 7 zeytin çeşidinden elde edilen yağların toplam fenol miktarlarını 77.75-695.84 mg/kg arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Arslan ve ark. (2013) Türkiye'nin güney bölgesinde (Antalya, Mersin ve Karaman) yetiştirilen Sarıulak çeşidinden elde edilen yağlarda, bölge farkının zeytinyağlarının fenol bileşikleri üzerine etkisinin önemli olduğunu belirtmişlerdir. Öte yandan, Çizelge 4.8 ve 4.9'da farklı zeytinyağlarının sahip oldukları fenol bileşikleri içerikleri de verilmiştir (Romero ve ark., 2002;

Pinelli ve ark., 2003; Andjelkovic ve ark., 2009; Ocakoğlu ve ark., 2009; Alkan ve ark., 2011; Ouni ve ark., 2011). Çalışmada kullandığımız zeytinyağlarının fenol bileşikleri içeriklerinin bu literatür verileriyle uyum içerisinde olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.7. Fenol bileşiklerinin alıkonma zamanları, MS verileri ve UV spektrumları

Fenol Bileşikleri	Pik no	Alıkonma zamanı (dak)	λ max (nm)	$[M-H]^-$ (m/z)
Hidroksitirozol	1	2.1	230, 280	153
4-Hidroksibenzoik asit	2	2.6	254	137
Tirozol	3	4.2	230, 275	137
2,3-Dihidroksibenzoik asit	4	10.1	320	153
Kafeik asit	5	12.2	320, 300	179
Vanilik asit	6	20.1	262	167
Vanilin	7	24.3	309, 284	151
Sirinjik asit	8	29.1	275	197
p-Kumarik asit	9	33.3	308	163
Ferulik asit	10	36.7	323, 293	193
Sinamik asit	11	40.5	278	147
Elenolik asit	12	45.2	240	241
Apigenin	13	46.8	230, 270, 340	269
Luteolin	14	50.2	255, 350	285



Şekil 4.7. Fenol bileşiklerinin HPLC ve HPLC-MS elektrosprey spektrumları

Çizelge 4.8. Zeytinyağlarının fenolik bileşen içerikleri (2010 yılı)

Fenol Bileşikleri	(mg/kg) NY	NYB	KY	KYB	Literatür verileri	Kaynaklar
1- Hidroksitirozol	4.14±0.16^{b}	1.81±0.04^{c}	1.56±0.02^{d}	4.26±0.06^{a}	0.07-7.36	x, y, z
2- 4-Hidroksibenzoik asit	0.44±0.00^{a}	0.07±0.00^{d}	0.23±0.00^{c}	0.28±0.00^{b}	0 - 0.69	x, y
3- Tirozol	12.45±0.44^{c}	14.68±0.11^{b}	15.84±0.11^{a}	13.25±0.13^{b}	0.25-19.3	x, y, f
4- 2,3-Dihidroksibenzoik asit	0.21±0.01^{c}	0.27±0.00^{b}	0.29±0.00^{a}	0.19±0.01^{d}	0 - 0.99	x, y
5- Kafeik asit	0.05±0.00^{b}	0.06±0.01^{a}	0.06±0.02^{a}	0.04±0.00^{c}	0 - 0.05	x, y
6- Vanilik asit	0.04±0.01^{bc}	0.05±0.00^{b}	0.06±0.01^{a}	0.03±0.00^{c}	0 - 0.86	x, y, z
7- Vanilin	0.02±0.01^{b}	0.02±0.00^{b}	0.03±0.00^{a}	0.02±0.01^{b}	0 - 0.85	x, y, z
8- Sirinjik asit	0.46±0.02^{d}	0.58±0.01^{c}	0.91±0.07^{b}	1.40±0.03^{a}	0.02-0.4	x, y, z
9- *p*-Kumarik asit	0.63±0.07^{d}	0.82±0.01^{c}	1.30±0.09^{b}	2.01±0.01^{a}	0.01-0.96	x, y, z
10- Ferulik asit	0.09±0.00^{b}	0.06±0.00^{c}	0.26±0.00^{a}	0.09±0.00^{b}	0 - 0.28	x, y, z, f
11- Sinamik asit	1.74±0.28^{a}	1.25±0.03^{b}	0.51±0.01^{c}	1.17±0.03^{b}	0 - 2.55	x, y
12- Elenolik asit	56.04±1.06^{c}	52.10±0.50^{d}	61.07±0.94^{b}	67.04±0.94^{a}	12 - 184	g, h
13- Apigenin	1.83±0.03^{b}	1.17±0.01^{c}	4.96±0.06^{a}	1.86±0.02^{b}	0-24.06	x, y, f
14- Luteolin	1.51±0.31^{d}	1.77±0.02^{c}	4.38±0.02^{a}	2.74±0.01^{b}	0-43.76	x, y, z, f
Toplam Fenol Bileşikleri	**79.65±0.78^{c}**	**74.71±1.11^{d}**	**91.45±1.04^{a}**	**89.20±0.63^{b}**		

[x] Ocakoğlu ve ark., 2009; [y] Alkan ve ark., 2011; [z] Andjelkovic ve ark., 2009; [f] Ouni ve ark., 2011; [g] Romero ve ark., 2002; [h] Pinelli ve ark., 2003.
Sonuçlar 3 tekerrürün ortalamasıdır. ± standart sapma. Aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel olarak farklıdır (p<0.05)

Çizelge 4.9. Zeytinyağlarının fenolik bileşen içerikleri (2011 yılı)

	(mg/kg)					
Fenol Bileşikleri	NY	NYB	KY	KYB	Literatür verileri	Kaynaklar
1- Hidroksitirozol	5.68±0.04^{a}	5.29±0.28^{b}	3.74±0.04^{c}	3.54±0.17^{c}	0.07-7.36	x, y, z
2- 4-Hidroksibenzoik asit	0.62±0.00^{a}	0.57±0.04^{b}	0.26±0.01^{c}	0.24±0.02^{c}	0 - 0.69	x, y
3- Tirozol	18.73±0.38^{a}	17.50±0.78^{b}	13.39±0.09^{c}	12.67±0.62^{c}	0.25-19.3	x, y, f
4- 2,3-Dihidroksibenzoik asit	0.31±0.01^{b}	0.28±0.02^{b}	0.41±0.00^{a}	0.38±0.04^{a}	0 - 0.99	x, y
5- Kafeik asit	0.02±0.00^{b}	0.02±0.01^{b}	0.08±0.00^{a}	0.08±0.01^{a}	0 - 0.05	x, y
6- Vanilik asit	0.05±0.00^{b}	0.05±0.01^{b}	0.07±0.02^{a}	0.06±0.01^{ab}	0 - 0.86	x, y, z
7- Vanilin	0.02±0.00^{b}	0.02±0.00^{b}	0.03±0.00^{a}	0.03±0.01^{a}	0 - 0.85	x, y, z
8- Sirinjik asit	0.66±0.03^{b}	0.62±0.02^{b}	1.28±0.09^{a}	1.16±0.14^{a}	0.02-0.4	x, y, z
9- *p*-Kumarik asit	0.90±0.10^{b}	0.86±0.01^{b}	1.83±0.12^{a}	1.69±0.15^{a}	0.01-0.96	x, y, z
10- Ferulik asit	0.12±0.01^{b}	0.38±0.45^{a}	0.36±0.01^{a}	0.34±0.02^{a}	0 - 0.28	x, y, z, f
11- Sinamik asit	0.77±0.01^{b}	0.71±0.04^{b}	1.86±0.02^{a}	1.74±0.12^{a}	0 - 2.55	x, y
12- Elenolik asit	68.22±0.29^{a}	62.52±1.26^{b}	61.42±0.54^{c}	60.10±1.10^{d}	12 - 184	g, h
13- Apigenin	2.31±0.11^{b}	2.18±0.07^{c}	2.99±0.03^{a}	2.81±0.16^{a}	0-24.06	x, y, f
14- Luteolin	6.38±0.17^{c}	5.98±0.24^{c}	7.57±0.14^{a}	7.19±0.31^{b}	0-43.76	x, y, z, f
Toplam Fenol Bileşikleri	**104.80±0.45^{a}**	**96.97±2.42^{b}**	**95.30±0.52^{b}**	**92.01±1.40^{c}**		

[x] Ocakoğlu ve ark., 2009; [y] Alkan ve ark., 2011; [z] Andjelkovic ve ark., 2009; [f] Ouni ve ark., 2011; [g] Romero ve ark., 2002; [h] Pinelli ve ark., 2003.
Sonuçlar 3 tekerrürün ortalamasıdır. ± standart sapma. Aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel olarak farklıdır (p<0.05)

4.4.1. Bölge ve Yıl Farkının Fenol Bileşikleri Üzerine Etkisi

Zeytinyağlarında hidroksitirozol, 4-hidroksibenzoik asit, tirozol, 2,3-dihidroksibenzoik asit, kafeik asit, vanilik asit, vanilin, sirinjik asit, *p*-kumarik asit, ferulik asit, sinamik asit, elenolik asit, apigenin ve luteolin olmak üzere toplam 14 adet fenol bileşiği saptanmıştır. NY ve KY çeşitlerinin fenol bileşikleri kıyaslandığında her iki yılda da istatistiksel olarak da çeşitler arasında önemli farklılıklar saptanmıştır. Benzer şekilde, Uceda ve ark. (2005) İspanya'nın Cordoba şehrinde elde edilen 24 farklı zeytinyağının toplam fenol bileşikleri içeriğini etkileyen en önemli faktörün zeytin çeşidi olduğunu bildirmişlerdir. El Riachy ve ark. (2011) ise zeytinyağların fenol bileşikleri arasındaki farklılıkların %63 oranında çeşite bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Garcia ve ark. (2012) 4 farklı zeytin çeşidinden (Cordovil, Carrasquinha, Verdeal, Negrinha do Freixo) elde edilen zeytinyağlarında fenol bileşiklerinin çeşitlere bağlı olarak değiştiği ve Verdeal'ın polifenol miktarları bakımından en iyi kompozisyona sahip çeşit olduğu belirtilmiştir. Öte yandan, Baiano ve ark. (2013) aynı bölgede yetişen farklı zeytin çeşitlerinin yağlarındaki fenol bileşiklerinin çeşitler arasında farklılıklar gösterdiğini bildirmişlerdir.

Zeytinyağların toplam fenol bileşikleri miktarı her iki yılda da kendi bölgesinde yetişen çeşitlerden elde edilen yağlarda daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Fenol bileşiklerinin miktarı 1. yıl örneklerinde toplam 74.71-91.45 mg/kg ve 2. yıl örneklerinde ise 92.01-104.80 mg/kg arasında değişmiştir. 1.Yıl örneklerinde KY çeşidinden elde edilen yağ fenol bileşikleri bakımından en zengin çeşit olarak saptanırken NYB çeşidinden elde edilen yağın en düşük değere sahip olduğu belirlenmiştir. 2. Yıl örneklerinde ise, toplam fenol bileşikleri miktarı en yüksek NY çeşidinin yağında belirlenirken, en düşük KYB çeşidinden elde edilen yağlarda tespit edilmiştir. Yetiştiği bölgeye bağlı olarak çeşitlerin toplam fenol bileşikleri miktarları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Agiomyrgianaki ve ark. (2012) Yunanistan'ın dört farklı bölgesinden alınan dört farklı zeytin çeşidinden elde edilen yağlarda fenol bileşiklerinin yıllara göre değişkenlik gösterdiğini belirtmişlerdir. Benzer şekilde, Paz Romero ve ark.

(2003) da İspanyol zeytinyağlarında 4 farklı hasat yılında inceledikleri fenol bileşiklerinin iklim koşullarına bağlı olarak yıllar arasında değişkenlik gösterdiğini belirlemişlerdir. Criado ve ark. (2004) İspanya'nın üç farklı bölgesinde yetişen Arbequina çeşidi yağlarında yüksekliği fazla olan bölgede hidroksitirozol ve tirozol miktarlarını daha yüksek olarak tespit etmişlerdir. Benzer şekilde Arslan ve ark. (2013) Antalya, Mersin ve Karaman'da yetişen Sarıulak çeşidi yağında, yüksekliği en fazla olan Karaman'da yetişen çeşitte fenol bileşikleri miktarını daha yüksek belirlemişlerdir. Issaoui ve ark. (2013) Kuzey ve Güney Tunus'ta yetiştirilen iki farklı zeytin çeşidinden elde edilen yağlarda, fenol bileşikleri üzerine bölge farklılığı, iklim koşulları ve yüksekliğin etkilerini araştırdıkları bir çalışmada daha yüksek bölgede yetişen çeşitte, fenol bileşikleri daha yüksek bulunmuş ve oksidasyona dayanıklılığının da daha iyi olduğu sonucuna varılmıştır. Gomez-Alonso ve ark. (2003) farklı çeşitlerden elde ettikleri İspanyol zeytinyağları üzerinde yaptıkları çalışmada, fenol bileşikleri miktarının Arbequina'da 25.5±1.85 mg/kg, Hojiblanca'da 33.6±3.14 mg/kg, Picual'da 37.9±4.64 mg/kg ve Cornicabra'da 39.2±1.80 mg/kg olarak saptamışlardır.

Zeytinyağlarının fenol bileşikleri kompozisyonuna bakıldığında, hem 2010 hem de 2011 yılında elenolik asit tüm çeşitlerde baskın fenol bileşiğidir. Bunu sırasıyla tirozol, hidroksitirozol, luteolin ve apigenin izlemiştir. Elenolik asit zeytinyağlarında ilk defa Montedoro ve ark. (1992) tarafından belirlenmiştir. 2010 ve 2011 yılı örneklerinden elde edilen yağlarda elenolik asit miktarı sırasıyla 52.10-67.04 mg/kg ve 60.10-68.22 mg/kg arasında belirlenmiştir. Önceki çalışmalarda farklı İtalyan zeytinyağlarında elenolik asit miktarı 32-184 mg/kg (Pinelli ve ark. 2003) ve İspanyol zeytinyağlarında ise 12-65 mg/kg (Romero ve ark. 2002) arasında olduğu bildirilmiştir.

Tirozol, feniletil alkol türevi olan, doğal kaynaklarda ve özellikle de zeytinyağlarında bulunan antioksidan özellikte bir fenol bileşiğidir. Zeytinyağı örneklerinde bu bileşiğin miktarı 2010 yılında 12.45- 15.84 mg/kg, 2011 yılında da 12.67-18.73 arasında değişmiştir. Tirozol miktarı birinci yıl KY (15.84 mg/kg) çeşidinden elde edilen yağda en yüksek düzeydeyken, bunu sırasıyla NYB (14.68 mg/kg), KYB (13.25 mg/kg) ve NY (12.45 mg/kg) çeşitlerinden elde edilen yağlar

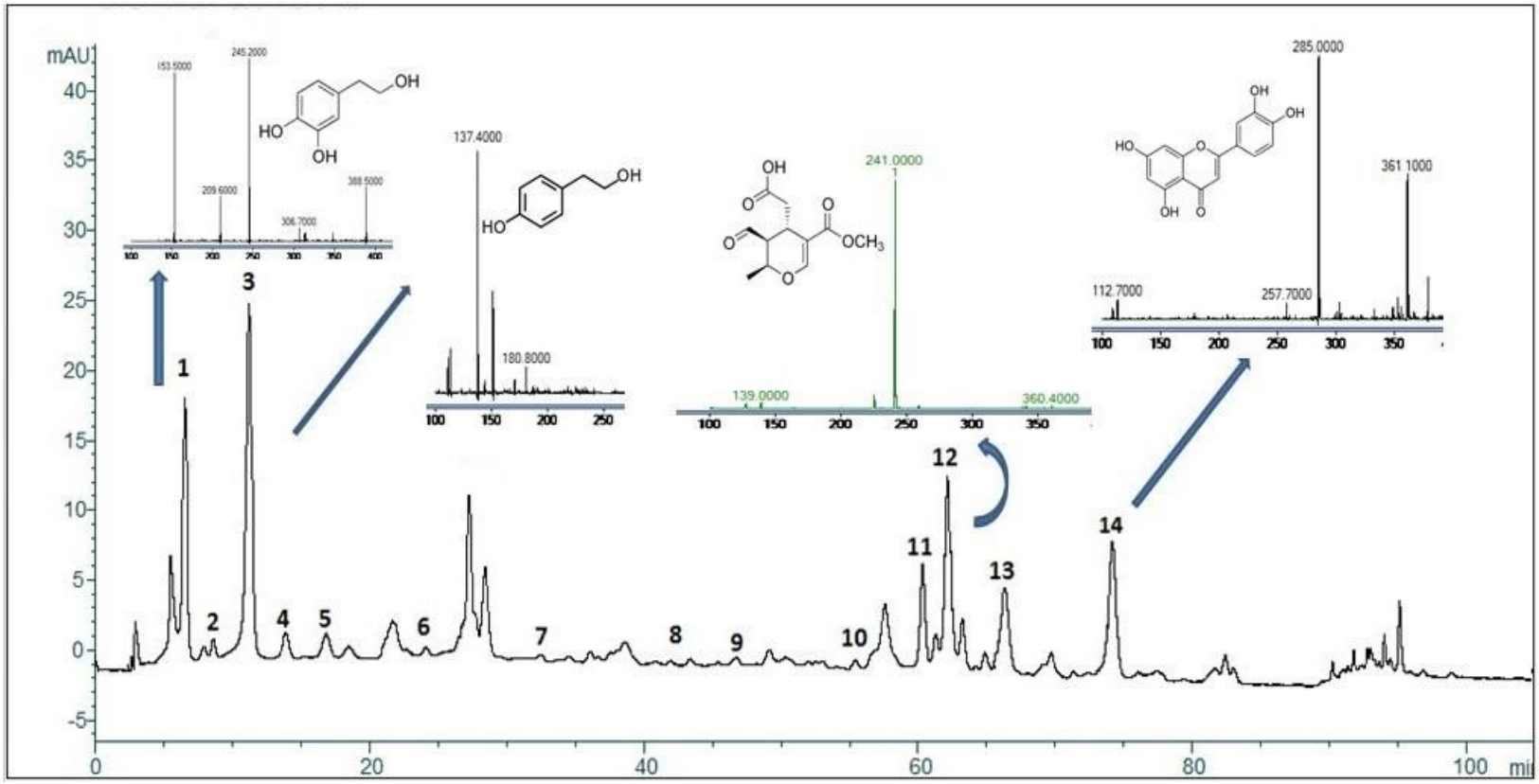
izlemiştir. İkinci yıl verilerine bakıldığında NY ve NYB çeşitlerinin tirozol miktarında artış, KY ve KYB çeşitlerinde düşüş belirlenmiştir. İkinci yıl en yüksek tirozol miktarı NY (18.73 mg/kg) yağında olup bunu sırasıyla NYB (17.50 mg/kg), KY (13.39 mg/kg) ve KYB (12.67 mg/kg) çeşitlerinden elde edilen yağlar izlemiştir.

Hidroksitirozol, zeytin ve zeytinyağında bulunan, oleuropinin başlıca parçalanma ürünü olan doğal-güçlü fenolik bir antioksidandır. Hidroksitirozol'ün serbest radikal baskılayıcı ve ayrıca zeytinyağlarında acılaşmayı önleyici özellikleri bulunmaktadır. Zeytinyağlarında hidroksitirozol'ün miktarı birinci yıl en yüksek KYB (4.26 mg/kg) ve en düşük KY (1.56 mg/kg) zeytinyağlarında, ikinci yılda ise en yüksek NY (5.68 mg/kg) ve en düşük KYB (3.54 mg/kg) zeytinyağlarında belirlenmiştir. Önceki çalışmalarda da tirozol ve hidroksitirozol'ün yağlarda önemli fenol bileşikleri olduğu belirtilmiştir (Tripoli ve ark., 2005, Boselli ve ark., 2009; Alkan ve ark., 2013). Konuşkan (2008) farklı lokasyonlardan dört farklı hasat zamanında alınan Halhalı, Sarı Haşebi ve Gemlik çeşitlerinden elde edilen yağlarda hidroksitirozol miktarını 0.28-1.79 mg/100 g, 0.29-2.05 mg/100 g ve 0.28-1.84 mg/100 g arasında belirlemiştir. Alkan ve ark. (2011) iki yılı kapsayan araştırmada hidroksitirozol'ün miktarının 1.13-18.57 mg/kg arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Bakhouche ve ark. (2013) yaptıkları çalışmada hidroksitirozol miktarını 2.6 ile 4.6 mg/kg arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Kesen ve ark. (2013b) 2010 ve 2012 hasat yıllarında Hatay'da yetiştirilen Halhalı çeşidinden elde edilen yağlarda tirozol ve hidroksitirozol miktarlarını sırasıyla 10.25-14.82 mg/kg ve 5.53-5.18 mg/kg arasında belirlemişlerdir. Bu veriler ışığında örneklerin tirozol ve hidroksitirozol miktarları literatür verileri ile uyum içerisindedir.

Fenol bileşikleri içerisinde luteolin ve apigenin de miktar olarak önemli düzeylerde bulunmuştur. Apigenin, flavon sınıfına ait bir flavonoiddir ve kimyasal olarak 4,5,7-trihidroksi flavon olarak bilinir. Apigenin'in miktarı 2010 yılı örneklerinde 1.17-4.96 mg/kg ve 2011 yılı örneklerinde ise 2.18-2.99 mg/kg arasında değişmiştir. Luteolin, zeytin ve zeytinyağlarında bulunan, sarı renkte ve antioksidan özellikte flavonoid yapısında olan bir bileşiktir. Luteolin'in miktarı, 2010 yılı örneklerinde 1.51-4.38 mg/kg ve 2011 yılı örneklerinde 5.98-7.57 mg/kg

arasında değişmiştir. 2011 yılı örneklerinde apigenin (KY zeytinyağı hariç) ve luteolin bileşiklerinin miktarı 2010 yılına göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. İlyasoğlu ve Özçelik (2011b) Memecik çeşidinden elde edilen zeytinyağlarının luteolin içeriğinin 0.97-3.68 mg/kg ve apigenin içeriğinin ise 0.8-1.39 mg/kg arasında olduğunu bildirmişlerdir.

Fenol bileşikleri miktarları ile ilgili genel bir değerlendirme yaptığımızda, çalışmamızda kullanılan zeytinyağlarının fenol bileşikleri içeriğinin Tunus'ta üretilen (Oueslati, Chétoui ve Chemlali) zeytinyağlarından yüksek (Nakbi ve ark., 2010; Ouni ve ark., 2011), Fransa (Aglandau ve Tanche), İspanya (Cornicabra, Picual ve Verdial) (Andjelkovic ve ark., 2008), İtalya (La Pepa ve Severini) (Cioffi ve ark., 2010) ve Yunanistan (Mavrolia ve Koroneiki) (Anastasopoulos ve ark., 2012) yağlarından düşük olduğu saptanmıştır. Elde ettiğimiz verilerin ayrıca, ülkemizde üretilen Memecik, Erkence, Gemlik, Ayvalık, Domat ve Nizip zeytinyağları ile benzerlik gösterdiği saptanmıştır (Ocakoğlu ve ark., 2009).

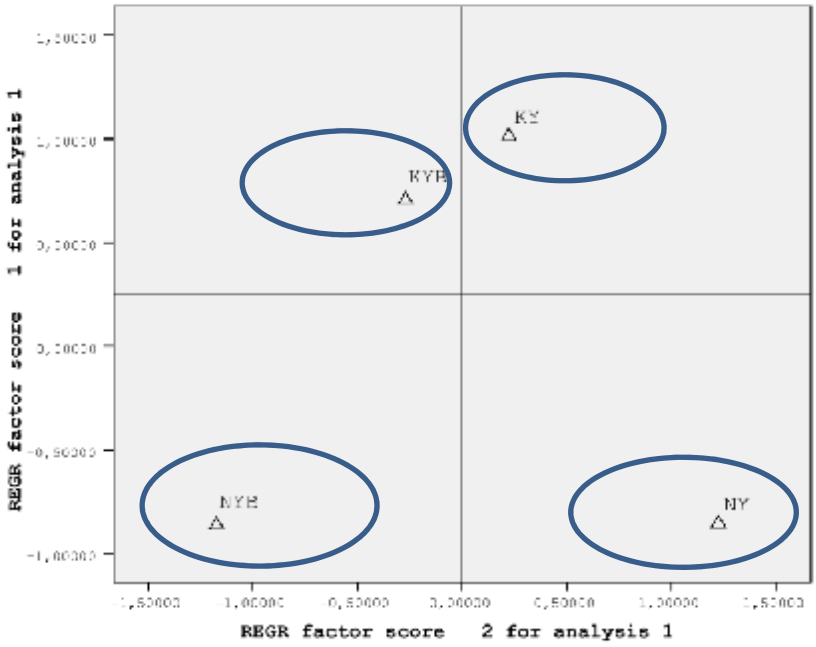


Şekil 4.8. Fenol bileşiklerinin LC-MS Kromatogramı

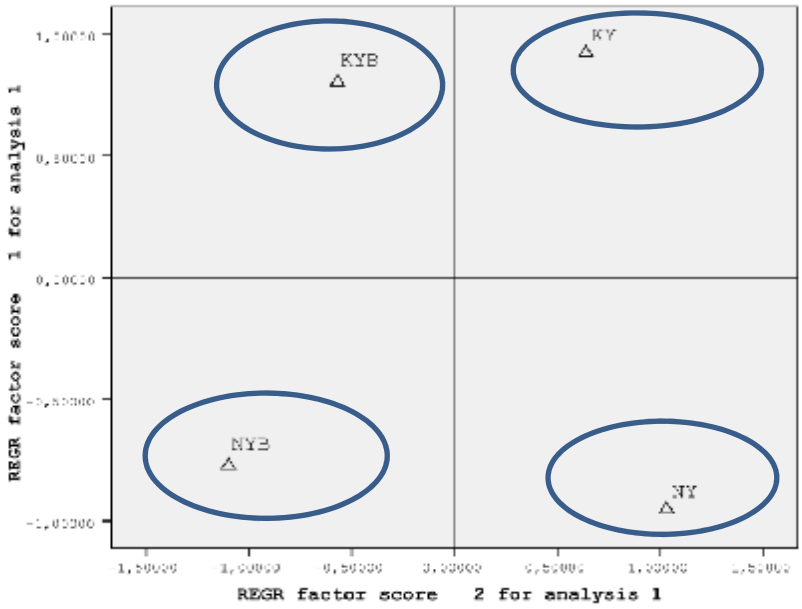
1, Hidroksitirozol; 2,4-hidroksibenzoik asit; 3, tirozol; 4, 2,3-dihidroksibenzoik asit; 5, kafeik asit; 6, vanilik asit; 7, vanilin; 8, sirinjik asit; 9, *p*-kumarik asit; 10, ferulik asit; 11, sinamik asit; 12, elenolik asit; 13, apigenin; 14, luteolin.

4.4.2. Fenol Bileşiklerinin Temel Bileşen Analiz Sonuçları

Zeytinyağların fenol bileşiklerine göre yapılan temel bileşen analizlerine ait sonuçlar Şekil 4.9 ve 4.10'da verilmiştir. Görüldüğü gibi fenol bileşikleri içeriklerine göre zeytinyağları her iki yılda da 4 farklı gruba ayrılmıştır. Öte yandan, 4 grup içerisinde KY ve KYB çeşitleri, fenol bileşikleri açısından NY çeşitlerine göre birbirlerine daha benzer olduğu saptanmıştır. Temel bileşenler analizi ile zeytinyağlarının, fenol bileşiklerine bağlı olarak bölgesel sınıflandırılmasına ilişkin, uluslararası bazı araştırmalar bulunmaktadır. Ouni ve ark. (2011) Tunus zeytinyağlarının fenol bileşikleri içeriklerinin coğrafi bölgelere göre PCA analizlerinde farklı gruplar oluşturduklarını tespit etmişlerdir. Araştırmacılar, çevresel faktörlerin fenolik fraksiyonların kalitatif ve kantitatif üretimleri üzerine etkili olduğunu ve bu bileşiklerin çeşitlerin farklılığının belirlenmesinde ve coğrafi bölgelerin saptanmasında belirleyici faktör olarak kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Benzer sonuçlar Lerma-Garcia ve ark. (2009) tarafından da belirtilmiştir. Ocakoğlu (2008) aynı bölgede yetişmiş farklı zeytin çeşitleri ile farklı bölgede yetişmiş aynı zeytin çeşitlerinden elde edilen zeytinyağlarını fenol bileşiklerine bağlı olarak PCA analizi ile sınıflandırmıştır.



Şekil 4.9. Zeytinyağların fenol bileşiklerinin PCA sonuçları (2010 yılı)

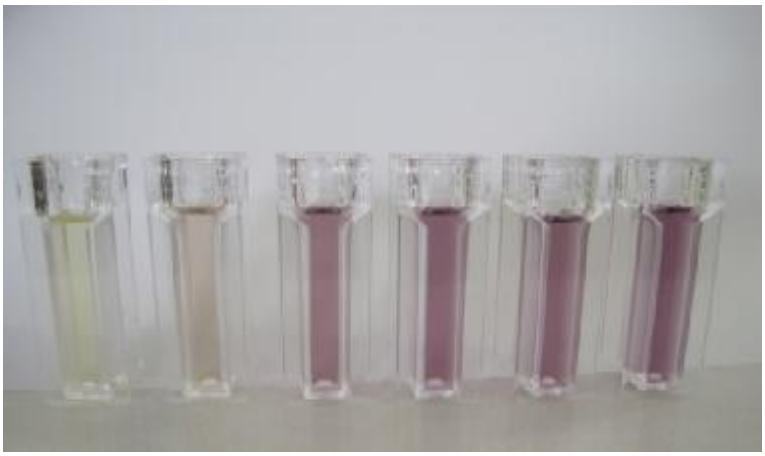


Şekil 4.10. Zeytinyağların fenol bileşiklerinin PCA sonuçları (2011 yılı)

4.5. Zeytinyağların Antioksidan Aktivite Değerleri

Zeytinyağların antioksidan kapasitelerine ait değerler Çizelge 4.10'da verilmiştir. Zeytinyağlarının antioksidan kapasitesi DPPH ve ABTS olmak üzere iki farklı yöntemle belirlenmiştir. DPPH ve ABTS yöntemlerinde gerçekleşen reaksiyonların zamana bağlı değişimleri spektrofotometrik yöntemle belirlenmiştir (Şekil 4.11 ve 4.12).

Fenol bileşikleri serbest radikalleri tutma özelliği göstererek bunların insan vücuduna vereceği çeşitli zararlardan korurlar (Zullo ve ark., 2008; Sonje ve ark., 2011). Yüksek aktiviteye sahip serbest radikal bileşikleri, yaşamsal faaliyetler sırasında veya solunum, enzim reaksiyonları, otooksidasyon reaksiyonları gibi endojen kaynaklar ile sigara dumanı, hava kirliliği, UV ışınları ve iyonize radyasyon gibi çeşitli çevresel kaynakların etkisiyle meydana gelebilmektedirler (Young ve Woodside, 2001). Serbest radikaller nötralize edilmediklerinde vücutta hücre membranı proteinlerini yıkarak hücreleri öldürmek, membran lipit ve proteinlerini yok ederek hücre membranını sertleştirip hücre fonksiyonunu engellemek ve bağışıklık sistemindeki hücreleri yok ederek bağışıklık sisteminin etkisini azaltmak yoluyla ciddi hasarlara neden olabilirler (Serteser ve Gök, 2003). Fenol bileşikleri serbest radikallerin bu olumsuzluklarını süpürücü etkiye sahip olan doğal antioksidanlardır.



Şekil 4.11. DPPH ile gerçekleşen reaksiyonun zamana karşı değişimi



Şekil 4.12. ABTS ile gerçekleşen reaksiyonun zamana karşı değişimi

Zeytinyağlarında 2010 yılında antioksidan aktivite değerleri DPPH ve ABTS yöntemlerinde sırasıyla 0.35-0.75 ve 1.03-1.59 mM Trolox/kg arasında, 2011 yılında da 0.55-0.71 ve 1.54-1.90 mM Trolox/kg arasında değişmiştir. DPPH ve ABTS yönteminde saptanan en yüksek antioksidan kapasite değeri birinci yıl KY çeşidinde, ikinci yıl ise NY çeşidinde belirlenirken, birinci yıl en düşük değer NYB çeşidinde, ikinci yıl KYB çeşidinde saptanmıştır. Çizelge 4.10'da görüldüğü gibi kendi bölgesinde yetişen çeşitlerde antioksidan kapasite değerleri daha yüksek bulunmuştur. Diğer önemli bir bulgu ise toplam fenol bileşikleri ile antioksidan kapasite değerlerinin birbirleriye bağlantılı değişimler göstermesidir. Toplam fenol bileşikleri miktarı fazla olan çeşit daha yüksek antioksidan aktivite göstermiştir. Nakbi ve ark. (2010) iki farklı zeytinyağı örneğinde fenol bileşiklerinin antioksidan kapasite değerlerini DPPH ve ABTS yöntemi kullanarak belirlemişlerdir. ABTS yönteminde antioksidan kapasite değeri Chemlali çeşidinin yağında 0.61 mM Trolox/kg olarak belirlenirken, Chetoui çeşidinde 2.42 mM Trolox/kg olarak saptanmıştır. DPPH antioksidan aktivite değeri ise % olarak ifade edilmiş, %37.23 Chemlali, %78.56 Chetoui çeşidi yağında belirlenmiştir. DPPH yöntemiyle zeytinyağlarında antioksidan kapasite değerlerinin ölçüldüğü başka bir çalışmada ise, bu değerin %33.16-72.33 aralığında değiştiği belirlenmiştir (Dabbou ve ark., 2011). Farklı malaksasyon sıcaklıklarının zeytinyağı kalitesi üzerine etkilerinin incelendiği diğer bir çalışmada ise DPPH yöntemi kullanılarak antioksidan kapasite değerleri ölçülmüş ve antioksidan kapasitenin 730-2484 meq Trolox/kg olduğu

bildirilmiştir (Inarejos-Garcia ve ark., 2009). Öte yandan, ABTS yöntemi kullanılarak yapılan benzer araştırmalarda zeytinyağlarındaki antioksidan kapasitenin 0.25-2.45 mM Trolox/kg arasında değiştiği (Pellegrini ve ark., 2003; Cerretani ve ark., 2006; Öğütçü ve ark., 2008; Cerretani ve ark., 2010; Dabbou ve ark., 2011; Sevim, 2011) bildirilmiştir.

Çizelge 4.10. Zeytinyağların antioksidan aktivite değerleri (mM Trolox/kg)

	NY	NYB	KY	KYB
2010 yılı				
ABTS	1.16 ± 0.04^{c}	1.03 ± 0.13^{c}	1.59 ± 0.22^{a}	1.34 ± 0.04^{b}
DPPH	0.43 ± 0.01^{c}	0.35 ± 0.05^{d}	0.75 ± 0.02^{a}	0.51 ± 0.00^{b}
2011 yılı				
ABTS	1.90 ± 0.05^{a}	1.77 ± 0.08^{b}	1.64 ± 0.05^{c}	1.54 ± 0.05^{c}
DPPH	0.71 ± 0.00^{a}	0.65 ± 0.04^{b}	0.59 ± 0.01^{c}	0.55 ± 0.02^{c}

Sonuçlar 3 tekerrürün ortalamasıdır. ± standart sapma. Aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel olarak farklıdır ($p<0.05$)

İstatistiksel değerlendirmeler sonucunda toplam fenol bileşikleri içeriği ile antioksidan kapasite arasında yüksek korelasyon değerleri (DPPH yönteminde, $r^2=0.858$; ABTS yönteminde, $r^2=0.956$) saptanmıştır (Çizelge 4.11). Araştırmada ayrıca DPPH ve ABTS yöntemleri de karşılaştırılmış ve iki yöntem arasında yüksek korelasyon ($r^2=0.867$, $p<0.01$) saptanmıştır. Baiano ve ark. (2009) farklı zeytinyağları üzerinde gerçekleştirdikleri çalışmada fenol bileşikleri ile antioksidan kapasite arasında yüksek korelasyon ($r^2=0.82$) olduğunu belirtmişlerdir.

Çizelge 4.11. Fenol bileşikleri ve antioksidan kapasite arasında belirlenen korelasyonlar

Fenol bileşikleri	ABTS	DPPH
Hidroksitirozol	0.558**	0.258
4-Hidroksibenzoik asit	0.633**	0.493*
Tirozol	0.625**	0.618**
2,3-Dihidroksibenzoik asit	0.513**	0.354*
Kafeik asit	0.650**	0.881**
Vanilik asit	0.327	0.326
Vanilin	0.047	0.140
Sirinjik asit	0.154	0.158
p-Kumarik asit	0.129	0.142
Ferulik asit	0.363	0.309
Sinamik asit	-0.391	-0.593**
Elenolik asit	0.707**	0.728**
Apigenin	0.452*	0.738**
Luteolin	0.823**	0.643**
Toplam Konsantrasyon	0.956**	0.858**
DPPH	0.867**	1
ABTS	1	0.867**

* Korelasyonlar *: $p<0.05$ ve **: $p<0.01$ seviyesinde önemlidir

4.6. Zeytinyağlarında Aroma Ekstraktlarının Temsili Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Temsili test yöntemiyle elde edilen sonuçlar Çizelge 4.12'de verilmiştir. Aroma maddeleri ekstraksiyonunda diklorometan ve pentan/diklorometan olmak üzere iki farklı çözgen kullanılmıştır. Çizelgede görüldüğü gibi zeytinyağı örnekleri için yapılan temsili testler sonucunda, aroma benzerliği değerleri açısından diklorometan çözgeni ile yapılan ekstraksiyon işleminde elde edilen zeytinyağı ekstraktı pentan/diklorometan'a göre daha yüksek puanlar almış ve sonuç istatistiksel olarak da önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Diklorometanla elde edilen

aroma ekstraktının zeytinyağı kokusuna benzerliği 75.7 bulunurken pentan/diklorometanla elde edilen aroma ekstraktında 50.2 olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.12. Zeytinyağı aroma ekstraklarının aroma benzerliği ve yoğunluğu

	Diklorometan	Pentan/Diklorometan	F
Aroma Benzerliği	75.7	50.2	*
Aroma Yoğunluğu	63.5	64.2	ö.d.

Aynı satırda gösterilen değerler arasında %5 önem düzeyinde fark vardır ($p < 0.05$)

Aroma yoğunluğu değerleri ise her iki çözgen için birbirine oldukça yakın bulunmuş ve bu değer diklorometanla 63.5, pentan/diklorometanla ise 64.2'dir. Bu değerler sonucunda zeytinyağı örneklerinin aroma maddeleri analizleri için diklorometanla buharlı distilasyon-ekstraksiyon yönteminin uygun bir yöntem olduğu sonucuna varılmıştır. Prost ve ark. (1998; 2004) herhangi bir gıda maddesinin aroma analizlerine başlamadan önce, mutlaka aroma ekstraktlarının temsili testlerle değerlendirilmesinin, çalışmanın hassasiyeti açısından oldukça önemli olduğunu vurgulamışlardır. Önceki çalışmalarda, Rega ve ark. (2003) portakal suyu örneklerinin aromatik ekstraklarında benzerlik oranının 51 ile 63 arasında değiştiğini, Mehinagic ve ark. (2003; 2004) elmadan elde edilen ekstrakta ise 49.1 ile 57 arasında değiştiğini, Selli ve Çayhan (2009) çupra (*Sparus aurata*) balığından elde edilen aromatik ekstrakta 53.5 olarak belirlemişlerdir. Yine benzer şekilde, iki farklı ekstraksiyon yöntemlerinin araştırıldığı çalışmalarda, gökkuşağı alabalığının vakumlu buhar damıtma yöntemiyle elde edilen aroma ektraktlarının aroma benzerlik oranı 51.1 (Selli ve ark., 2006) ve mikrodalga-çözgen yardımıyla yapılan ekstraksiyonda ise 49.7 (Selli ve ark., 2009) olarak saptanmıştır. Bu değerlere göre çalışmada kullandığımız diklorometan çözgeniyle buharlı distilasyon-ekstraksiyon yönteminin, zeytinyağlarında aroma maddeleri analizleri için oldukça uygun bir ekstraksiyon tekniği olduğu sonucuna varılmış ve analizler bu çözgen yardımıyla gerçekleştirilmiştir.

4.7. Zeytinyağların Aroma Maddeleri

Zeytinyağı örneklerinin yıllara göre aroma maddeleri miktarları Şekil 4.13'te, 2010 yılı aroma maddeleri Çizelge 4.13'te, 2011 yılı Çizelge 4.14'te ve bu bileşiklerin aroma maddeleri kromatogramları ise Şekil 4.14 (NY), Şekil 4.15 (NYB), Şekil 4.16 (KY) ve Şekil 4.17 (KYB)'de verilmiştir.

Her iki yıl analiz sonuçlarından elde edilen bulgulara göre;

- NY çeşidine ait zeytinyağında 2010 yılında toplam 54 adet bileşik (14 adet aldehit bileşiği, 10 adet alkol, 6 adet keton, 4 adet ester, 6 adet terpen, 8 adet lakton, 3 adet karboksilik asit ve 3 adet uçucu fenol), 2011 yılında ise 61 adet bileşik (15 adet aldehit bileşiği, 20 adet alkol, 2 adet keton, 3 adet ester, 6 adet terpen, 6 adet lakton, 6 adet karboksilik asit ve 3 adet uçucu fenol),

- NYB çeşidinden elde edilen zeytinyağında 2010 yılında toplam 55 adet bileşik (15 adet aldehit bileşiği, 12 adet alkol, 5 adet keton, 5 adet ester, 6 adet terpen, 5 adet lakton, 3 adet karboksilik asit ve 4 adet de uçucu fenol bileşiği), 2011 yılında ise toplam 48 adet bileşik (13 adet aldehit bileşiği, 16 adet alkol, 2 adet keton, 5 adet ester, 5 adet terpen, 1 adet lakton, 5 adet karboksilik asit ve 1 adet uçucu fenol bileşiği),

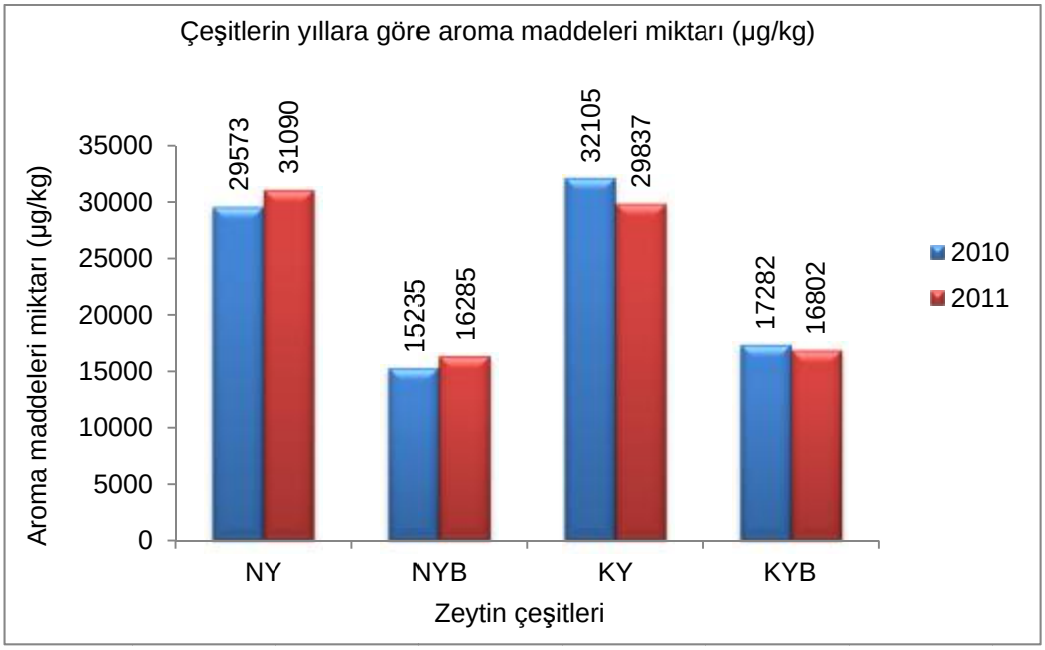
- KY çeşidinden elde edilen zeytinyağında 2010 yılında toplam 43 adet bileşik (18 adet aldehit bileşiği, 10 adet alkol, 2 adet keton, 3 adet ester, 5 adet terpen, 1 adet lakton, 2 adet karboksilik asit ve 2 adet de uçucu fenol bileşiği), 2011 yılında ise toplam 59 adet bileşik (19 adet aldehit bileşiği, 19 adet alkol, 1 adet keton, 3 adet ester, 7 adet terpen, 4 adet lakton, 5 adet karboksilik asit ve 1 adet uçucu fenol bileşiği),

- KYB çeşidine ait zeytinyağında 2010 yılında toplam 52 adet bileşik (18 adet aldehit bileşiği, 11 adet alkol, 5 adet keton, 1 adet ester, 6 adet terpen, 3 adet lakton, 4 adet karboksilik asit ve 4 adet uçucu fenol), 2011 yılında ise toplam 48

adet bileşik (13 adet aldehit bileşiği, 12 adet alkol, 2 adet keton, 4 adet ester, 8 adet terpen, 2 adet lakton, 5 adet karboksilik asit ve 2 adet uçucu fenol) tanımlanmıştır.

4.7.1. Bölge ve Yıl Farkının Aroma Maddeleri Üzerine Etkisi

Aroma maddeleri zeytinyağlarının duyusal özelliklerini etkileyen en önemli faktörlerden birisidir. 2010 yılında aroma maddelerinin toplam miktarı NY zeytinyağında 29573 µg/kg, NYB zeytinyağında 15235 µg/kg, KY zeytinyağında 32105 µg/kg ve KYB zeytinyağında ise 17282 µg/kg olarak belirlenmiştir. 2011 yılında ise bu bileşiklerin miktarı NY zeytinyağında 31090 µg/kg, NYB zeytinyağında 16285 µg/kg, KY zeytinyağında 29837 µg/kg ve KYB zeytinyağında ise 16802 µg/kg olarak belirlenmiştir (Şekil 4.13). Görüldüğü gibi zeytinyağlarında aroma maddeleri üzerinde hem zeytinin yetişme bölgesi ve hem de yıl etkili olmuştur. Kendi doğal yetişme bölgesinde elde edilen yağların toplam aroma maddelerinin Bornova ilçesinden elde edilen yağlara göre her iki yılda da yaklaşık iki kat daha fazla olduğu saptanmıştır. Benzer şekilde, Vichi ve ark. (2003) Kuzey İtalya' nın iki farklı coğrafi bölgesinin zeytinyağlarında çeşit farklılığı ile coğrafi bölgenin zeytinyağı aroması üzerine etkilerini araştırmışlardır. Uçucu bileşiklerin oluşumunda, çevre koşullarının etkili olduğu belirtilmiştir. Issaoui ve ark. (2010) Tunus'ta iki farklı bölgede yetiştirilmiş Chemlali ve Chetoui çeşitlerinden elde edilen zeytinyağlarının aroma profillerinin oldukça farklı olduğunu bildirmişlerdir. Öte yandan, Tura ve ark. (2013) çeşit ve bölge etkisinin İtalyan zeytinyağlarının aroma maddeleri bileşikleri üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmada da hem çeşidin hem de bölgenin aroma maddeleri üzerinde oldukça etkili faktörler olduklarını bildirmişlerdir. Zeytinyağı örneklerinde tanımlanan aroma maddelerinin önemli bir kısmı İtalyan, İspanyol, Tunus ve Yunan zeytinyağlarında belirlenen aroma maddeleri ile oldukça benzerlik göstermektedir (Ranalli ve ark., 2001; Vichi ve ark., 2007; Longobardi ve ark., 2012; Issaoui ve ark., 2010)



Şekil 4.13. Yıllara göre zeytinyağlarında belirlenen aroma maddeleri miktarları

Zeytinyağı örneklerinde aroma maddelerinin önemli bir kısmını aldehitler ve alkoller oluşturmuştur. Önceki çalışmalarda da zeytinyağlarının aromasında C_6 ve C_5 aldehit ve alkollerin önemli rol oynadıkları bildirilmiştir (Boskou, 1996; Kiritsakis, 1998; Kılıç, 2001; Ridolfi ve ark., 2002; Kalua ve ark., 2007). Bu bileşiklerin önemli bir kısmı zeytinyağlarında enzimatik oksidasyon reaksiyonları sonucunda oluşmaktadır. Lipoksijenaz (LOX) metabolik yolu ile gerçekleşen enzimatik oksidasyon zeytinyağında istenen aromanın oluşumuna öncelik ederken, yağların kimyasal oksidasyonu ile oluşan uçucu bileşikler ise istenmeyen koku ve tat (off-flavor)'tan sorumludurlar. Lipoksijenaz metabolik yolu lipoksijenaz enzimi aktivitesi ile başlar ve linoleik ve linolenik asitlerinden 13-hidroperoksitlerin oluşumuyla devam eder (Temime ve ark., 2006; Haddada ve ark., 2007; Göğüş ve ark., 2009; Sonia ve ark., 2009; Toker, 2009).

Zeytinyağlarında aroma bileşiklerinin dağılımını ve miktarını çeşit, coğrafi bölge, olgunluk, işleme metodu ve parametreleri (malaksasyon sıcaklığı ve süresi) ile depolama koşulları etkilemektedir (Paz Romero ve ark., 2003; Vichi ve ark. 2003; Kalua ve ark., 2007). Bu faktörler içerisinde zeytin çeşidi ve zeytinlerin yetiştirildiği coğrafi bölgenin zeytinyağlarının aroma maddeleri profili üzerinde

belirgin etkileri olduğu bildirilmektedir (Vichi ve ark., 2003; Tura ve ark., 2009; Dabbou ve ark., 2010; Kandylis ve ark., 2011).

4.7.1.1. Aldehit Bileşikleri Üzerine Etkisi

Aldehitler zeytinyağlarına genellikle çim ve yeşil bitki kokuları kazandırmaktadırlar. Zeytinyağı örneklerinde her iki yılda da toplam 19 farklı aldehit bileşiği belirlenmiştir. 2010 yılında aldehit bileşiklerinin miktarı en yüksek KY çeşidinde (13286 µg/kg), sonra sırasıyla NY'de (8999 µg/kg), KYB'de (8393 µg/kg) ve NYB çeşidinde (7778 µg/kg) bulunmuştur. 2011 yılı aldehit bileşikleri miktarı 2010 yılına göre tüm çeşitlerde daha yüksek belirlenmiştir. 2011 yılında aldehit miktarı en yüksek NY çeşidinde (15678 µg/kg), sonra sırasıyla KY'de (15375 µg/kg), KYB'de (9183 µg/kg) ve NYB çeşidinde (9157 µg/kg) belirlenmiştir. Her iki yıl için de aldehit miktarı kendi bölgesinde yetişen zeytinlerden elde edilen yağlarda daha yüksek bulunmuştur

Zeytinyağlarında her iki yılda da aldehit bileşikleri içerisinde en fazla miktarda hekzanal ve (*E*)-2-hekzenal bulunmuştur. Bu bileşiklerden (*E*)-2-hekzenal linolenik asitten 13-hidroperoksitin enzimatik parçalanmasıyla (Di Giovacchini ve ark., 1996), hekzanal ise benzer şekilde aldehit-liyaz enziminin faaliyeti sonucu oluşurlar (Kiritsakis, 1998). Birinci yıl en yüksek hekzanal miktarı 3660 µg/kg olarak KY'de bulunurken, 1278 µg/kg değerle en düşük NYB'de tespit edilmiştir. NY çeşidinde hekzanal miktarı 3019 µg/kg bulunurken, KYB çeşidinde 1967 µg/kg olarak saptanmıştır. İkinci yıl hekzanal miktarlarına bakıldığında ise en yüksek NY'de (3163 µg/kg), sonra sırasıyla KY (2125 µg/kg), KYB (1967 µg/kg) ve NYB (1486 µg/kg) çeşitlerinde belirlenmiştir. (*E*)-2-Hekzenal miktarı tüm çeşitlerde 2011 yılında, 2010 yılı sonuçlarından daha yüksek bulunmuştur. Birinci yıl en yüksek KY çeşidinde (4478 µg/kg), en düşük ise KYB çeşidinde (1787 µg/kg) tespit edilmiştir. NY ve NYB çeşidi yağlarında ise sırasıyla 2862 µg/kg ve 2902 µg/kg olarak belirlenmiştir. İkinci yıl (*E*)-2-hekzenal miktarı 9773 µg/kg değerle en yüksek NY çeşidinde bulunurken, en düşük 2010 yılında olduğu gibi KYB çeşidinde (4995 µg/kg) saptanmıştır. KY ve NYB çeşitlerinde sırasıyla 9247

µg/kg ve 5754 µg/kg olarak belirlenmiştir. İstatistiksel analiz sonuçlarına göre bu iki bileşiğin miktarları arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak da önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$). Benzer şekilde bölge farkının aroma maddeleri üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, iki farklı bölgede yetişen 4 farklı İtalyan zeytinyağlarında hekzanal miktarının 1. bölgede 700-1900 µg/kg arasında ve 2. bölgede ise 700-900 µg/kg arasında değiştiği bildirilmiştir. Araştırmacılar bölge farkının bu bileşikler üzerinde etkili bir faktör olduğunu bildirmişlerdir (Vichi ve ark., 2003). Kandylis ve ark. (2011) bir Yunan zeytin çeşidi olan Koroneiki'nin hem Yunanistan'ın Girit Adası'nda iki farklı bölgede ve hem de Tunus'un Sfax ilinde yetiştirilen zeytinlerinden elde ettikleri zeytinyağlarının aroma maddeleri profillerini karşılaştırmışlardır. Çalışmada bölge farkı, olgunluk, yükseklik ve sulama işleminin bu bileşikler üzerine etkileri araştırılmıştır. Araştırmacılar kendi bölgesinde yani Girit Adası'nda yetiştirilen zeytinlerden elde edilen zeytinyağlarında aldehit bileşikleri miktarının Tunus'tan elde edilenlere göre oldukça yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Elde edilen bulgular ışığında bölge farkının ve zeytinlerin olgunluk durumunun aroma maddeleri üzerinde sulamaya oranla çok daha etkili olduğu vurgulanmıştır. Benzer şekilde, Youssef ve ark. (2011a) Tunus'un Kairouan bölgesinin farklı yetişme bölgelerinden (6 adet) ve Sfax bölgesinden (1 adet) alınan Queslati çeşidi yağlarında coğrafi bölge etkisinin aroma maddeleri üzerine etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada aldehit bileşiklerinin zeytin çeşidinin yetişme bölgesine bağlı olarak farklılıklar gösterdiği bildirilmiştir. Ülkemizde yapılan başka bir çalışmada ise 5 farklı lokasyondan (Antalya, Aydın, Balıkesir, Hatay ve Manisa) elde edilen Gemlik zeytinyağlarında aldehit bileşiklerinin önemli farklılıklar gösterdiği bildirilmiştir (Kıralan ve ark., 2012). Bu sonuçlar, çalışmamızda elde ettiğimiz verilerle oldukça uyum içerisindedir.

Aldehit bileşikleri içerisinde nonanal, dekanal ve (*Z*)-2-dekenal'ın zeytinyağı aroması üzerine olumsuz etkileri olduğu bildirilmektedir. Bu bileşikler yağın meyvemsi kokusu ile negatif ilişkilidir (Cerretani ve ark., 2008). Özellikle nonanal'ın ekstra sızma zeytinyağında düşük miktarda bulunması gerektiği ve yüksek miktarlarda olması durumunda ise yağlarda oksidasyonun gerçekleştiğini göstermektedir (Kiritsakis, 1998). Nonanal, zeytinyağı örneklerinde düşük

konsantrasyonlarda tespit edilirken, dekanal sadece 1. yıl KY ve KYB çeşidinde çok düşük konsantrasyonlarda bulunmuştur. (*Z*)-2-Dekenal ise hem birinci hem de ikinci yıl örneklerinin hiçbirinde tespit edilmemiştir. Öte yandan, Morales ve ark. (1994), zeytinyağlarında hekzanal/nonanal oranının 2'nin üzerinde olması gerektiğini, aksi durumun yağların oksidasyona uğradığının bir göstergesi olduğunu bildirmişlerdir. Dabbou ve ark. (2011) ise hekzanal/nonanal oranının sızma zeytinyağlarını okside olmuş ve iyi kalite yağ olarak ayırt etmede kullanılabildiğini belirtmişlerdir Zeytinyağı örneklerimizde bu oran 2'nin üzerinde olup, birinci yıl en yüksek oran NY'de (nonanal miktarı=0) belirlenirken, bunu sırasıyla KY (12.57), KYB (11.46) ve NYB (3.62) izlemiştir. Benzer sıralama ikinci yıl oranlarında da gözlenmiştir. İkinci yıl bu oranlar NY, KY, KYB ve NYB çeşitleri için sırasıyla 19.31, 8.95, 8.75 ve 6.08 olarak hesaplanmıştır.

4.7.1.2. Yüksek Alkol Bileşikleri Üzerine Etkisi

Zeytinyağlarında 2010 yılında 14, 2011 yılında ise toplam 22 farklı alkol bileşiği belirlenmiştir. Kendi bölgesinde yetişen çeşitlerden elde edilen yağlarda alkol bileşiklerinin miktarı her iki yılda da daha fazla bulunmuştur. 2010 yılı örneklerinde en yüksek alkol miktarı 10248 µg/kg olarak KY'ta belirlenirken, en düşük 4014 µg/kg olarak NYB çeşidinde bulunmuştur. Bu bileşiklerin miktarı NY çeşidinde 8740 µg/kg, KYB çeşidinde 4670 µg/kg olarak tespit edilmiştir. 2011 yılı toplam alkol miktarı 2010 yılına göre farklılıklar göstermiştir. 2010 yılında en yüksek alkol miktarı KY'ta belirlenirken, 2011 yılında NY'ta belirlenmiştir. Toplam alkol miktarı 2010 yılı verileri ile kıyaslandığında KY çeşidinde düşüş, diğer çeşitlerde artış saptanmıştır. Yıllara göre alkol miktarındaki değişim alkol dehidrojenaz (ADH) enziminin aktivitesiyle açıklanmaktadır. ADH enzimi C_6 aldehit bileşiklerini 6 karbonlu alkollere indirgemektedir (Vichi ve ark., 2003; Kalua ve ark., 2007; Manai ve ark., 2008; Sonia ve ark., 2009; Inarejos-Garcia ve ark., 2010). Öte yandan, Zarrouk ve ark. (2008) yağlarda alkol miktarının zeytin çeşidinin genetik olarak ADH seviyesiyle ilgili olduğunu bildirmişlerdir.

Örneklerde alkol bileşikleri içerisinde her iki yılda da 6C'lu alkollerden hekzanol ve (*E*)-2-hekzenol miktar olarak en fazla bulunmuştur. (*E*)-2-Hekzenol miktarı birinci yıl 5404 µg/kg olarak en baskın KY'ta, sonra sırasıyla NY (4311 µg/kg), KYB (1182 µg/kg) ve NYB (1149 µg/kg)'ta belirlenmiştir. İkinci yıl ise 2658 µg/kg olarak en baskın NY'ta belirlenmiş, bunu sırasıyla KY (2410 µg/kg), NYB (1159 µg/kg) ve KYB (657.7 µg/kg) izlemiştir. Hekzanol, birinci yıl NYB ve KYB çeşitlerinde, ikinci yıl da sadece KYB çeşidinde en baskın bileşik olarak belirlenirken, diğer çeşitlerde (*E*)-2-hekzenol'dan sonra ikinci sırada yer almaktadır. Hekzanol, 2010 yılında miktar olarak en yüksek KY'ta (2806 µg/kg) tespit edilirken, en düşük olarak NYB çeşidinde 1330 µg/kg bulunmuştur. 2011 yılında ise miktar olarak en yüksek NY'ta (1972 µg/kg), sonra sırasıyla KY (1877 µg/kg), KYB (1347 µg/kg) ve NYB (849.6 µg/kg) çeşitlerinde tespit edilmiştir. Diğer 6 karbonlu bileşik olan (*Z*)-3-hekzenol bileşiği, birinci yıl 419.5-698.7 µg/kg arasında değişirken en yüksek NY'ta bulunmuştur. İkinci yıl bu değer 681.7-1426 µg/kg arasında değişirken en yüksek KY çeşidinde bulunmuştur. Önceki çalışmalarda, Tunus ve İtalyan zeytinyağlarında C_6 alkoller belirlenmiş ve hekzanol miktarı 50-2970 µg/kg aralığında, (*E*)-2-hekzenol 410-6920 µg/kg aralığında değişmiştir (Baccouri ve ark., 2008).

Her iki yıl sonuçlarına göre, hekzanol, (*E*)-2-hekzenol ve diğer alkol bileşiklerinin önemli bir kısmının miktarı kendi doğal bölgesinde yetişen zeytinyağlarında önemli derecede yüksek bulunmuştur. Bu bileşiklerin toplam miktarının kendi bölgesinde yetişen çeşitlerin zeytinyağlarında 2 kat daha fazla olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.13 ve 4.14). Dabbou ve ark. (2010) Tunus'ta iki farklı bölgede yetişen aynı çeşitten elde edilen zeytinyağlarının alkol bileşiklerinin farklılıklar gösterdiğini ve yüksek bölgede yetişen zeytinlerde lipoksijenaz oksidasyonuyla oluşan aroma maddelerinin daha yoğun olduğunu bildirmişlerdir. Benzer şekilde zeytin örneklerinin yetiştiği Nizip ve Kilis lokasyonları Bornova'dan daha yüksek olup, bu çeşitlerin yağlarında alkol bileşikleri miktarları daha yüksektir. Kandylis ve ark. (2011) da üç farklı bölgede yetiştirilen Yunan Koroneiki çeşidinden elde edilen zeytinyağlarının toplam alkol bileşikleri miktarını

Gerani bölgesinde (Yunanistan) 2228 µg/kg, Vatolakos bölgesinde (Yunanistan) 3079 µg/kg ve Sfax (Tunus)'ta ise 841 µg/kg olduğunu bildirmişlerdir.

4.7.1.3. Ester Bileşikleri Üzerine Etkisi

Esterler çoğu meyvelerde bulunan ve meyvemsi aromadan sorumlu temel uçucu bileşiklerdir (Kalua ve ark., 2007; Selli ve Kelebek, 2011). Zeytinyağlarında 2010 yılında metil salisilat, metil oleat, metil palmitat, etil palmitat ve etil oleat olmak üzere toplam 5 adet, 2011 yılında (*E*)-hekzil-2-bütenoat, hekzil asetat, etil kloroasetat, (*Z*)-3-hekzenil asetat, etil salisilat, metil palmitat ve etil palmitat olmak üzere toplam 7 farklı ester bileşiği belirlenmiştir. Ester bileşiklerinin miktarı 2010 yılında KY yağında en yüksek miktarda bulunmuş, bunu sırasıyla NY, NYB ve KYB çeşitleri izlemiştir. 2011 yılında NYB çeşidinde en yüksek miktarda belirlenmiş olup, bunu sırasıyla KY, KYB ve NY çeşitleri izlemiştir.

Zeytinyağlarında verdikleri hoş kokularla ön plana çıkan hekzil asetat ve (*Z*)-3-hekzenil asetat en önemli esterlerdir (Issaoui ve ark., 2010; Vekiari ve ark., 2010). Bu iki ester bileşiği 2010 yılı örneklerinde saptanmazken, 2011 yılı örneklerinde sadece Bornova lokasyonunda yetişen çeşitlerden elde edilen yağlarda belirlenmiştir. Önceki çalışmalarda, bu iki ester oluşumunda coğrafi bölgenin pedoklimatik özelliklerinden çok, çeşidin sahip olduğu alkol asetil transferaz enziminin etkili olduğu vurgulanmıştır (Vichi ve ark., 2003). Benzer şekilde, zeytinyağlarında (*Z*)-3-hekzenil asetat miktarının az bulunması ve hekzil asetatın belirlenmemesi, bu esterlerin oluşumunu katalizleyen alkol asetil transferaz enzim aktivitesinin çok düşük olmasıyla açıklanmıştır (Aparicio ve ark., 1998; Zarrouk ve ark., 2008). Bölge farkının zeytinyağlarının aroma maddeleri üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, (*Z*)-3-hekzenil asetat miktarını bölge farkı az da olsa etkilerken, zeytinyağlarında hekzil asetat bulunmamıştır (Dabbou ve ark., 2010). Öte yandan, ülkemiz Gemlik çeşidinden elde edilen zeytinyağlarında bu iki ester bileşiği belirlenmiş ve bu bileşiklerin miktarlarında bölgesel farklılıkların olduğu bildirilmiştir (Kıralan ve ark., 2012).

4.7.1.4. Terpen Bileşikleri Üzerine Etkisi

Zeytinyağlarında terpen bileşikleri zeytin çeşidi ve coğrafi bölgeye göre önemli farklılıklar göstermektedir (Cerretani ve ark., 2008). Zeytinyağlarında bulunan diğer uçucu bileşikler teknolojik faktörlerden etkilenirken terpen bileşikleri çeşit ile zeytin ağaçlarının yetişme koşullarından etkilenmektedir (Vichi ve ark., 2006). Her iki yıl sonuçlarına bakıldığında zeytinyağlarında toplam 10 farklı terpen bileşiği belirlenmiştir. Bunlardan *dL*-limonen, linalol, (*E,E*)-α-farnesen, β-pinen ve α-farnesen her iki yılda da ortak belirlenen terpen bileşiklerdir. Terpen bileşikleri 2010 yılında NY çeşidinde en yüksek miktarda (6155 µg/kg) belirlenirken, bunu sırasıyla KYB (1092 µg/kg), NYB (833 µg/kg) ve KY çeşidi (728 µg/kg) izlemiştir. 2011 yılında ise kendi bölgesinde yetişen çeşitlerde daha yüksek miktarda tespit edilmiştir. Miktar olarak en düşük NYB'da belirlenirken (632 µg/kg), en yüksek KY çeşidinde (3268 µg/kg) bulunmuştur. Çalışmada 2010 yılında α-farnesen NY'ta, (*E*)-β-osimen NYB'da, α-farnesen'in en yaygın steroizomeri olan (*E,E*)-α-farnesen KY ve KYB'da, 2011 yılında ise (*E,E*)-α-farnesen NY'ta, *dL*-limonen NYB'da ve α-farnesen KY ve KYB'da belirlenen baskın terpen bileşiklerdir. α-Farnesen birinci yıl en yüksek (3519 µg/kg) NY çeşidinde belirlenirken, diğer çeşitlerde belirlenmemiş, ikinci yıl ise en en yüksek miktarda (2105 µg/kg) KY çeşidinde bulunurken, NY'ta ise saptanamamıştır. Her iki yılda da zeytinyağlarında terpen bileşikleri miktarı kendi bölgesinden elde edilen örneklerde (2010 yılı KY hariç) oldukça yüksek miktarda belirlenmiştir. 2010 yılında ise KY örneğinde KYB'ye göre miktar az da olsa düşük bulunmuştur. Cecchi ve Alfei (2013) zeytinyağlarının elde edildikleri çeşit ve bu çeşidin yetiştiği coğrafi bölgenin belirlenmesinde terpen bileşiklerinin önemli bir kriter olduğunu belirtmişlerdir. Önceki çalışmalarda terpen bileşiklerinden α-farnesen Yunanistan'da yetişen Koroneiki çeşidi yağlarında bulunurken, α-kopaen'e rastlanmamıştır. Tunus'ta yetişen Koroneiki çeşidinde ise tam tersi durum bildirilmiştir (Kandylis ve ark., 2011). Vichi ve ark. (2006) İtalyan ve İspanyol zeytinyağlarında belirledikleri terpen bileşiklerine göre, α-kopaen ve murolen'in İtalyan zeytinyağlarına, α-

farnesen'in ise İspanyol zeytinyağlarına özgü terpen bileşikleri olduğunu belirlemişlerdir.

4.7.1.5. Lakton Bileşikleri Üzerine Etkisi

Zeytinyağlarında 2010 yılında toplam 8 adet, 2011 yılında toplam 6 adet farklı lakton bileşiği saptanmıştır. Bunlardan δ-oktalakton, γ -nonalakton, γ -dekalakton, δ-dekalakton ve γ -dodekalakton her iki yılda da zeytinyağlarında ortak belirlenen lakton bileşikleridir. Meyvemsi kokulardan sorumlu olan lakton bileşikleri her iki yılda da sayı ve miktar olarak en fazla NY'ta bulunmuş olup, bu çeşitten elde edilen zeytinyağında bu bileşikler ön plana çıkmaktadır. Bu bileşiklerin miktarı NY'da 2010 yılında 1174 µg/kg ve 2011 yılında ise 950 µg/kg olarak bulunmuştur. Diğer çeşitlere bakıldığında birinci yıl NYB'da 617 µg/kg, KY'ta 298 ve KYB'da 279 µg/kg olarak belirlenmiştir. 2011 yılında tüm çeşitlerin lakton miktarında 2010 yılına göre azalmalar gözlenmiştir. Diğer taraftan her iki yıl sonuçlarında da kendi bölgesinde yetişen çeşitlerin yağlarında daha yüksek miktarda lakton bileşiği saptanmıştır. Bu veriler ışığında NY çeşidi her iki yılda da sahip olduğu meyvemsi özellik veren yüksek lakton içeriğiyle diğer çeşitlerden ayrılmaktadır.

Ruiz Del Castillo ve ark. (2000) γ-lakton bileşiklerinin duyusal özelliklerinin gıdalarda tüketiciler tarafından algılanabildiğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar, farklı hammaddelerden elde ettikleri yağ örnekleri içerisinde, zeytinyağlarında γ-oktalakton bileşiğini saptamışlardır. Benzer şekilde Collin ve ark. (2008) siyah zeytin örneklerinde lakton bileşikleri olarak γ-oktalakton, γ-dekalakton, δ-dekalakton ve γ-dodekalakton bileşiklerini belirlemişlerdir.

4.7.1.6. Diğer Aroma Bileşikleri (ketonlar, karboksilik asitler ve uçucu fenoller) Üzerine Etkisi

Zeytinyağlarında keton bileşikleri olarak 2010 yılında 4-metil-3-penten-2-on, 2-heptanon, 1-okten-3-on, 6-metil-5-hepten-2-on, 4-hidroksi-4-metil-2-pentanon ve geranil aseton olmak üzere toplam 6 adet, 2011 yılında ise 3-(hidroksi)-3-metil-2-bütanon ve 6-metil-5-hepten-2-on olmak üzere toplam 2 adet keton bileşiği bulunmuştur. Yedi karbon atomunun altında karbon sayısına sahip ketonlar, zeytinyağların aromasına olumlu özellikler kazandırırlar. Bunlar içerisinde 6-metil-

5-hepten-2-on keskin, yeşil ve meyve kokusu verir (Kalua ve ark., 2007, Kanavouras ve ark., 2005). Birinci yıl tüm çeşitlerde baskın keton bileşiği 4-hidroksi-4-metil-2-pentanon iken, ikinci yıl Bornova çeşitlerinde baskın keton bileşiği 3(hidroksi)-3-metil-2-bütanon, NY'ta ve KY'ta ise 6-metil-5-hepten-2-on bileşiğidir. Keton bileşikleri tüm çeşitlerde 2010 yılında daha yüksek miktarlarda belirlenmiştir. 2010 yılında 1715 µg/kg olarak en yüksek KYB'da, sonra sırasıyla NYB (1179 µg/kg), NY (1147 µg/kg) ve KY (908 µg/kg) çeşidinde saptanmıştır. 2011 yılı sonuçlarına bakıldığında 2010 yılında olduğu gibi 152 µg/kg olarak en yüksek KYB'da belirlenmiş, bunu sırasıyla NY (151 µg/kg), NYB (122 µg/kg) ve KY (89 µg/kg) çeşitleri izlemiştir. Zeytinyağına yeşil, meyvemsi koku veren 6-metil-5-hepten-2-on bileşiği, birinci yıl en yüksek NY çeşidinde (196.8 µg/kg), ikinci yıl en yüksek KY çeşidinde (88.5 µg/kg) belirlenmiştir. 2011 yılı sonuçları 2010 yılı sonuçları ile kıyaslandığında hem miktar olarak hem de belirlenen bileşiklerde farklılıklar olduğu tespit edilmiştir.

Zeytinyağlarında 2010 yılında asetik asit, hekzanoik asit, oktanoik asit, nonanoik asit ve dekanoik asit olmak üzere toplam 5 adet, 2011 yılında ise bu asitlere ek olarak dodekanoik asitte olmak üzere toplam 6 farklı karboksilik asit belirlenmiştir. Bu bileşiklerin miktarı birinci yıl 99-942 µg/kg arasında değişirken, en yüksek NY'ta en düşük KY'ta bulunmuştur. İkinci yıl 336-736 µg/kg arasında değişirken, en yüksek KY'ta en düşük NYB'da bulunmuştur. Birinci yıl KYB hariç her iki yılda da asitlerin toplam miktarı Bornova çeşitlerinden elde edilen zeytinyağlarında daha düşük miktarlarda tespit edilmiştir.

2010 yılında tüm çeşitlerde ortak belirlenen bileşik bulunmazken 2011 yılında hekzanoik, oktanoik, nonanoik ve dekanoik asitler ortak belirlenen bileşiklerdir. Bunlar içerisinde en fazla miktarda bulunan karboksilik asit ise birinci yıl NY'ta (698.2 µg/kg) ve ikinci yıl KY'ta (328.6 µg/kg) belirlenen nonanoik asittir. Kandylis ve ark (2011) 3 farklı bölgenin aynı çeşit zeytinyağlarının aroma bileşikleri üzerine yaptıkları çalışmada, toplam 3 adet karboksilik asit belirlemişlerdir. Bunlar oktanoik, nonanoik ve dekanoik asitlerdir. Bu asitlerden 2'si (oktanoik ve nonanoik asit) bir bölgede ve 3'ü ise 2. bölgedeki zeytinyağlarında saptanmıştır. Araştırmacılar, 3. bölgeden elde edilen yağlarda bu

asitlerin bulanmadığını bildirmişlerdir. Öte yandan, Kıralan ve ark. (2012) bölge farkının Gemlik zeytinyağlarının aroma maddelerine etkilerini inceledikleri çalışmada, yağlarda karboksilik asit saptamamışlardır. Karboksilik asitler sahip oldukları keskin kokular nedeniyle zeytinyağlarında fazla miktarlarda bulunmaları koku kusurları oluşturmaktadır. Asetik asit zeytinlerin fermentasyonu sonucu oluşur, zeytinyağına eskimiş ve şarabımsı bir tat verir. Hekzanoik ve propanoik asitler oksidasyon sırasında oluşurlar (Morales ve ark., 2005; Kalua ve ark., 2007).

Bazı gıdalarda uçucu fenollerin mikrobiyal aktivite sonucu oluştuğu ve güçlü kokulara sahip bileşikler olduğu belirtilirken, zeytinyağlarında bu bileşiklerin varlığının kimyasal ve duyusal kalitesiyle ilişkili olup olmadığıyla ilgili çalışmalar ise oldukça sınırlıdır. Bira, şarap gibi ürünlerde istenen bileşikler olmasına rağmen, konsantrasyonları belli limitlerin üzerine çıktığında kötü koku verirler (Vichi ve ark., 2008). Zeytinyağı örneklerinde 2010 yılında toplam 4 adet, 2011 yılında toplam 3 adet farklı uçucu fenol bileşiği belirlenmiştir. Bunlar birinci yıl gayakol, fenol, 4-etil fenol ve 4-vinil fenol iken ikinci yıl gayakol, fenol ve 3-etil fenol'dür. Görüldüğü gibi gayakol ve fenol her iki yılda da ortak belirlenen fenol bileşikleridir. 2010 yılında en yüksek uçucu fenol miktarı NY'ta belirlenirken (1675 µg/kg), en düşük NYB çeşidinde saptanmıştır (239 µg/kg). KY ve KYB çeşitlerinde ise sırasıyla 416 µg/kg ve 343 µg/kg olarak bulunmuştur. 2011 verilerine bakıldığında en yüksek uçucu fenol miktarı KYB'da belirlenirken (273 µg/kg), en düşük KY çeşidinde saptanmıştır (45.2 µg/kg). NY ve NYB çeşitlerinde sırasıyla 206 µg/kg ve 71.2 µg/kg olarak belirlenmiştir. 2010 yılı uçucu fenol miktarları 2011 yılına kıyasla tüm çeşitlerde daha yüksek bulunmuştur.

Çizelge 4.13. Zeytinyağı örneklerinin aroma maddeleri (2010 yılı)

No	LRI[a]	Aroma Maddeleri	Konsantrasyon (µg/kg)[b]				Tanımlama[c]
			NY	NYB	KY	KYB	
		Aldehitler					
1	1074	Hekzanal	3019.0±37[b]	1278.0±13.3[d]	3660.0±58.5[a]	1967.0±27.2[c]	LRI,MS,std
2	1121	(*E*)-2-Pentenal	55.6±2.0[b]	0.0	32.8±2.0[c]	132.0±6.9[a]	LRI,MS,std
3	1180	Heptanal	380.2±8.0[c]	242.0±5.3[d]	448.2±6.7[a]	402.3±8.4[b]	LRI,MS,std
4	1190	(*E*)-2-Hekzenal	2862.0±47.4[b]	2902.0±31.4[b]	4478.0±59.1[a]	1787.0±28.6[c]	LRI,MS,std
5	1254	2-Etenil-2-bütenal	110.4±8.4[c]	116.7±6.2[c]	282.6±3.4[b]	332.4±6.6[a]	LRI,MS,std
6	1292	Oktanal	98.3±1.7[d]	232.6±2.1[c]	256.2±7.1[b]	285.1±9.0[a]	LRI,MS,std
7	1311	(*E*)-2-Heptenal	0.0	669.6±6.6[c]	1231.0±34.3[a]	1086.0±11.2[b]	LRI,MS,std
8	1313	(*Z*)-4-Heptenal	23.5±0.5[b]	0.0	404.4±7.1[a]	0.0	LRI,MS,tent
9	1396	Nonanal	0.0	352.5±9.0[a]	291.2±14.5[b]	171.7±5.5[c]	LRI,MS,std
10	1451	(*E*)-2-Oktenal	239.4±6.7[a]	165.7±9.5[b]	126.1±6.8[c]	103.4±5.1[d]	LRI,MS,std
11	1485	(*E*,*E*)-2,4-Heptadienal	527.1±11.9[a]	153.9±8.4[c]	140.5±6.3[c]	211.4±5.3[b]	LRI,MS,std
12	1527	Benzaldehit	36.0±3.4[c]	55.3±2.4[b]	0.0	200.9±11.2[a]	LRI,MS,std
13	1533	Dekanal	0.0	0.0	126.0±3.3[a]	77.5±2.9[b]	LRI,MS,std
14	1536	(*E*)-2-Nonenal	204.8±11.2[a]	0.0	68.7±2.2[c]	136.9±7.7[b]	LRI,MS,std
15	1616	(*E*)-2-Dekenal	0.0	753.4±8.0[a]	625.2±8.6[b]	580.6±5.6[c]	LRI,MS,std
16	1681	(*E*,*E*)-2,4-Nonadienal	113.8±5.8[c]	41.1±2.8[d]	126.4±7.6[b]	365.1±8.1[a]	LRI,MS,std
17	1710	(*E*,*Z*)-2,4-Dekadienal	110.8±6.2[c]	312.1±5.8[a]	308.8±11.7[a]	260.6±6.7[b]	LRI,MS,std
18	1711	3-Dodekenal	0.0	256.0±2.4[b]	383.8±5.9[a]	114.5±2.4[c]	LRI,MS,tent
19	1763	(*E*,*E*)-2,4-Dekadienal	1218.0±24.4[a]	246.7±10.9[c]	295.7±4.8[b]	178.2±6.8[d]	LRI,MS,std
		Toplam	**8999±80[b]**	**7778±69[d]**	**13286±150[a]**	**8393±53[c]**	

Çizelge 4.13'ün devamı

		Yüksek alkoller					
20	1157	1-Penten-3-ol	100.5±5.0^{a}	48.1±4.1^{b}	94.8±2.1^{a}	54.1±2.0^{b}	LRI,MS,std
21	1237	3-Metil-3-bütenol	0.0	66.0±4.6^{b}	152.0±4.6^{a}	0.0	LRI,MS,tent
22	1248	Pentanol	182.3±3.6^{c}	109.6±4.4^{d}	791.0±8.5^{a}	213.4±6.4^{b}	LRI,MS,std
23	1328	(*Z*)-2-Pentenol	0.0	0.0	65.4±1.2^{a}	0.0	LRI,MS,std
24	1350	Hekzanol	1677.0±32.9^{b}	1330.0±22.1^{c}	2806.0±34.6^{a}	1332.0±22.7^{c}	LRI,MS,std
25	1378	(*Z*)-3-Hekzenol	698.7±19.7^{a}	575.6±6.2^{b}	462.8±6.1^{c}	419.5±6.9^{d}	LRI,MS,std
26	1388	(*E*)-2-Hekzenol	4311.0±32.7^{b}	1149.0±34.7^{c}	5404.0±64.8^{a}	1182.0±16.9^{c}	LRI,MS,std
27	1492	1-Okten-3-ol	222.0±7.0^{b}	49.0±3.7^{d}	180.1±8.1^{c}	284.2±16.2^{a}	LRI,MS,std
28	1498	Heptanol	0.0	123.2±1.8^{b}	0.0	194.0±8.4^{a}	LRI,MS,std
29	1554	Oktanol	522.0±5.2^{a}	146.2±6.3^{c}	0.0	453.4±6.9^{b}	LRI,MS,std
30	1665	Nonanol	0.0	69.9±4.4^{b}	0.0	105.0±4.6^{a}	LRI,MS,std
31	1765	Dekanol	28.0±1.7^{b}	0.0	56.6±2.5^{a}	0.0	LRI,MS,tent
32	1861	Benzil alkol	215.6±7.5^{a}	46.4±4.0^{b}	0.0	44.3±2.7^{b}	LRI,MS,std
33	1870	2-Fenil etanol	783.2±11.8^{a}	301.0±15.4^{c}	235.4±3.8^{d}	387.6±7.7^{b}	LRI,MS,std
		Toplam	**8740±46^{b}**	**4014±85^{d}**	**10248±44^{a}**	**4670±61^{c}**	
		Ketonlar					
34	1131	4-Metil-3-penten-2-on	28.9±2.7^{c}	63.3±2.9^{a}	0.0	55.3±1.8^{b}	LRI,MS,tent
35	1177	2-Heptanon	100.3±7.9^{a}	49.0±3.4^{c}	0.0	71.3±5.3^{b}	LRI,MS,std
36	1297	1-Okten-3-on	19.4±1.6^{b}	44.0±2.2^{a}	0.0	0.0	LRI,MS,std
37	1332	6-Metil-5-hepten-2-on	196.8±15.1^{a}	164.7±4.4^{b}	105.7±9.6^{c}	193.0±4.8^{a}	LRI,MS,std
38	1351	4-Hidroksi-4-metil-2-pentanon	537.0±12.0^{d}	857.7±9.5^{b}	802.4±23.3^{c}	1049.0±15.8^{a}	LRI,MS,tent
39	1843	Geranil aseton (izomer 2)	264.4±21.3^{b}	0.0	0.0	346.4±5.0^{a}	LRI,MS,tent

Çizelge 4.13'ün devamı

		Toplam	**1147±56^{b}**	**1179±7.5^{b}**	**908±28^{c}**	**1715±18^{a}**	
		Esterler					
40	1792	Metil salisilat	0.0	75.5±2.7^{a}	0.0	60.9±4.8^{b}	LRI,MS,std
41	2048	Metil oleat	173.0±4.0^{b}	179.0±7.8^{b}	4340.0±51.9^{a}	0.0	LRI,MS,std
42	2233	Metil palmitat	70.5±3.3^{b}	57.9±4.8^{b}	1578.0±25.4^{a}	0.0	LRI,MS,std
43	2270	Etil palmitat	115.6±8.7^{b}	68.8±4.9^{c}	205.0±1.4^{a}	0.0	LRI,MS,std
44	2645	Etil oleat	382.2±4.7^{a}	77.3±4.0^{b}	0.0	0.0	LRI,MS,std
		Toplam	**741±7.2^{b}**	**459±3.6^{c}**	**6123±78^{a}**	**61±4.8^{d}**	
		Terpenler					
45	1108	β –Pinen	0.0	122.0±5.0^{a}	44.0±3.3^{b}	118.0±7.9^{a}	LRI,MS,std
46	1186	*dL*-Limonen	0.0	186.0±5.2^{b}	0.0	214.5±3.0^{a}	LRI,MS,std
47	1247	(*E*)-β-Osimen	1012.0±18.1^{a}	192.2±14.0^{b}	62.3±3.1^{d}	121.8±3.8^{c}	LRI,MS,std
48	1537	Linalol	80.2±4.0^{b}	70.5±5.3^{b}	120.5±6.5^{a}	59.2±4.6^{c}	LRI,MS,std
49	1719	(*E*,*E*)-α-Farnesen	0.0	107.3±4.4^{c}	455.9±16.2^{a}	396.4±8.0^{b}	LRI,MS,std
50	1734	α-Kubeben	802.2±13.4^{a}	0.0	0.0	0.0	LRI,MS,tent
51	1745	α-Farnesen	3519.0±47.7^{a}	0.0	0.0	0.0	LRI,MS,std
52	1794	(*E*,*E*)-Farnesol	714.0±4.0^{a}	0.0	0.0	0.0	LRI,MS,std
53	1946	(*E*)-Farnesol	27.4±0.5^{b}	0.0	45.2±1.9^{a}	0.0	LRI,MS,std
54	1954	(*E*)-Nerolidol	0.0	154.9±6.6^{b}	0.0	181.6±9.2^{a}	LRI,MS,tent
		Toplam	**6155±62^{a}**	**833±22^{c}**	**728±19^{d}**	**1092±24^{b}**	
		Laktonlar					
55	1677	5-Hidroksimetil dihidrofuran-2-on	56.7±3.5^{d}	125.8±3.3^{c}	297.6±17.3^{a}	156.6±7.7^{b}	LRI,MS,tent
56	1755	5-Pentil-3H-furan-2-on	37.7±2.7^{b}	50.7±2.5^{a}	0.0	0.0	LRI,MS,std

Çizelge 4.13'ün devamı

57	1770	γ-Oktalakton	110.0±4.8[a]	0.0	0.0	0.0	LRI,MS,std
58	1881	δ-Oktalakton	176.0±5.3[a]	0.0	0.0	0.0	LRI,MS,std
59	2042	γ- Nonalakton	125.8±3.5[b]	249.6±6.0[a]	0.0	77.7±4.1[c]	LRI,MS,std
60	2103	γ-Dekalakton	301.0±6.5[a]	139.4±5.5[b]	0.0	44.3±0.9[c]	LRI,MS,std
61	2216	δ - Dekalakton	179.9±3.4[a]	51.5±4.9[b]	0.0	0.0	LRI,MS,std
62	2384	γ-Dodekalakton	186.7±6.9[a]	0.0	0.0	0.0	LRI,MS,std
		Toplam	**1174±17[a]**	**617±5.1[b]**	**298±17[c]**	**279±12[d]**	
		Karboksilik asitler					
63	1413	Asetik asit	0.0	40.9±2.8[b]	52.1±3.1[a]	0.0	LRI,MS,std
64	1840	Hekzanoik asit	0.0	0.0	46.7±3.0[a]	22.7±1.7[b]	LRI,MS,std
65	2091	Oktanoik asit	181.1±5.0[a]	38.7±1.3[b]	0.0	181.6±10.3[a]	LRI,MS,std
66	2157	Nonanoik asit	698.2±9.6[a]	0.0	0.0	413.6±5.1[b]	LRI,MS,std
67	2293	Dekanoik asit	62.6±2.3[b]	37.6±2.3[c]	0.0	113.3±4.5[a]	LRI,MS,std
		Toplam	**942±15[a]**	**117±6.1[c]**	**99±5.8[d]**	**731±10[b]**	
		Uçucu Fenoller					
68	1849	Gayakol	452.8±11.5[a]	111.5±6.1[b]	48.8±3.1[c]	100.8±6.1[b]	LRI,MS,std
69	1995	Fenol	83.4±1.1[a]	52.2±2.2[b]	0.0	26.3±1.4[c]	LRI,MS,std
70	2170	4-Etil fenol	1139.0±23.7[a]	31.3±2.3[d]	367.2±12.2[b]	148.9±5.8[c]	LRI, MS,tent
71	2422	4-Vinil fenol	0.0	43.9±2.2[b]	0.0	67.1±1.8[a]	LRI,MS,std
		Toplam	**1675±16[a]**	**239±3.9[d]**	**416±12[b]**	**343±14[c]**	
		Genel Toplam	**29573±221[b]**	**15235±185[d]**	**32105±328[a]**	**17282±186[c]**	

[a]LRI : Linear alıkonma indeksi DB-WAX kapilar kolon üzerinde hesaplanmıştır; [b]: Konsantrasyonlar 3 ekstraksiyon tekerrürünün ortalaması olarak verilmiştir. [c]Tanımlama: tanımlama metotları; LRI (Linear alıkonma indeksi); MS tent. (MS ile tentatif tanımlama), Std (Standart kimyasal madde ile). ± standart sapma. Aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel olarak farklıdır (p<0.05) [a-d]

Çizelge 4.14. Zeytinyağı örneklerinin aroma maddeleri (2011 yılı)

No	LRI[a]	Aroma Maddeleri	Konsantrasyon (µg/kg)[b]				Tanımlama[c]
			NY	NYB	KY	KYB	
		Aldehitler					
1	1074	Hekzanal	3163.3±102.9[a]	1485.7±34.7[d]	2124.9±44.1[b]	1966.6±28.8[c]	LRI, MS, std
2	1121	(*E*)-2-Pentenal	70.2±4.9[b]	37.8±1.2[c]	108.2±6.7[a]	75.1±3.6[b]	LRI, MS, std
3	1135	(*Z*)-3-Hekzenal	372.2±9.0[a]	244.0±5.2[c]	143.6±11.5[d]	317.5±4.7[b]	LRI, MS, std
4	1140	2-Etil-(*E*)-2-bütenal	391.2±7.1[a]	0.0	141.4±13.0[b]	0.0	LRI, MS, tent
5	1180	Heptanal	0.0	48.3±8.6[c]	241.0±20.8[a]	170.9±4.4[b]	LRI, MS, std
6	1182	3-Metil-2-bütenal	307.7±12.6[a]	0.0	133.0±12.1[b]	0.0	LRI, MS, std
7	1190	(*E*)-2-Hekzenal	9772.9±154.7[a]	5754.0±49.4[c]	9247.0±138.4[b]	4995.2±50.9[d]	LRI, MS, std
8	1254	2-Etenil-2-bütenal	0.0	663.1±29.6[a]	406.6±17.7[b]	0.0	LRI, MS, tent
9	1292	Oktanal	135.6±6.8[c]	128.0±8.4[c]	360.8±12.8[a]	204.2±12.8[b]	LRI, MS, std
10	1311	(*E*)-2-Heptenal	0.0	0.0	96.4±5.8[b]	319.2±12.1[a]	LRI, MS, std
11	1313	(*Z*)-4-Heptenal	269.5±11.8[a]	0.0	42.2±3.6[b]	0.0	LRI, MS, std
12	1384	Nonanal	163.8±7.7[b]	244.5±13.7[a]	237.4±10.9[a]	224.6±10.6[a]	LRI, MS, std
13	1434	(*E*)-2-Oktenal	211.7±5.3[a]	0.0	150.4±12.4[b]	104.4±5.5[c]	LRI, MS, std
14	1485	(*E,E*)-2,4-Heptadienal	97.5±2.8[c]	73.0±5.5[c]	302.3±17.7[a]	222.8±10.4[b]	LRI, MS, std
15	1527	Benzaldehit	49.0±2.3[c]	55.6±49.2[c]	159.6±7.5[b]	215.3±5.2[a]	LRI, MS, std
16	1536	(*E*)-2-Nonenal	118.3±7.3[a]	0.0	94.9±6.9[b]	0.0	LRI, MS, std
17	1616	(*E*)-2-Dekenal	223.7±3.7[b]	202.2±5.0[c]	737.8±16.4[a]	163.4±11.2[d]	LRI, MS, std
18	1711	3-Dodekenal	0.0	69.0±6.1[b]	282.0±14.2[a]	0.0	LRI, MS, tent
19	1763	(*E,E*)-2,4-Dekadienal	331.4±12.4[b]	152.1±11.6[d]	365.4±15.9[a]	203.2±7.9[c]	LRI, MS, std

Çizelge 4.14'ün devamı

		Toplam	**15678±95^{a}**	**9157±149^{c}**	**15375±297^{b}**	**9183±50^{c}**	
		Yüksek alkoller					
20	1104	2-Metil-1-propanol	243.2±6.7^{a}	59.0±2.5^{b}	223.0±10.3^{a}	68.8±2.7^{b}	LRI, MS, std
21	1157	1-Penten-3-ol	708.8±13.3^{a}	188.1±12.8^{b}	140.8±8.1^{c}	108.6±7.3^{d}	LRI, MS, std
22	1177	3-Penten-2-ol	655.5±16.2^{bc}	487.2±32.4^{cd}	803.6±13.3^{a}	544.1±11.5^{c}	LRI, MS, std
23	1248	Pentanol	0.0	127.0±8.4^{b}	199.8±12.8^{a}	0.0	LRI, MS, std
24	1295	4-Heptanol	22.9±1.2^{b}	0.0	53.6±3.9^{a}	0.0	LRI, MS, std
25	1307	2-Hekzanol	923.5±13.8^{a}	231.0±15.5^{c}	439.3±14.6^{b}	431.8±23.6^{b}	LRI, MS, std
26	1325	3-Metil-2-bütenol	115.6±6.3^{b}	0.0	0.0	145.2±7.5^{a}	LRI, MS, tent
27	1328	(*Z*)-2-Pentenol	997.9±20.0^{a}	267.7±12.6^{c}	564.8±19.6^{b}	0.0	LRI, MS, std
28	1350	Hekzanol	1971.6±39.4^{a}	849.6±13.6^{c}	1877.4±46.1^{a}	1346.6±80.1^{b}	LRI, MS, std
29	1373	(*E*)-3-Hekzenol	521.6±9.7^{a}	0.0	0.0	0.0	LRI, MS, std
30	1378	(*Z*)-3-Hekzenol	681.7±15.1^{c}	779.5±52.8^{c}	1426.1±78.9^{a}	1066.2±35.3^{b}	LRI, MS, std
31	1386	3-Oktanol	47.9±4.3^{b}	0.0	103.2±7.9^{a}	0.0	LRI, MS, tent
32	1388	(*E*)-2-Hekzenol	2658.1±72.9^{a}	1158.6±70.4^{c}	2410.3±88.3^{b}	657.7±18.5^{d}	LRI, MS, std
33	1492	1-Okten-3-ol	59.8±4.7^{b}	0.0	70.2±6.0^{a}	0.0	LRI, MS, std
34	1498	Heptanol	44.0±2.9^{c}	60.0±2.6^{b}	151.9±10.4^{a}	25.1±1.9^{d}	LRI, MS, std
35	1508	2-Etil-1-hekzanol	70.9±4.8^{b}	81.1±6.3^{b}	475.0±18.5^{a}	0.0	LRI, MS, std
36	1530	(*E*)-2-Nonenol	0.0	77.2±5.1^{a}	22.0±1.8^{b}	80.8±5.7^{a}	LRI, MS, std
37	1554	Oktanol	91.6±4.6^{b}	50.3±2.5^{c}	233.8±18.2^{a}	18.4±1.2^{d}	LRI, MS, std
38	1590	(*E*)-2-Oktenol	25.2±1.8^{a}	0.0	15.8±1.4^{b}	0.0	LRI, MS, std
39	1665	Nonanol	55.8±4.1^{b}	33.9±2.7^{c}	74.5±5.9^{a}	0.0	LRI, MS, std
40	1861	Benzil alkol	91.5±4.7^{a}	78.0±4.0^{b}	0.0	0.0	LRI, MS, std

Çizelge 4.14'ün devamı

41	1870	2-Fenil etanol	546.9±21.2^{a}	208.9±9.8^{c}	48.5±4.3^{d}	258.0±11.0^{b}	LRI, MS, std
		Toplam	**10534±125^{a}**	**4737±391^{c}**	**9334±142^{b}**	**4751±103^{c}**	
		Ketonlar					
42	1197	3-(Hidroksi)-3-metil-2-bütanon	63.3±4.8^{b}	86.8±13.6^{a}	0.0	83.8±4.0^{a}	LRI, MS, tent
43	1332	6-Metil-5-hepten-2-on	87.3±2.8^{a}	35.1±2.2^{c}	88.5±3.7^{a}	68.5±2.6^{b}	LRI, MS, std
		Toplam	**151±2.1^{a}**	**122±14^{b}**	**89±3.7^{c}**	**152±2.7^{a}**	
		Esterler					
44	1077	(*E*)-Hekzil-2-bütenoat	46.7±3.6^{b}	42.1±5.0^{b}	192.0±6.4^{a}	0.0	LRI, MS, tent
45	1285	Hekzil asetat	0.0	211.6±15.1^{a}	0.0	142.2±9.1^{b}	LRI, MS, std
46	1309	Etil kloroasetat	0.0	52.2±4.9^{a}	0.0	45.9±1.8^{b}	LRI, MS, tent
47	1312	(*Z*)-3-Hekzenil asetat	0.0	846.3±19.4^{a}	0.0	160.1±8.7^{b}	LRI, MS, std
48	1792	Etil salisilat	0.0	15.1±7.8^{a}	0.0	22.5±1.8^{a}	LRI, MS, std
49	2233	Metil palmitat	93.9±3.7^{b}	0.0	421.2±9.7^{a}	0.0	LRI, MS, std
50	2270	Etil palmitat	96.3±5.6^{b}	0.0	168.9±14.3^{a}	0.0	LRI, MS, std
		Toplam	**237±12^{d}**	**1167±29^{a}**	**782±29^{b}**	**371±19^{c}**	
		Terpenler					
51	1108	β-Pinen	0.0	0.0	140.7±12.2^{a}	73.4±2.5^{b}	LRI, MS, std
52	1186	*dL*-Limonen	707.7±18.1^{a}	179.6±9.3^{c}	582.7±14.1^{b}	93.0±3.3^{d}	LRI, MS, std
53	1505	α-Kopaen	663.6±9.7^{a}	0.0	0.0	451.1±15.0^{b}	LRI, MS, std
54	1537	Linalol	103.7±6.3^{a}	0.0	99.4±7.4^{a}	54.4±0.9^{b}	LRI, MS, std
55	1666	(*E*)-β-Farnesen	32.5±2.7^{a}	0.0	0.0	0.0	LRI, MS, tent
56	1685	α-Terpinolen	0.0	87.6±5.4^{a}	18.5±1.1^{c}	37.9±3.0^{b}	LRI, MS, tent
57	1692	α-Murolen	0.0	101.9±6.1^{b}	301.7±10.5^{a}	75.0±3.6^{c}	LRI, MS, tent

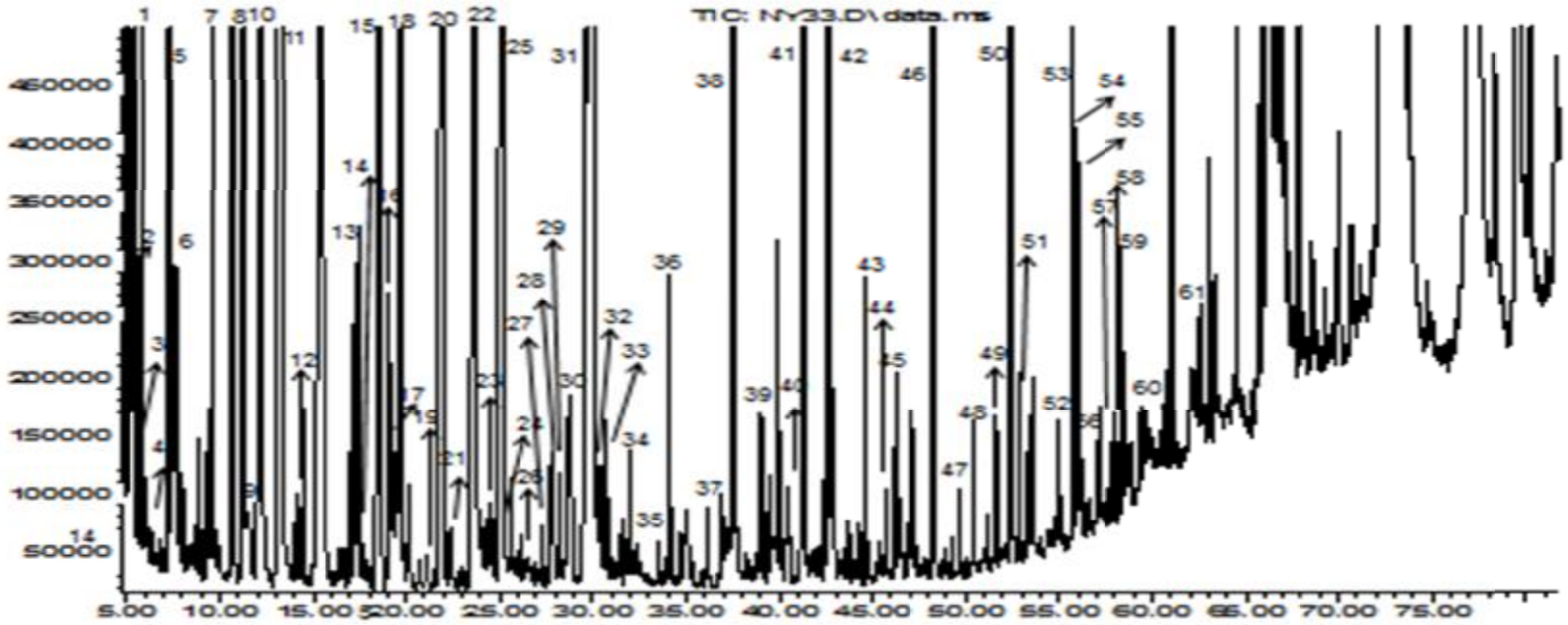
Çizelge 4.14'ün devamı

58	1719	(*E*,*E*)-α-Farnesen	985.1±24.2[a]	0.0	20.1±1.2[b]	0.0	LRI, MS, tent
59	1745	α-Farnesen	0.0	142.9±4.4[c]	2104.7±83.1[a]	514.5±12.1[b]	LRI, MS, std
60	2049	Farnesol	289.2±8.4[a]	119.9±7.5[c]	0.0	143.7±4.7[b]	LRI, MS, std
		Toplam	**2782±31[b]**	**632±5.8[d]**	**3268±88[a]**	**1443±13[c]**	
		Laktonlar					
61	1881	δ-Oktalakton	90.6±6.4[a]	0.0	42.8±3.9[b]	0.0	LRI, MS, std
62	2042	γ- Nonalakton	127.4±3.2[a]	62.5±4.1[c]	0.0	87.1±4.6[b]	LRI, MS, std
63	2103	γ- Dekalakton	240.9±5.7[a]	0.0	49.6±4.1[b]	54.5±2.5[b]	LRI, MS, std
64	2216	δ-Dekalakton	150.0±7.7[a]	0.0	82.6±1.8[b]	0.0	LRI, MS, std
65	2220	δ-Dodekalakton	85.6±4.0[a]	0.0	0.0	0.0	LRI, MS, std
66	2384	γ-dodekalakton	255.2±14.4[a]	0.0	33.7±1.7[b]	0.0	LRI, MS, std
		Toplam	**950±31[a]**	**63±4.1[d]**	**209±2.1[b]**	**142±7.0[c]**	
		Karboksilik asitler					
67	1413	Asetik asit	20.7±1.3[b]	0.0	50.7±3.4[a]	23.6±0.6[b]	LRI, MS, std
68	1840	Hekzanoik asit	62.7±3.6[b]	27.8±1.9[d]	93.8±5.3[a]	48.9±3.6[c]	LRI, MS, std
69	2091	Oktanoik asit	52.8±1.6[b]	42.5±2.1[b]	77.3±5.5[a]	95.7±6.2[a]	LRI, MS, std
70	2157	Nonanoik asit	212.2±12.1[b]	137.9±9.3[c]	328.6±17.0[a]	199.0±7.6[b]	LRI, MS, std
71	2293	Dekanoik asit	95.3±4.2[c]	74.8±4.1[d]	185.6±8.8[a]	120.6±16.2[b]	LRI, MS, std
72	2391	Dodekanoik asit	110.2±7.6[a]	52.9±4.0[b]	0.0	0.0	LRI, MS, std
		Toplam	**554±24[b]**	**336±32[d]**	**736±29[a]**	**488±27[c]**	
		Uçucu Fenoller					
73	1849	Gayakol	110.4±4.4[a]	71.2±2.8[b]	0.0	0.0	LRI, MS, std
74	1995	Fenol	20.8±[b]	0.0	0.0	43.3±2.9[a]	LRI, MS, std

Çizelge 4.14'ün devamı

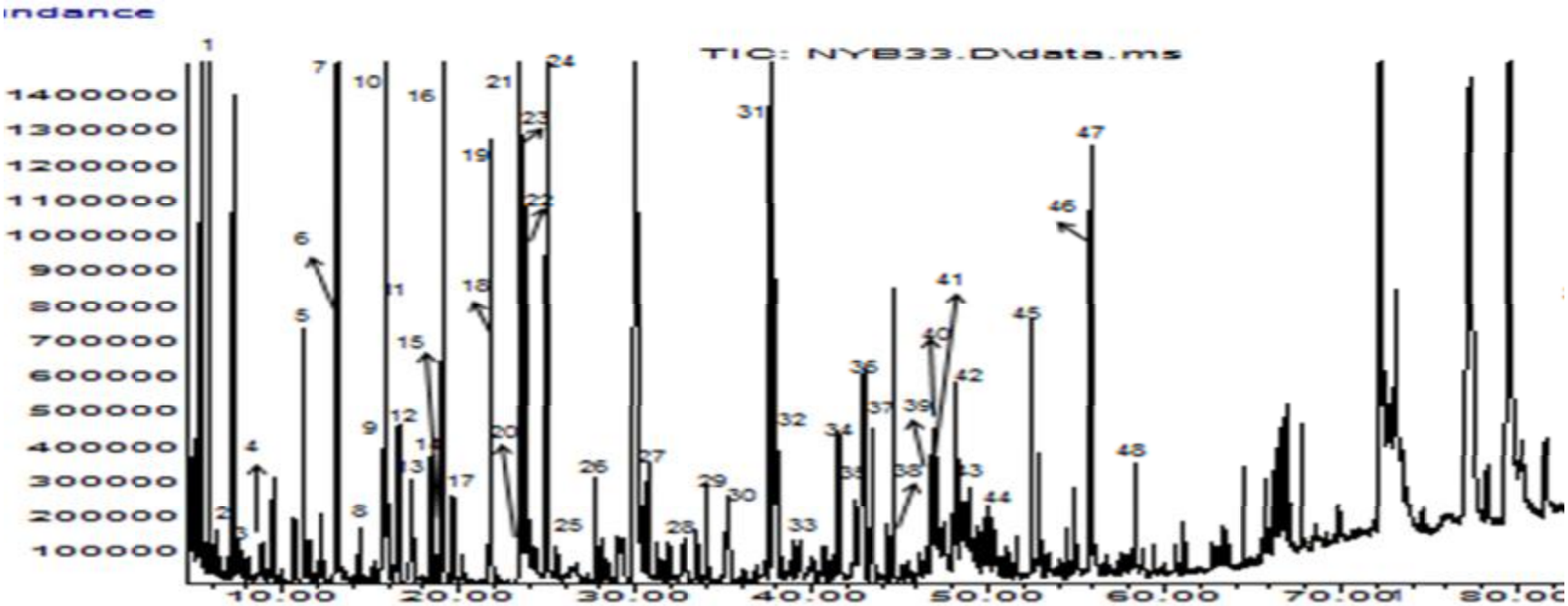
75	2192	3-Etil fenol	74.3±5.0[b]	0.0	45.2±2.2[c]	229.2±4.3[a]	LRI, MS, tent
		Toplam	**206±8.8[b]**	**71±2.8[c]**	**45±2.2[d]**	**273±3.8[a]**	
		Genel Toplam	**31090±273[a]**	**16285±284[d]**	**29837±576[b]**	**16802±78[c]**	

[a]LRI : Linear alıkonma indeksi DB-WAX kapilar kolon üzerinde hesaplanmıştır; [b]: Konsantrasyonlar 3 ekstraksiyon tekerrürünün ortalaması olarak verilmiştir. [c]Tanımlama: tanımlama metotları; LRI (Linear alıkonma indeksi); MS tent. (MS ile tentatif tanımlama), Std (Standart kimyasal madde ile). ± standart sapma. Aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel olarak farklıdır (p<0.05) [a-d]



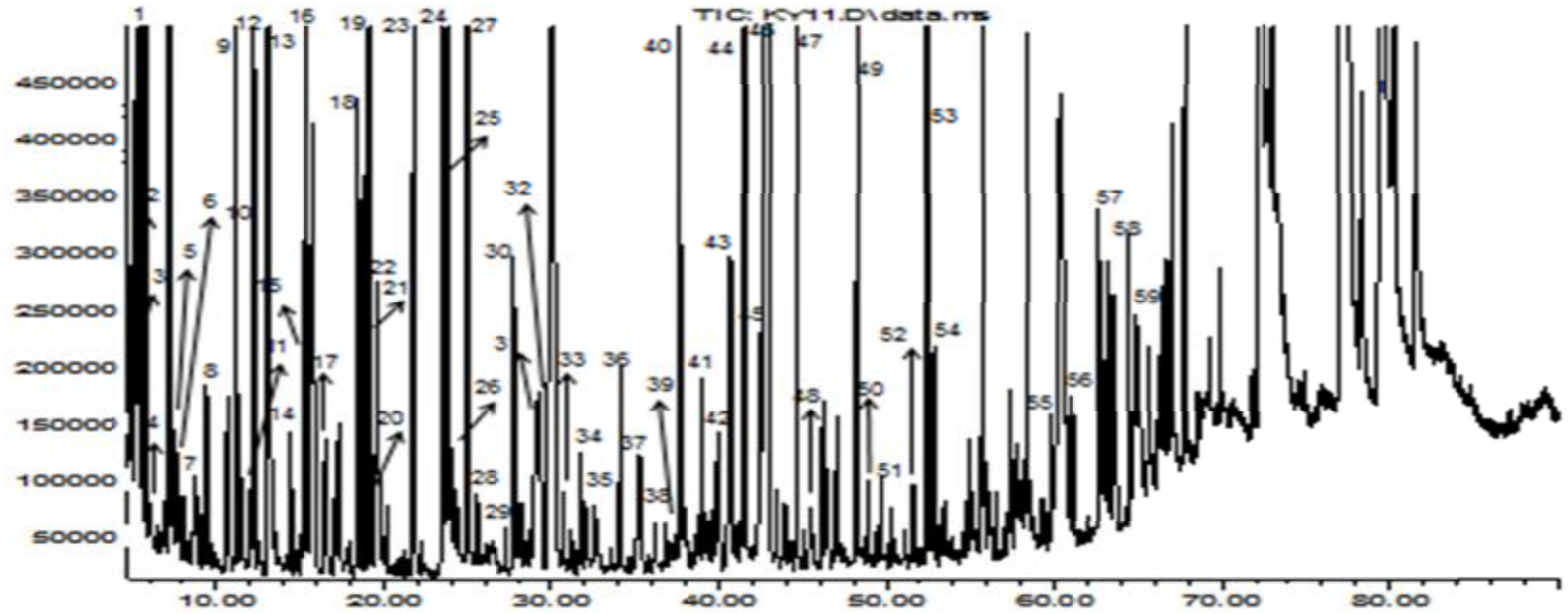
Şekil 4.14. Nizip yağlık zeytinyağlarının aroma maddeleri kromatogramı (2011 yılı)

1:Hekzanal, 2:(*E*)-Hekzil-2 bütenoate, 3:2-Metil-1-propanol, 4:(*E*)-2-Pentenal,5:(*Z*)-3- Hekzenal, 6:2-Etil-(*E*)-2-bütenal, 7:1-Penten-3-ol, 8:3-Penten-2-ol, 9:3-Metil-2-bütenal, 10:*dL*-Limonen, 11: (*E*)-2-Hekzenal, 12:3-(Hidroksi)-3-metil-2-bütanon, 13:Oktanal, 14:4-Heptanol 15:2-Hekzanol, 16:(*Z*)-4-Heptenal, 17:3-Metil-2-bütenol, 18:(*Z*)-2-Pentenol, 19:6-Metil-5-hepten-2-on, 20:Hekzanol, 21:(*E*)-3-Hekzenol, 22:(*Z*)-3-Hexenol, 23:Nonanal, 24:3-Oktanol, 25:(*E*)-2-Hekzenol, 26:Asetik asit, 27:(*E*)-2-Oktenal, 28:(*E,E*)-2,4-Heptadienal, 29:1-Okten-3-ol, 30:Heptanol, 31:α-Kopaen, 32:2-Etil-1-hekzanol, 33:Benzaldehit, 34:(*E*)-2-Nonenal, 35:Linalol, 36:Oktanol, 37:(*E*)-2-Oktenol, 38:(*E*)-2-Dekenal, 39:Nonanol, 40:(*E*)-β-Farnesen, 41:(*E,E*)-α-Farnesen, 42:(*E,E*)-2,4-Dekadienal, 43:Hekzanoik asit, 44:Gayakol, 45:Benzil alkol, 46:2-Fenil etanol, 47:δ-Oktalakton, 48:Fenol, 49: ɣ-Nonalakton, 50:Farnesol, 51:Oktanoik asit, 52: ɣ-Dekalakton, 53:Nonanoik asit, 54:3-Etil fenol, 55:δ-Dekalakton, 56:δ-Dodecalactone, 57:Metil palmitat, 58:Etil palmitat, 59:Dekanoik asit, 60: ɣ-dodekalakton, 61:Dodekanoik asit.



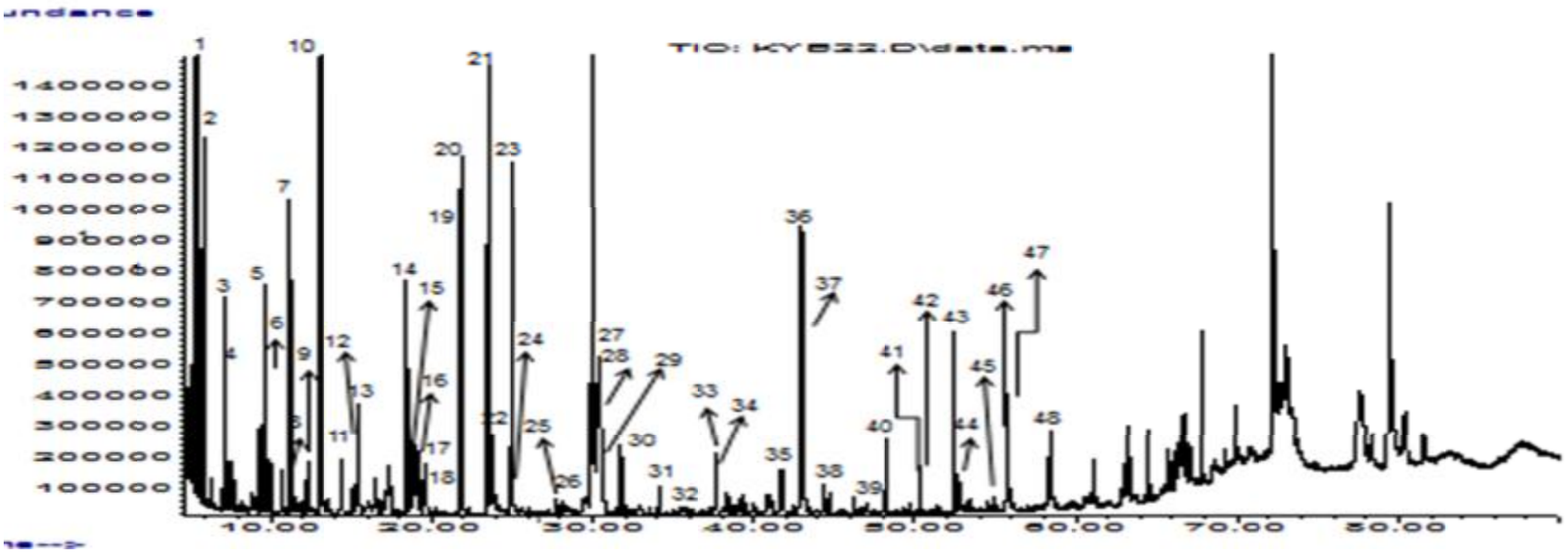
Şekil 4.15. Nizip yağlık (Bornova) zeytinyağlarının aroma maddeleri kromatogramı (2011 yılı)

1:Hekzanal, 2:(*E*)-Hekzil-2 bütenoate, 3:2-Metil-1-propanol, 4:(*E*)-2-Pentenal, 5:(*Z*)-3-Hekzenal, 6:1-Penten-3-ol, 7:3-Penten-2-ol, 8:Heptanal, 9:*dL*-Limonen, 10:(*E*)-2-Hekzenal, 11:3-(Hidroksi)-3-metil-2-bütanon, 12:Pentanol, 13:2-Etenil-2-bütenal, 14:Hekzil asetat, 15:Oktanal, 16:2-Hekzanol, 17: Etil kloroasetat, 18: (*Z*)-3-Hekzenil asetat, 19:(*Z*)-2-Pentenol, 20:6-Metil-5-hepten-2-on, 21:Hekzanol, 22:(*Z*)-3-Hekzenol, 23:Nonanal, 24:(*E*)-2-Hekzenol, 25:(*E,E*)-2,4-Heptadienal, 26:Heptanol, 27:2 Etil-1-hekzanol, 28:Benzaldehit, 29:(*E*)-2-Nonenol, 30:Oktanol, 31:(*E*)-2-Dekenal, 32:Nonanol, 33:α-Terpinolen, 34:α-Murolen, 35:3-Dodekenal, 36:α-Farnesen, 37:(*E,E*)-2,4-Dekadienal, 38:Etil salisilat, 39:Hekzanoik asit, 40:Gayakol, 41:Benzil alkol, 42:2-Fenil etanol, 43:ɣ-Nonalakton, 44:Farnesol, 45:Oktanoik asit, 46:Nonanoik asit, 47:Dekanoik asit, 48:Dodekanoik asit.



Şekil 4.16. Kilis yağlık zeytinyağına ait aroma maddeleri kromatogramı (2011 yılı)

1:Hekzanal, 2:(*E*)-Hekzil-2 bütenoate, 3:2-Metil-1-propanol, 4: β-Pinen, 5:(*E*)-2-Pentenal,6:(*Z*)-3- Hekzenal, 7:2-Etil-(*E*)-2-bütenal, 8:1-Penten-3-ol, 9:3-Penten-2-ol, 10:Heptanal, 11:3-Metil-2-bütenal, 12:*dL*-Limonen, 13:(*E*)-2-Hekzenal, 14:pentanol, 15:2-Etenil-2-bütenal, 16:Oktanal, 17:4-Heptanol 18:2-Hekzanol, 19:(*E*)-2-Heptenal, 20:(*Z*)-4-Heptenal, 21:(*Z*)-2-Pentenol, 22:6-Metil-5-hepten-2-on, 23:Hekzanol, 24:(*Z*)-3-Hexenol, 25:Nonanal, 26:3-Oktanol, 27:(*E*)-2-Hekzenol, 28:Asetik asit, 29:(*E*)-2-Oktenal, 30:(*E,E*)-2,4-Heptadienal, 31:1-Okten-3-ol, 32:Heptanol, 33:2-Etil-1-hekzanol, 34:Benzaldehit, 35:(*E*)-2-Nonenol, 36:(*E*)-2-Nonenal 37:Linalol, 38:Oktanol, 39:(*E*)-2-Oktenol, 40:(*E*)-2-Dekenal, 41:Nonanol, 42:α-terpinolen, 43: Murolen, 44:3-Dodekenal, 45:(*E,E*)-α-Farnesen, 46:α-Farnesen, 47:(*E,E*)-2,4-Dekadienal, 48:Hekzanoik asit, 49:2-Fenil etanol, 50:δ-Oktalakton, 51:Oktanoik asit, 52:ɣ-Dekalakton, 53:Nonanoik asit, 54:3-Etil fenol, 55:δ-Dekalakton, 56:Metil palmitat, 57:Etil palmitat, 58:Dekanoik asit, 59: ɣ-dodekalakton.

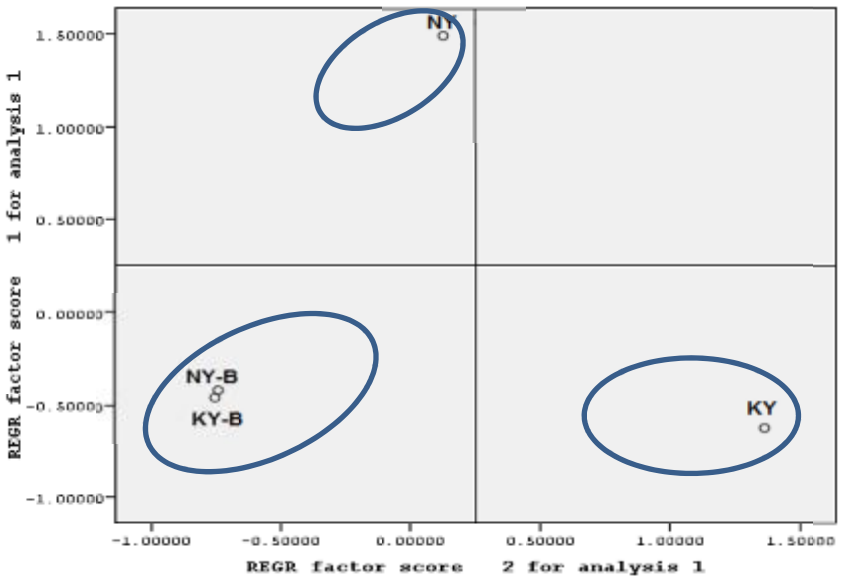


Şekil 4.17. Kilis yağlik (Bornova) zeytinyağına ait aroma maddeleri kromatogramı (2011 yılı)

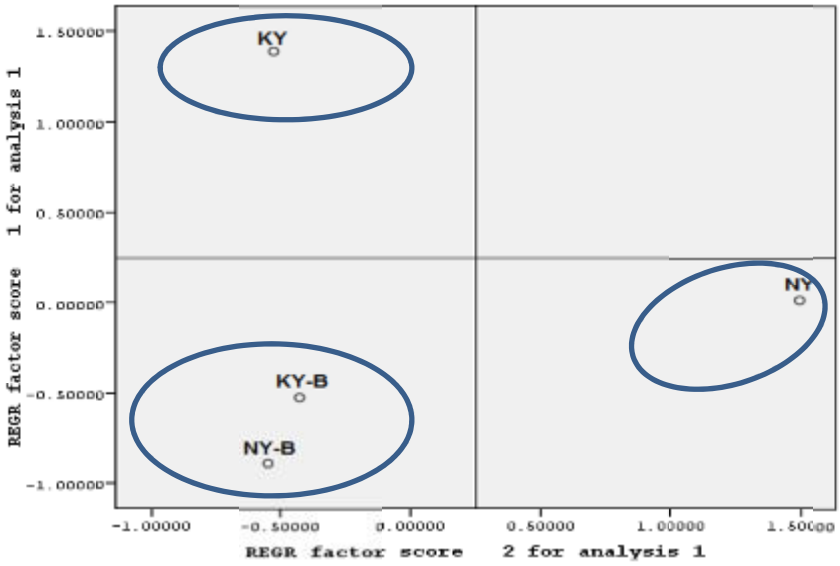
1:Hekzanal, 2:2-Metil-1-propanol, 3:β-Pinen, 4:(*E*)-2-Pentenal, 5:(*Z*)-3-Hekzenal, 6:1-Penten-3-ol, 7:3-Penten-2-ol, 8:Heptanal, 9:*dL*-Limonen, 10:(*E*)-2-Hekzenal, 11:3-(Hidroksi)-3-metil-2-bütanon, 12:Hekzil asetat, 13:Oktanal, 14:2-Hekzanol, 15:Etil kloroasetat, 16:(*E*)-2-Heptenal, 17:(*Z*)-3-Hekzenil asetat, 18:3-Metil-2-bütenol, 19:6-Metil-5-hepten-2-on, 20:Hekzanol, 21:(*Z*)-3-Hekzenol, 22:Nonanal, 23:(*E*)-2-Hekzenol, 24:Asetik asit, 25:(*E*)-2-Oktenal, 26:(*E,E*)-2,4-Heptadienal, 27:Heptanol, 28:α-Kopaen, 29:Benzaldehit, 30:(*E*)-2-Nonenol, 31:Linalol, 32:Oktanol, 33:(*E*)-2-Dekenal, 34:α-Terpinolen, 35:α-Murolen, 36:α-Farnesen, 37:(*E,E*)-2,4-Dekadienal, 38:Etil salisilat, 39:Hekzanoik asit, 40:2-Fenil etanol, 41:Fenol, 42:ɣ-Nonalakton, 43:Farnesol, 44:Oktanoik asit, 45:ɣ-Dekalakton, 46:Nonanoik asit, 47:3-Etil fenol, 48:Dekanoik asit.

4.7.2. Aroma maddelerinin Temel Bileşen Analiz Sonuçları

Zeytinyağlarının aroma maddelerinin yardımıyla temel bileşen analizlerine göre sınıflandırılması 2010 yılı için Şekil 4.18, 2011 yılı için Şekil 4.19'da gösterilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, zeytinyağları aroma maddelerine göre her iki yılda da 3 farklı gruba ayrılmış ve bu gruplarda aynı alan içerisinde yer alan çeşitler benzerlik göstermiştir. Bu gruplardan birinde KY, diğerinde NY ve son grupta ise NYB ile KYB zeytinyağları toplanmıştır. Buna göre NYB ve KYB zeytinyağları aroma maddeleri açısından benzer bulunurken, NY ve KY çeşitleri hem birbirlerinden hem de Bornova yağlarından aromatik açıdan farklı olarak değerlendirilmiştir. Haddada ve ark. (2007) Tunus ve Fransız zeytinyağlarını zeytin çeşidi ve yetiştiği bölgeye bağlı olarak içerdikleri aroma maddelerine göre PCA analizi ile sınıflandırmışlardır. Çalışmada zeytinyağları 3 farklı grup oluşturmuştur. Pizarro ve ark. (2011) İspanyol sızma zeytinyağlarını uçucu bileşiklerine göre PCA analizi kullanarak sınıflandırmışlardır. Çalışmada zeytinyağları için dört farklı grup belirlenmiştir. Benzer şekilde, ülkemiz Ege Bölgesi çeşitlerinden Ayvalık ve Memecik çeşitlerinin yağları içerdikleri aroma maddelerine göre PCA analizi kullanılarak farklı gruplarda sınıflandırılmışlardır (İlyasoğlu ve ark., 2011).



Şekil 4.18. Zeytinyağların aroma maddelerinin PCA sonuçları (2010 yılı)



Şekil 4.19. Zeytinyağların aroma maddelerinin PCA sonuçları (2011 yılı)

4.8. Zeytinyağların Aroma-Aktif Bileşikleri

Zeytinyağlarının aroma-aktif bileşikleri, bu bileşiklerin verdiği kokular ve koku seyreltme (KS) faktörleri 2010 ve 2011 yılları için sırasıyla Çizelge 4.15 ve 4.16'da verilmiştir.

Aroma-aktif bileşiklerin koku seyreltme (KS) değerleri birinci yıl 32-512, ikinci yıl ise 32-1024 arasında değişmiştir. 2010 yılında toplam 42, 2011 yılında ise toplam 33 farklı aroma-aktif bileşik belirlenmiştir. Aroma-aktif bileşiklerin çeşit ve sayısı hem çeşitlere ve hem de yıllara göre farklılıklar göstermiştir.

Çizelgelerden de görüldüğü gibi;

- Birinci yıl NY çeşidinden elde edilen yağda 21 adet aroma-aktif bileşik belirlenmiş ve bunlardan 20 tanesi tanımlanmıştır. Tanımlanan bileşikleri 6 aldehit, 7 alkol, 3 terpen, 3 lakton ve 1 uçucu fenol bileşiği oluşturmuştur. Nizip yağlık çeşidinde 1 adet (LRI:1544) tanımlanamayan aroma-aktif bileşik saptanmıştır. Bu bileşikler piklerin genellikle çok küçük ve/veya sahip oldukları kütle/yük (m/z) oranlarından dolayı GC/MS cihazında tanımlanamamışlardır. Aroma-aktif

bileşiklerin koku seyreltme değerleri (KS) 32-512 arasında değişmiştir. Bunlar içerisinde heptanal (yeşil bitki, yağımsı), (*E*)-2-hekzenal (kesilmiş çim, yeşil bitki), (*E*,*E*)-2,4-heptadienal (yağımsı), oktanol (çiçeksi, çim), benzil alkol (çiçeksi) ve 2-fenil etanol (gül kokusu) en düşük KS değerini (32) alırken, 1-penten-3-ol (çim, yeşil sebze), (*E*,*E*)-Farnesol (çiçeksi) ve γ-dodekalakton (meyvemsi) en yüksek KS (512) değerini almıştır. İkinci yılda da 21 adet aroma-aktif bileşik belirlenmiş ve bunlardan 1 adet (LRI:1544) aroma-aktif bileşik tanımlanamamıştır. Tanımlanamayan bu bileşik her iki yılda da aynı bileşiktir. Tanımlanan bileşiklerden 4'ü aldehit, 7'si alkol, 1'i ester, 3'ü lakton, 4'ü terpen ve 1'i uçucu fenol bileşikleridir. 2011 yılında aroma-aktif bileşiklerin koku seyreltme değerleri (KS) 32-1024 arasında değişmiştir. Bunlar içerisinde etil palmitat (meyvemsi), γ-dekalakton (meyvemsi), (*E*,*E*)-α-farnesen (çiçeksi, yeşil bitki), gayakol (zeytin ezmesi, sabunsu) ve tanımlanamayan (yeşil bitki) bir bileşik en düşük KS değerini (32) alırken, 1-penten-3-ol (çim, yeşil sebze) en yüksek KS (1024) değerini almıştır. Meyvemsi kokulardan sorumlu lakton bileşiklerinin, NY çeşidinden elde edilen zeytinyağında en yoğun olduğu belirlenmiştir.

- 2010 yılında NYB çeşidinden elde edilen yağda belirlenen toplam 20 aroma-aktif bileşiğinin 17'si tanımlanmış, 3'ü (LRI:1403, LRI:1585, LRI:1874) tanımlanamamıştır. Tanımlanan bileşikler içerisinde 7 aldehit, 5 alkol, 1 ester, 2 terpen, 1 lakton ve 1 uçucu fenol yer almaktadır. Nizip Yağlık (Bornova) çeşidinin yağında aroma-aktif bileşiklerin koku seyreltme değerleri (KS) 32-512 arasında değişmiştir. Bunlar içerisinde hekzanal (kesilmiş çim), β-pinen (yeşil bitki, çiçeksi), (*E*)-2-hekzenal (kesilmiş çim, yeşil bitki), (*Z*)-3-hekzenol (kesilmiş çim, ot) tanımlanamayan iki bileşik (çiçeksi, yeşil bitki, meyvemsi), linalol (leylak, lavanta), (*E*)-2-dekenal (sabunsu, yağsı) ve dekanol (çiçeksi) en düşük KS değerini (32) alırken, çiçeksi ve yeşil bitki kokuları veren tanımlanamayan bir bileşik ise en yüksek KS (512) değerini almıştır. 2011 yılında ise belirlenen toplam 13 aroma-aktif bileşiğinin 12'si tanımlanmış, 1'i (LRI:1874) tanımlanamamıştır. Tanımlanan bileşikler içerisinde 4 aldehit, 6 alkol ve 2 ester yer almaktadır. Aroma-aktif bileşiklerin koku seyreltme değerleri (KS) 32-512 arasında değişmiştir. Bunlardan 2-

etenil-2-bütenal (meyvemsi, yeşil) en yüksek KS değerini (512) alırken, hekzanol (çiçeksi, çim), (*E*)-2-hekzenol (çim, yeşil bitki, meyvemsi), (*E*)-2-nonenol (meyvemsi, mumsu), 2-fenil etanol (gül kokusu) ve hekzil asetat (meyvemsi) en düşük KS değerini (32) almıştır.

- KY çeşidinden elde edilen yağda birinci yıl 19 adet aroma-aktif bileşik belirlenmiş ve bunlardan 17 tanesi tanımlanmıştır. Tanımlanan bileşiklerden 8'i aldehit, 7'si alkol, 1'er tanesi ise terpen ve karboksilik asit'tir. 2 adet (LRI:1060 ve LRI:1874) aroma-aktif bileşik ise tanımlanamamıştır. Kilis Yağlık çeşidinin yağında aroma-aktif bileşiklerin koku seyreltme değerleri (KS) 32-256 arasında değişmiştir. Nonanal (çim, turunçgil), (*Z*)-2-pentenol (yağımsı), (*Z*)-3-hekzenol (kesilmiş çim, ot), dekanol (çiçeksi), hekzanoik asit (yağımsı) ve yeşil bitki kokusu veren tanımlanamayan bir bileşik en düşük KS değerini (32) alırken, (*E*)-2-heptenal (kimyasal, yağımsı), linalol (leylak, lavanta) ve (*E,E*)-2,4-dekadienal (yağımsı, çözgen) en yüksek KS değerini (256) almıştır. İkinci yıl sonuçlarına bakıldığında 20 adet aroma-aktif bileşik belirlenmiş ve bunların hepsi de tanımlanmıştır. Tanımlanan bileşikler içerisinde 7 aldehit, 6 alkol, 2 ester, 4 terpen ve 1 karboksilik asit yer almaktadır. KY çeşidinin yağında aroma-aktif bileşiklerin koku seyreltme değerleri (KS) 32-512 arasında değişmiştir. En düşük KS değerine (32) sahip bileşikler β-pinen (yeşil bitki, çiçeksi), (*E,E*)-2,4-heptadienal (yağımsı) ve hekzanoik asit (yağımsı) iken en yüksek KS değerine (512) sahip bileşikler (*E*)-2-hekzenal (kesilmiş çim, yeşil bitki) ve 2-etenil-2-bütenal (meyvemsi, yeşil) olmuştur.

- 2010 yılında KYB çeşidinden elde edilen yağda belirlenen toplam 18 aroma-aktif bileşiğin 16'sı tanımlanmıştır. Tanımlanan bileşikleri 9 aldehit, 3 alkol, 2 terpen ve 1'er keton ve lakton bileşikleri oluşturmuştur. Kilis yağlık (Bornova) çeşidinde 2 adet (LRI:1563 ve LRI:1755) tanımlanamayan aroma-aktif bileşik saptanmıştır. Kilis yağlık (Bornova) çeşidinin yağında aroma-aktif bileşiklerin koku seyreltme değerleri (KS) 32-128 arasında değişmiştir. Bunlar içerisinde 10 bileşik en düşük KS değerini (32) alırken, 2-etenil-2-bütenal (meyvemsi, yeşil), oktanal (turunçgil, limon çiçeği), (*E*)-oktenal (yeşil bitki, yağımsı), linalol (leylak, lavanta) ve (*E,E*)-2,4-nonadienal en

yüksek KS (128) değerini almıştır. 2011 yılında ise toplam 14 aroma-aktif bileşiğin 13'ü tanımlanmıştır. Tanımlanan bileşiklerden 5'i aldehit, 5'i alkol, 1'i ester ve 2'si terpen bileşiğidir. İkinci yıl 1 adet (LRI:1874) tanımlanamayan aroma-aktif bileşik saptanmıştır. Aroma-aktif bileşiklerin koku seyreltme değerleri (KS) 32-256 arasında değişmiştir. Bunlar içerisinde (*Z*)-3-hekzenil asetat (meyvemsi), α-kopaen (hoş, meyvemsi), linalol (leylak, lavanta), (*E*)-2-nonenol (meyvemsi, mumsu), yeşil bitki kokusu veren tanımlanamayan bir bileşik ve 2-fenil etanol (gül kokusu) en düşük KS değerini (32) alırken, (*E*)-2-hekzenal (kesilmiş çim, yeşil bitki) ve (*Z*)-3-hekzenol (kesilmiş çim, ot) en yüksek KS (256) değerini almıştır.

Zeytinyağlarında 2010 yılında hekzanal (kesilmiş çim), heptanal (yeşil bitki, yağımsı), (*E*)-2-hekzenal (kesilmiş çim, yeşil bitki), 2-etenil-2-bütenal (meyvemsi, yeşil), oktanal (turunçgil, limon çiçeği), (*E*)-2-heptenal (kimyasal, yağımsı), nonanal (çim, turunçgil), (*E*)-2-oktenal (yeşil bitki, yağımsı), (*E,E*)-2,4-heptadienal (yağımsı), (*E*)-2-dekenal (sabunsu, yağsı), (*E,E*)-2,4-nonadienal (yağımsı) ve (*E,E*)-2,4-dekadienal (yağımsı, çözgen) olmak üzere toplam 12 farklı aroma-aktif aldehit bileşiği belirlenmiştir. 2011 yılında ise 8 farklı aldehit bileşiği belirlenmiştir. Zeytinyağlarında her iki yılda da aldehitler en önemli aroma-aktif bileşikleri oluşturmuştur. Bu sonuçlar önceki çalışmalarla da uyum içerisindedir (Reiners ve Grosch, 1998; Morales ve Aparicio, 1999; Luna ve ark., 2006). Birinci yıl belirlenen (*E*)-2-heptenal, nonanal, (*E*)-2-oktenal, (*E*)-2-dekenal, (*E,E*)-2,4-nonadienal ve (*E,E*)-2,4-dekadienal ikinci yıl belirlenememiştir. İkinci yıl ise birinci yıldan farklı olarak (*Z*)-3-hekzenal ve 2-etil-(*E*)-2-bütenal bileşikleri tespit edilmiştir. Aldehit bileşikleri zeytinyağlarına çim, yeşil bitki, yağımsı ve sabunsu kokular kazandırmaktadır. 2010 yılında en fazla aroma-aktif aldehit bileşiği KYB çeşidinde belirlenirken (10 adet), en az NY (6 adet) çeşidinde saptanmıştır. NYB ve KY çeşitlerinde ise sırasıyla 7 ve 9 adet aroma-aktif aldehit bileşiği hissedilmiştir. Hekzenal, (*E*)-2-hekzenal ve (*E*)-2-oktenal tüm çeşitlerde ortak olarak bulunan aroma-aktif aldehit bileşikleridir. Birinci yıl aroma-aktif aldehit bileşikleri içerisinde zeytinyağlarına yağımsı kokular veren (*E*)-2-heptenal ve (*E,E*)-2,4-dekadienal'ın en yüksek KS değerine (256) sahip olduğu saptanmıştır. Bu bileşiklerden (*E*)-2-heptenal sadece KY çeşidinde hissedilirken, (*E,E*)-2,4-dekadienal NY ve KY çeşitlerinin

yağlarında algılanmıştır. (*E,E*)-2,4-dekadienal bileşiği NYB ve KYB çeşitlerinin yağlarında algılanmazken, (*E*)-2-heptenal sadece NY çeşidinde hissedilmemiştir. Çeşitlere göre en yüksek algılanan aroma-aktif aldehit bileşikleri NY çeşidinde (*E,E*)-2,4-dekadienal (KS:256), NYB'da oktanal ve (*E*)-2-heptenal (KS:128), KY'ta (*E*)-2-heptenal ve (*E,E*)-2,4-dekadienal (KS:256), KYB'da ise 2-etenil-2-bütenal, oktanal, (*E*)-2-oktenal ve (*E,E*)-2,4-nonadienal (KS:128) olarak belirlenmiştir. Sabunsu ve yağsı kokular veren (*E*)-2-dekenal 32 KS değeriyle sadece NYB çeşidinde belirlenirken, yağımsı koku veren (*E,E*)-2,4-nonadienal ise 128 KS değeriyle sadece KYB çeşidinde hissedilmiştir. 2-Etenil-2-bütenal sadece KY çeşitlerinde algılanırken, NY çeşitlerinde saptanmamıştır. Aroma-aktif aldehit bileşiklerini çeşitlerin yetiştiği bölge açısından değerlendirdiğimizde NY çeşidinin yağında belirlenen heptanal, (*E,E*)-2,4-heptadienal ve (*E,E*)-2,4-dekadienal NYB çeşidi yağında algılanmamış, NYB'de belirlenen oktanal, (*E*)-2-heptenal ve nonanal ise NY çeşidinde belirlenememiştir. KY çeşidinde ise KYB'dan farklı olarak sadece (*E,E*)-2,4-dekadienal bileşiği algılanmıştır. KYB'da ise KY'tan farklı olarak (*E,E*)-2,4-heptadienal ve (*E,E*)-2,4-nonadienal bileşikleri algılanmıştır. Ortak belirlenen bileşiklerde ise kendi bölgesinde yetişen çeşitlerin yağlarında KS değerlerinin ya aynı ya da daha yüksek değerde olduğu saptanmıştır.

2011 yılında en fazla aroma-aktif aldehit bileşiği KY çeşidinde (7 adet), sonra KYB'da (5 adet), NY ve NYB'da (4'er adet) saptanmıştır. Hekzanal, (*E*)-2-hekzenal ve (*Z*)-3-hekzenal ortak olarak belirlenen aroma-aktif aldehit bileşikleridir. Bunlardan hekzanal ve (*E*)-2-hekzenal birinci yıl da ortak olarak belirlenmiştir. İkinci yıl kesilmiş çim ve yeşil bitki kokusu veren (*E*)-2-hekzenal bileşiği NY, KY ve KYB çeşitlerinde en yüksek KS değerleriyle algılanmıştır (NY ve KY'ta 512, KYB'da 256). NYB çeşidi yağında ise 2-etenil-2-bütenal (KS:512) bileşiğinden sonra 256 KS değeriyle ikinci önemli aroma-aktif aldehit bileşiği olmuştur. 2-Etenil-2-bütenal bileşiği KY çeşidi yağında da 512 KS değeriyle (*E*)-2-hekzenal bileşiği ile birlikte en baskın aroma-aktif aldehit bileşiği olarak algılanmıştır. 2-Etenil-2-bütenal sadece NYB ve KY çeşitlerinde belirlenirken NY ve KYB çeşitlerinde hissedilmemiştir. Toprak, çim kokusu veren 2-etil-(*E*)-2-bütenal 256 KS değeriyle sadece NY'ta, yağımsı koku veren (*E,E*)-2,4-heptadienal ise 32 KS değeriyle sadece

KY'ta algılanmıştır. Heptanal ve oktanal bileşikleri KY çeşitlerinde belirlenirken, NY çeşitlerinde algılanmamıştır. 2011 yılında çeşitlerin yetiştiği bölgeye göre de aroma-aktif aldehit bileşikleri farklılıklar göstermiştir. 2-etil-(*E*)-bütenal NY'ta belirlenirken, NYB'da hissedilmemiştir. 2-Etenil-2-bütenal bileşiğinde ise tam tersi durum gözlenmiştir. KY'ta ise 2-etenil-2-bütenal ile (*E,E*)-2,4-heptadienal bileşiği algılanırken, KYB'da bu bileşikler hissedilmemiştir. Kendi bölgesinde ve Bornova'da yetişen çeşitlerin yağlarında ortak belirlenen bileşiklere bakıldığında, KY çeşidindeki hekzanal aynı değerde (KS:64), (*Z*)-3-hekzenal'da Bornova çeşidinde daha yüksek, diğer bileşiklerde ise kendi bölgesinde yetişen çeşitlerde daha yüksek KS değerlerinde hissedilmiştir. Zeytinyağlarının aroma-aktif bileşiklerinin araştırıldığı önceki çalışmalarda Luna ve ark., (2006) zeytinyağına hekzanal'ın yeşil elma ve çim kokusu, (*E*)-2-hekzenal'ın yeşil, meyvemsi ve acı badem kokusu, (*E*)-2-pentenal'ın yeşil elma kokusu ve (*E*)-oktenal'ın ise yeşil, çim kokusu verdiğini belirlemişlerdir. Reiners ve Grosch (1998) İtalya, İspanya ve Fas zeytinyağlarının aroma-aktif bileşiklerini aroma seyreltme faktörleri yardımıyla belirlemişlerdir. Çalışmada aldehit bileşiklerinden hekzanal (KS:8-16), (*Z*)-3-hekzenal (KS:8-128), (*E*)-2-hekzenal (KS:32), (*E,E*)-2,4-nonadienal (KS:8-16) ve (*E,E*)-2,4-dekadienal (KS:8-64)'i aroma-aktif bileşikler olarak tespit etmişlerdir. Çalışmamızda olduğu gibi aroma-aktif bileşiklerin aroma seyreltme faktörleri zeytinyağlarında değişkenlik göstermiştir. Morales ve Aparicio (1999) ekstraksiyon koşullarının zeytinyağının duyusal kalitesi üzerine etkilerini inceledikleri bir çalışmada, zeytinyağına yeşil kokular kazandıran aroma-aktif bileşiklerin hekzanal, (*Z*)-3-hekzenal ve (*E*)-2-hekzenal olduğunu belirlemişlerdir. Fas'ta yeşil zeytinin aroma-aktif bileşiklerinin belirlendiği bir çalışmada ise (*Z*)-3-hekzanal'ın KS değeri 8, (*E*)-2-dekenal'ın 64 ve (*E,E*)-2,4-dekadienal'ın 128 olduğu belirtilmiştir (Iraqi ve ark., 2005).

Zeytinyağı örneklerinde 2010 yılında 1-penten-3-ol (çim, yeşil sebze), 3-metil-3-bütenol (yakıcı, çözgen), pentanol (hoş, çiçeksi), (*Z*)-2-pentenol (yağımsı), hekzanol (çiçeksi, çim), (*Z*)-3-hekzenol (kesilmiş çim, ot), (*E*)-2-hekzenol (çim, yeşil bitki, meyvemsi), oktanol (çiçeksi, çim), dekanol (çiçeksi), benzil alkol (çiçeksi) ve 2-fenil etanol (gül kokusu) olmak üzere toplam 11 farklı aroma-aktif alkol bileşiği belirlenmiştir. Aroma-aktif alkollerin KS değerleri çeşit, bölge ve yıllara göre

farklılık göstermiştir. En fazla aroma-aktif alkol bileşiği NY çeşidinde belirlenirken (7 adet), en az (2 adet) KYB çeşidinde saptanmıştır. (*Z*)-3-hekzenol ve (*E*)-2-hekzenol tüm yağlarda ortak olarak bulunan aroma-aktif alkol bileşikleridir. Zeytinyağlarına çim, yeşil sebze kokusu veren 1-penten-3-ol en yüksek KS değeriyle (512) NY'ta algılanmıştır. Bu bileşik NYB'da 64 KS değerini alırken, KY çeşitlerinde hissedilmemiştir. İkinci en yüksek KS değerini (128) ise NY'ta belirlenen (*Z*)-3-hekzenol bileşiği almıştır. Bu bileşiğin diğer yağlardaki KS değeri ise 32'dir. Çim, yeşil bitki ve meyvemsi kokular veren (*E*)-2-hekzenol ise KYB çeşidinde 32 KS değerini alırken, diğer çeşitlerde 64 değerini almıştır. Aroma-aktif alkol bileşiklerinin KS değerleri kendi bölgesinde yetişen çeşitlerin yağlarında daha yüksek olarak belirlenmiştir.

2011 yılında 8 farklı aroma-aktif alkol bileşiği belirlenmiştir. Birinci yıldan farklı olarak zeytinyağlarında 3-penten-2-ol (yeşil, çim) ve (*E*)-2-nonenol bileşikleri tespit edilmiştir. Birinci yıl algılanan 3-metil-3-bütenol, pentanol, oktanol, dekanol ve benzil alkol bileşikleri ise ikinci yıl belirlenememiştir. En fazla aroma-aktif alkol bileşiği NY çeşidinde belirlenirken (7 adet), NYB ve KY'ta 6'şar adet, KYB'da ise 5 adet tespit edilmiştir. 1-Penten-3-ol, hekzanol ve (*Z*)-3-hekzenol tüm çeşitlerde ortak olarak bulunan aroma-aktif alkol bileşikleridir. Çeşitlere gore en yüksek KS değerine sahip bileşikler NY'ta 1-penten-3-ol (KS:1024), NYB'da 1-penten-3-ol ve (*Z*)-3-hekzenol (KS:128), KY ve KYB'da ise (*Z*)-3-hekzenol (KS:256)'dur. Yeşil, çim kokusu veren 3-penten-2-ol ve yağımsı koku veren (*Z*)-2-pentenol sadece kendi bölgesinde yetişen çeşitlerde algılanırken, meyvemsi, mumsu koku veren (*E*)-2-nonenol sadece Bornova çeşitlerinde belirlenmiştir. Aroma-aktif alkol bileşiklerinin KS değerleri kendi bölgesinde yetişen çeşitlerin yağlarında daha yüksek algılanmıştır. Kendi bölgesinde ve Bornova'da yetişen çeşitlerin yağlarında ortak belirlenen aroma-aktif alkol bileşiklerine bakıldığında (*Z*)-3-hekzenol hem NY hem de KY çeşitlerinde aynı KS değerlerinde (NY'ta 128, KY'ta 256), hekzanol ise sadece KY çeşitlerinde aynı KS değerine (64) sahiptir. Diğer belirlen ortak bileşiklerde ise kendi bölgesinde yetişen çeşitlerde daha yüksek KS değerleri elde edilmiştir. Benzer şekilde, Dierkes ve ark. (2012) zeytinyağında aroma-aktif bileşikler olarak (*Z*)-3-hekzenol (yaprak gibi), (*E*)-2-hekzenol (yaprak gibi) ve 2-

fenil etanol (tatlı, şarabımsı)'ü belirlemişlerdir. Zeytinyağlarında aroma-aktif bileşikler üzerine yapılan önceki çalışmalarda alkol bileşiği olarak hekzanol'ün meyvemsi, muz, (*E*)-2-hekzenol'ün yeşil çim, yaprak ve (*Z*)-3-hekzenol'ün yeşil, yaprak gibi kokular verdiği belirtilmiştir (Morales ve ark., 1999; Luna ve ark., 2006; Kalua ve ark., 2007). Başka bir çalışmada ise, zeytinyağlarında hekzanol ve (*Z*)-3-hekzenol'ün KS değerleri 8 olarak belirlenmiştir (Iraqi ve ark., 2005).

Zeytinyağlarında belirlenen diğer önemli aroma-aktif bileşikler ise terpenlerdir. 2010 yılında β-pinen (yeşil bitki, çiçeksi), linalol (leylak, lavanta), (*E,E*)-α-farnesen (çiçeksi, yeşil bitki) ve (*E,E*)-farnesol (çiçeksi) olmak üzere toplam 4 adet farklı aroma-aktif terpen bileşiği belirlenmiştir. Görüldüğü gibi terpenler zeytinyağlarına çiçeksi kokular kazandırmaktadır. NY, NYB, KY ve KYB çeşitlerinde sırasıyla 3, 2, 1, 2 adet terpen bileşikleri tespit edilmiştir. Linalol tüm çeşitlerde ortak belirlenen aroma-aktif terpen bileşiğidir ve kendi bölgesinde yetişen çeşitlerin yağlarında daha yüksek KS değerleri almıştır. β-pinen sadece Bornova çeşitlerinin yağlarında belirlenirken, (*E,E*)-α-farnesen ve (*E,E*)-farnesol sadece NY çeşidinde hissedilen aroma-aktif terpen bileşiği olmuştur. Zeytinyağı örneklerinde en baskın hissedilen aroma-aktif terpen bileşikleri NY çeşidinde (*E,E*)-farnesol (KS:512), diğer çeşitlerde ise linalol'dür.

2011 yılı olfaktometrik analizler sonucunda β-pinen (yeşil bitki, çiçeksi), *dL*-limonen (hafif, çiçeksi), α-kopaen (hoş, meyvemsi), linalol (leylak, lavanta), α-farnesen (çiçeksi, yeşil bitki) ve (*E,E*)-α-farnesen olmak üzere toplam 6 farklı aroma-aktif terpen bileşiği belirlenmiştir. Terpen bileşikleri NYB çeşidinde belirlenemezken, NY ve KY'ta 4'er, KYB'da ise 2 adet tespit edilmiştir. İkinci yıl tüm çeşitlerde ortak belirlenen aroma-aktif terpen bileşiğine rastlanmamıştır. Linalol NYB çeşidi dışında diğer çeşitlerde ortak olarak hissedilen aroma-aktif terpen bileşiğidir. β-pinen 32 KS değeriyle ve α-farnesen 64 KS değeriyle sadece KY'ta algılanırken, (*E,E*)-α-farnesen 32 KS değeriyle sadece NY çeşidi yağında saptanmıştır. *dL*-Limonen ise sadece kendi bölgesinde yetişen çeşitlerde algılanmıştır. Bu bileşiğin KS değerleri NY ve KY için sırasıyla 128 ve 64'tür. Terpen bileşikleri kendi bölgesinde yetişen çeşitlerin yağlarında daha yoğun olarak hissedilmiştir. Benzer bir çalışmada, Collin ve ark. (2008) yağlarda aroma-aktif

terpen bileşikleri olarak limonen (yeşil, meyvemsi), α-farnesen (pişmiş sebze) ve β-seskuifelandren (koku tanımlanamamış)'i belirlemişlerdir. Çalışmada bu bileşiklerin KS değerleri 1 olarak bulunmuştur. Iraqi ve ark. (2005) yeşil zeytinde aroma-aktif bileşikleri tanımlamış ve KS faktörlerini bildirmişlerdir. Bileşikler arasında terpen bileşiği olarak β-pinen (yeşil, KS:4), limonen (meyvemsi, yeşil, KS:32), kopaen (tanımlanamamış) ve α-farnesen (pişmiş sebze, KS:64) belirlenmiştir.

Esterler meyvelerde yoğun şekilde bulunan ve meyvemsi aromadan sorumlu temel bileşiklerdir (Kalua ve ark., 2007; Selli ve Kelebek, 2011). Zeytinyağlarında aroma-aktif ester olarak 2010 yılında 1 adet, 2011 yılında ise 4 adet farklı bileşik belirlenmiştir. Birinci yıl meyvemsi kokular veren metil salisilat 64 KS değeriyle sadece NYB çeşidinde belirlenmiştir. İkinci yıl ise meyvemsi kokular veren hekzil asetat, (*Z*)-3-hekzenil asetat, metil palmitat ve etil palmitat bileşikleri tespit edilmiştir. NYB ve KY çeşitlerinde 2'şer, NY ve KYB'da ise 1'er adet aroma-aktif ester bileşiğine rastlanmıştır. Hekzil asetat sadece NYB'da, (*Z*)-3-hekzenil asetat sadece Bornova çeşitlerinde, metil palmitat sadece KY'ta ve etil palmitat ise sadece kendi bölgesinde yetişen çeşitlerde tespit edilmiştir. Aroma-aktif esterleri arasında KS değeri en yüksek (256) olan bileşik, KY çeşidinde belirlenen etil palmitat'tır. Benzer şekilde, Kalua ve ark. (2007) zeytinyağlarında belirlenen aroma-aktif esterler arasında hekzil asetat ve (*Z*)-3-hekzenil asetat'ın bulunduğunu ve sırasıyla yeşil, meyvemsi ve yeşil kokular verdiğini belirtmişlerdir. Morales ve Aparicio (1999) ve Luna ve ark. (2006) tarafından aynı bileşiklerin zeytinyağlarında benzer kokular verdiği belirtilmiştir.

Zeytinyağı örneklerinde 2010 yılında toplam 4 farklı, 2011 yılında ise 3 farklı aroma-aktif lakton bileşiği belirlenmiştir. γ-Dekalakton (meyvemsi), δ- dekalakton (meyvemsi) ve γ-dodekalakton (meyvemsi) her iki yılda da sadece NY çeşidi yağında algılanan ortak bileşiklerdir. γ-Nonalakton (meyvemsi, tropik) bileşiği ise sadece birinci yıl Bornova'da yetiştirilen çeşitlerden elde edilen yağlarda saptanmıştır. Görüldüğü gibi, lakton bileşikleri zeytinyağlarına meyvemsi kokular kazandırmaktadırlar. En baskın hissedilen aroma-aktif lakton bileşiği (KS:512) her iki yılda da NY çeşidinden elde edilen yağda belirlenen γ-dodekalakton'tur. Her iki yılda da en fazla aroma-aktif lakton bileşiğini içeren (3 adet) çeşit NY olarak

belirlenmiştir. İkinci yıl NY dışındaki tüm çeşitlerde aroma-aktif lakton bileşiğine rastlanmamıştır. Duyusal analiz sonuçlarında en yüksek puanı alan Nizip yağlık çeşidi, olfaktometrik analizlerde de meyvemsi kokulardan sorumlu olan lakton bileşiklerini en fazla içeren yağ örneği olduğu saptanmıştır. Bu da duyusal analiz sonuçları ile olfaktometrik analiz sonuçlarının uyumluluk içerisinde olduğunu göstermektedir. Collin ve ark. (2008) siyah zeytinlerde γ-oktalakton, γ-dekalakton, δ-dekalakton ve γ-dodekalakton'nun aroma-aktif bileşikler olduğunu bildirmişlerdir.

Zeytinyağlarında aroma-aktif keton bileşikleri olarak 2010 yılında zeytin ezmesi kokusu veren ve sadece KYB çeşidi yağında algılanan (*E*)-geranil aseton belirlenmiş, 2011 yılında ise örneklerin hiçbirinde hissedilmemiştir. Uçucu fenol bileşiği olarak her iki yılda da sadece gayakol (zeytin ezmesi, sabunsu) bileşiği tespit edilmiş, birinci yıl 128 KS değerleriyle NY ve NYB'da, ikinci yıl ise 32 KS değeriyle sadece NY çeşidi yağında algılanmıştır. Aroma-aktif karboksilik asit olarak ise her iki yılda da 32 KS değeriyle sadece KY çeşidinde hekzanoik asit (yağımsı) belirlenmiştir. Önceki çalışmalarda gayakol, İtalyan, İspanyol ve Fas zeytinyağlarında da aroma-aktif bileşik olarak belirlenmiştir. Bu bileşiğin en yüksek KS değeri (128) Fas zeytinyağında saptanmıştır (Reiners ve Grosch, 1998).

2010 yılında toplam 7, 2011 yılında ise toplam 2 farklı bileşik verdiği kokular hissedilmesine rağmen tanımlanamamıştır. Böyle bileşiklere tanımlanamayan aroma-aktif bileşikler denir. Birinci yıl tanımlanamayan aroma-aktif bileşiklerden LRI:1544 (hoş çiçeksi) NY'ta, LRI:1403 (çiçeksi), LRI:1585 (yeşil bitki, meyvemsi) ve LRI:1874 (yeşil bitki) NYB'da, LRI:1060 (çiçeksi) ve LRI:1874 (yeşil bitki) KY'ta ve LRI:1563 (çok hoş, meyvemsi) ile LRI:1755 (kakao tozu, çikolata, margarin) ise KYB'da belirlenmiştir. Bu bileşiklerden sadece LRI:1874 bileşiği hem NYB hem de KY çeşidinde tespit edilmiştir. İkinci yıl ise birinci yılda da tanımlanamayan LRI:1544 ve LRI:1874 bileşikleri belirlenmiştir. LRI:1544 birinci yıldaki gibi sadece NY'ta, LRI:1874 ise birinci yıldan farklı olarak Bornova çeşitlerinde algılanmıştır.

Çizelge 4.15. Zeytinyağların aroma-aktif bileşikleri (2010 yılı)

No	LRI	Aroma-aktif bileşikler	Verdiği kokular	Koku seyreltme (KS) faktörü			
				NY	NYB	KY	KYB
1	1060	Tanımlanamadı	Çiçeksi	_	_	128	_
2	1074	Hekzanal	Kesilmiş çim	64	32	64	64
3	1108	β –Pinen	Yeşil bitki, çiçeksi	_	32	_	32
4	1176	1-Penten-3-ol	Çim, yeşil sebze	512	64	_	_
5	1180	Heptanal	Yeşil bitki, yağımsı	32	_	128	64
6	1190	(*E*)-2-Hekzenal	Kesilmiş çim, yeşil bitki	32	32	64	32
7	1237	3-Metil-3-bütenol	Yakıcı, çözgen	_	_	64	_
8	1248	Pentanol	Hoş, çiçeksi	_	_	64	_
9	1254	2-Etenil-2-bütenal	Meyvemsi, yeşil	_	_	128	128
10	1292	Oktanal	Turunçgil, limon çiçeği	_	128	128	128
11	1320	(*E*)-2-Heptenal	Kimyasal, yağımsı	_	128	256	64
12	1326	(*Z*)-2-Pentenol	Yağımsı	_	_	32	_
13	1350	Hekzanol	Çiçeksi, çim	64	64	_	_
14	1378	(*Z*)-3-Hekzenol	Kesilmiş çim, ot	128	32	32	32
15	1396	Nonanal	Çim, turunçgil	_	64	32	32
16	1403	Tanımlanamadı	Çiçeksi	_	32	_	_
17	1408	(*E*)-2-Oktenal	Yeşil bitki, yağımsı	128	64	128	128
18	1412	(*E*)-2-Hekzenol	Çim, yeşil bitki, meyvemsi	64	64	64	32
19	1485	(*E,E*)-2,4-Heptadienal	Yağımsı	32	_	_	32
20	1544	Tanımlanamadı	Hoş, çiçeksi	64	_	_	_

Çizelge 4.15'in devamı

21	1547	Linalol	Leylak, lavanta	128	32	256	128
22	1554	Oktanol	Çiçeksi, çim	32	–	–	–
23	1563	Tanımlanamadı	Çok hoş, meyvemsi	–	–	–	32
24	1585	Tanımlanamadı	Yeşil bitki, meyvemsi	–	32	–	–
25	1616	(*E*)-2-Dekenal	Sabunsu, yağsı	–	32	–	–
26	1672	Dekanol	Çiçeksi	–	32	32	–
27	1681	(*E,E*)-2,4-Nonadienal	Yağımsı	–	–	–	128
28	1726	Metil salisilat	Meyvemsi	–	64	–	–
29	1749	(*E,E*)-α-Farnesen	Çiçeksi, yeşil bitki	64	–	–	–
30	1755	Tanımlanamadı	Kakao tozu, çikolata, margarin	–	–	–	32
31	1763	(*E,E*)-2,4-Dekadienal	Yağımsı, çözgen	256	–	256	–
32	1794	(*E,E*)-Farnesol	Çiçeksi	512	–	–	–
33	1810	Hekzanoik asit	Yağımsı	–	–	32	–
34	1824	Gayakol	Zeytin ezmesi, sabunsu	128	128	–	–
35	1843	(*E*)-Geranil aseton	Zeytin ezmesi	–	–	–	32
36	1861	Benzil alkol	Çiçeksi	32	–	–	–
37	1874	Tanımlanamadı	Yeşil bitki	–	512	32	–
38	1922	2-Fenil etanol	Gül kokusu	32	–	–	–
39	2008	γ-Nonalakton	Meyvemsi, tropik	–	64	–	32
40	2103	γ-Dekalakton	Meyvemsi	64	–	–	–
41	2216	δ- Dekalakton	Meyvemsi	64	–	–	–
42	2384	γ -Dodekalakton	Meyvemsi	512	–	–	–

Çizelge 4.15. Zeytinyağların aroma-aktif bileşikleri (2010 yılı)

No	LRI	Aroma-aktif bileşikler	Verdiği kokular	Koku seyreltme (KS) faktörü			
				NY	NYB	KY	KYB
1	1060	Tanımlanamadı	Çiçeksi	_	_	128	_
2	1074	Hekzanal	Kesilmiş çim	64	32	64	64
3	1108	β –Pinen	Yeşil bitki, çiçeksi	_	32	_	32
4	1176	1-Penten-3-ol	Çim, yeşil sebze	512	64	_	_
5	1180	Heptanal	Yeşil bitki, yağımsı	32	_	128	64
6	1190	(*E*)-2-Hekzenal	Kesilmiş çim, yeşil bitki	32	32	64	32
7	1237	3-Metil-3-bütenol	Yakıcı, çözgen	_	_	64	_
8	1248	Pentanol	Hoş, çiçeksi	_	_	64	_
9	1254	2-Etenil-2-bütenal	Meyvemsi, yeşil	_	_	128	128
10	1292	Oktanal	Turunçgil, limon çiçeği	_	128	128	128
11	1320	(*E*)-2-Heptenal	Kimyasal, yağımsı	_	128	256	64
12	1326	(*Z*)-2-Pentenol	Yağımsı	_	_	32	_
13	1350	Hekzanol	Çiçeksi, çim	64	64	_	_
14	1378	(*Z*)-3-Hekzenol	Kesilmiş çim, ot	128	32	32	32
15	1396	Nonanal	Çim, turunçgil	_	64	32	32
16	1403	Tanımlanamadı	Çiçeksi	_	32	_	_
17	1408	(*E*)-2-Oktenal	Yeşil bitki, yağımsı	128	64	128	128
18	1412	(*E*)-2-Hekzenol	Çim, yeşil bitki, meyvemsi	64	64	64	32
19	1485	(*E,E*)-2,4-Heptadienal	Yağımsı	32	_	_	32
20	1544	Tanımlanamadı	Hoş, çiçeksi	64	_	_	_

Çizelge 4.15'in devamı

21	1547	Linalol	Leylak, lavanta	128	32	256	128
22	1554	Oktanol	Çiçeksi, çim	32	_	_	_
23	1563	Tanımlanamadı	Çok hoş, meyvemsi	_	_	_	32
24	1585	Tanımlanamadı	Yeşil bitki, meyvemsi	_	32	_	_
25	1616	(*E*)-2-Dekenal	Sabunsu, yağsı	_	32	_	_
26	1672	Dekanol	Çiçeksi	_	32	32	_
27	1681	(*E*,*E*)-2,4-Nonadienal	Yağımsı	_	_	_	128
28	1726	Metil salisilat	Meyvemsi	_	64	_	_
29	1749	(*E*,*E*)-α-Farnesen	Çiçeksi, yeşil bitki	64	_	_	_
30	1755	Tanımlanamadı	Kakao tozu, çikolata, margarin	_	_	_	32
31	1763	(*E*,*E*)-2,4-Dekadienal	Yağımsı, çözgen	256	_	256	_
32	1794	(*E*,*E*)-Farnesol	Çiçeksi	512	_	_	_
33	1810	Hekzanoik asit	Yağımsı	_	_	32	_
34	1824	Gayakol	Zeytin ezmesi, sabunsu	128	128	_	_
35	1843	(*E*)-Geranil aseton	Zeytin ezmesi	_	_	_	32
36	1861	Benzil alkol	Çiçeksi	32	_	_	_
37	1874	Tanımlanamadı	Yeşil bitki	_	512	32	_
38	1922	2-Fenil etanol	Gül kokusu	32	_	_	_
39	2008	γ-Nonalakton	Meyvemsi, tropik	_	64	_	32
40	2103	γ-Dekalakton	Meyvemsi	64	_	_	_
41	2216	δ- Dekalakton	Meyvemsi	64	_	_	_
42	2384	γ -Dodekalakton	Meyvemsi	512	_	_	_

Çizelge 4.16. Zeytinyağların aroma-aktif bileşikleri (2010 yılı)

No	LRI	Aroma-aktif bileşikler	Verdiği kokular	Koku seyreltme (KS) faktörü			
				NY	NYB	KY	KYB
1	1074	Hekzanal	Kesilmiş çim	128	64	64	64
2	1108	β –Pinen	Yeşil bitki, çiçeksi	_	_	32	_
3	1135	(*Z*)-3-Hekzenal	Sebze, çimen, ot	128	64	64	128
4	1171	2-Etil- (*E*)-2-bütenal	Toprak, çim	256	_	_	_
5	1176	1-Penten-3-ol	Çim, yeşil sebze	1024	128	128	64
6	1178	3-Penten-2-ol	Yeşil, çim	64	_	128	_
7	1180	Heptanal	Yeşil bitki, yağımsı	_	_	128	64
8	1186	*dL*-Limonen	Hafif, çiçeksi	128	_	64	_
9	1190	(*E*)-2-Hekzenal	Kesilmiş çim, yeşil bitki	512	256	512	256
10	1254	2-Etenil-2-bütenal	Meyvemsi, yeşil	_	512	512	_
11	1285	Hekzil asetat	Meyvemsi	_	32	_	_
12	1292	Oktanal	Turunçgil, limon çiçeği	_	_	256	64
13	1300	(*Z*)-3-Hekzenil asetat	Meyvemsi	_	128	_	32
14	1326	(*Z*)-2-Pentenol	Yağımsı	128	_	64	_
15	1350	Hekzanol	Çiçeksi, çim	128	32	64	64
16	1378	(*Z*)-3-Hekzenol	Kesilmiş çim, ot	128	128	256	256
17	1412	(*E*)-2-Hekzenol	Çim, yeşil bitki, meyvemsi	64	32	64	_
18	1485	(*E*,*E*)-2,4-Heptadienal	Yağımsı	_	_	32	_
19	1521	α-Kopaen	Hoş, meyvemsi	64	_	_	32
20	1544	Tanımlanamadı	Hoş, çiçeksi	32	_	_	_

Çizelge 4.16'nın devamı

21	1547	Linalol	Leylak, lavanta	128	_	128	32
22	1708	(*E*)-2-Nonenol	Meyvemsi, mumsu	_	32	_	32
23	1745	α-Farnesen	Çiçeksi, yeşil bitki	_	_	64	_
24	1749	(*E,E*)-α-Farnesen	Çiçeksi, yeşil bitki	32	_	_	_
25	1810	Hekzanoik asit	Yağımsı	_	_	32	_
26	1824	Gayakol	Zeytin ezmesi, sabunsu	32	_	_	_
27	1874	Tanımlanamadı	Yeşil bitki	_	128	_	32
28	1922	2-Fenil etanol	Gül kokusu	128	32	_	32
29	2103	γ-Dekalakton	Meyvemsi	32	_	_	_
30	2216	δ- Dekalakton	Meyvemsi	64	_	_	_
31	2233	Metil palmitat	Meyvemsi	_	_	128	_
32	2270	Etil palmitat	Meyvemsi	32	_	256	_
33	2384	γ -Dodekalakton	Meyvemsi	512	_	_	_

4.9. Zeytinyağlarının Duyusal Analiz Sonuçları

Zeytinyağların 2010 ve 2011 yıllarına ait duyusal analiz sonuçları sırasıyla Çizelge 4.17 ve 4.18'de, örümcek ağı profilleri ise Şekil 4.20 ve 4.21'de verilmiştir.

Yapılan çalışmada tüm çeşitlerden elde edilen yağlarda kusurların medyanı 0 ve meyvemsiliğin medyanı 0'ın üzerinde belirlenerek sızma zeytinyağı grubunda yer almıştır. Örneklerin hiçbirinde kusur algılanmamıştır (Çizelge 4.20 ve 4.21). Panelistler tarafından meyvemsilik özelliği bakımından her iki yılda da tüm çeşitler ''yeşil'' olarak değerlendirilirken, en yüksek meyvemsilik medyanı NY çeşidinden elde edilen yağda belirlenmiş, 2010 ve 2011 yılları için sırasıyla 6.30 ve 6.50 değerlerini almıştır. En düşük meyvemsilik medyanı ise 2011 yılında Bornova'da yetişen KY çeşidinden elde edilen yağda (6.00) tespit edilmiştir. Zeytinyağlarında acılık medyanı birinci yıl 4.10-4.70 arasında, ikinci yıl ise 3.90-4.60 arasında değerler almıştır. En düşük acılık medyanı değeri 2010 ve 2011 yıllarında sırasıyla NYB ve KYB çeşitlerinden elde edilen yağlarda belirlenirken, en yüksek KY ve NY çeşidi yağlarında gözlenmiştir. Yakıcılık özelliği medyanı ise birinci yıl en yüksek NY (5.50), ikinci yıl en yüksek KY (5.70) çeşidinden elde edilen yağda tespit edilmiştir. En düşük yakıcılık medyanı ise her iki yılda da NYB çeşidinden elde edilen yağda belirlenmiştir. Bu değer 2010 yılında 5.10, 2011 yılında ise 5.20 olmuştur.

Türk Gıda Kodeksi'nin zeytinyağların pozitif özellik medyan değerlerine göre sınıflandırıldığı Çizelge 3.2'ye göre pozitif özelliklerden yakıcılık ve acılık açısından tüm çeşitlerin yağları 3-6 arasında değer alarak ''orta'' grubunda yer alırken, meyvemsilik özelliği açısından medyan değeri 6'dan büyük değer alarak ''yoğun'' olarak değerlendirilmiştir.

Zeytinyağlarının duyusal değerlendirilmesinde kusurların ve meyvemsiliğin medyanı kullanılarak zeytinyağların derecelendirilebileceği başka çalışmalarda da belirtilmiştir (Escuderos ve ark., 2007; Angerosa, 2002, Bongartz ve ark., 2011). Dierkes ve ark. (2012) yaptıkları bir çalışmada 95 çeşit zeytinyağı örneğini Uluslararası Zeytinyağı Konseyi'nin Natürel

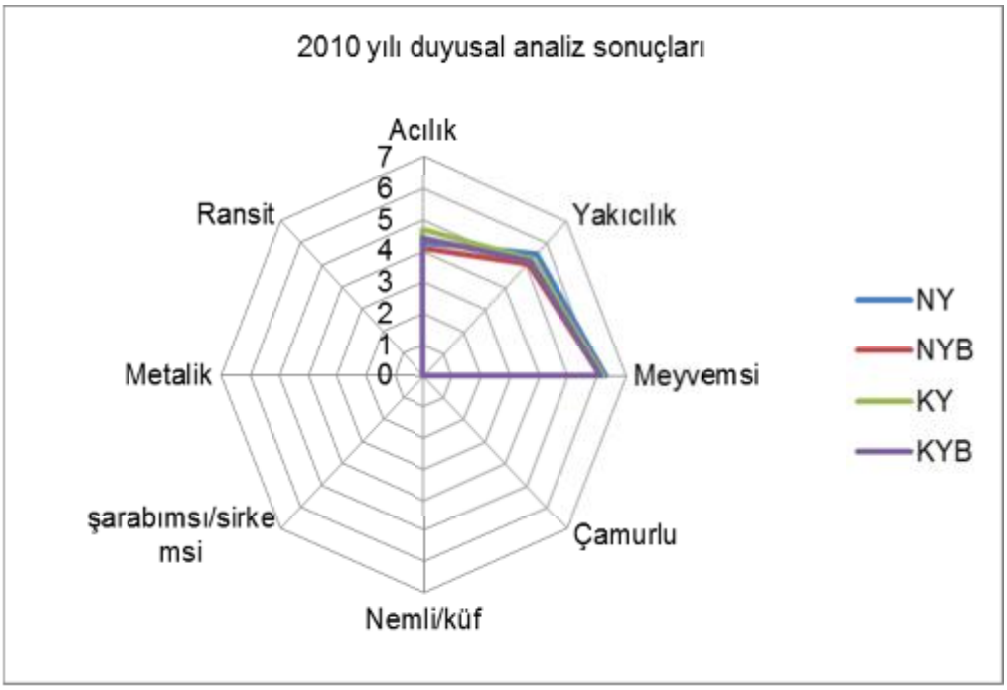
Zeytinyağlarının Organoleptik Değerlendirilmesi metodunu kullanarak derecelendirmişlerdir. Örneklerden 64 tanesi ‘‘sızma zeytinyağı’’ (kusurlar=0, meyvemsilik>0), geriye kalan 31 örnekten 30 tanesi ‘‘natürel birinci’’ (kusurlar≤3.5) ve 1 tanesi ise ‘‘lampant zeytinyağı’’ (kusurlar>3.5) olarak derecelendirilmiştir. Anastasopoulos ve ark. (2012) tarafından Mavrolia ve Koroneiki çeşitlerinden elde edilen yağların duyusal derecelendirilmesi yapılmıştır. Çalışmada her iki örnek için de algılanan kusur 0, meyvemsilik özelliği ise 0’dan büyük olarak belirlenmiştir. Aynı çalışmada örnekler pozitif özellikleri medyanına göre hafif, orta ve yoğun olarak derecelendirilmiştir.

Çizelge 4.17. Zeytinyağların 2010 yılına ait duyusal analiz sonuçları

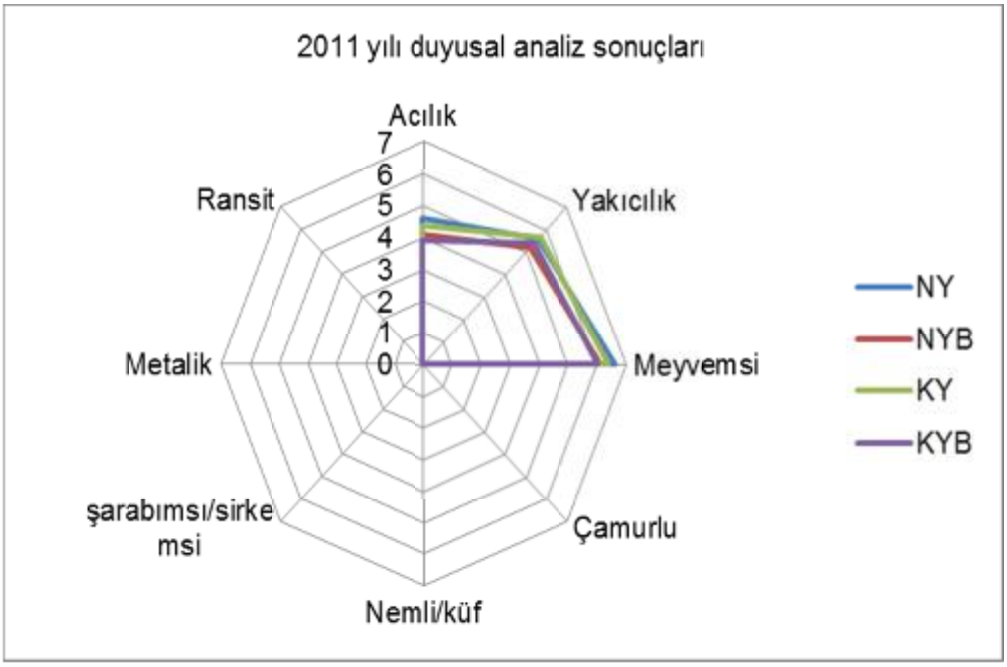
		MEDYAN (ORTANCA)			
	Örnek	NY	NYB	KY	KYB
KUSUR	Kızışma/çamurlu tortu(posa)	0.00	0.00	0.00	0.00
	Küflü/rutubetli	0.00	0.00	0.00	0.00
	Şarabımsı-sirkemsi/asidik-ekşimsi	0.00	0.00	0.00	0.00
	Metalik	0.00	0.00	0.00	0.00
	Ransid	0.00	0.00	0.00	0.00
	Diğer	0.00	0.00	0.00	0.00
POZİTİF ÖZELLİK	Yeşil/Olgun	yeşil	yeşil	yeşil	yeşil
	Meyvemsi	6.30	6.10	6.20	6.10
	Acılık	4.30	4.10	4.70	4.40
	Yakıcılık	5.50	5.10	5.30	5.20

Çizelge 4.18. Zeytinyağların 2011 yılına ait duyusal analiz sonuçları

		MEDYAN (ORTANCA)			
	Örnek	NY	NYB	KY	KYB
KUSUR	Kızışma/çamurlu tortu(posa)	0.00	0.00	0.00	0.00
	Küflü/rutubetli	0.00	0.00	0.00	0.00
	Şarabımsı-sirkemsi/asidik-ekşimsi	0.00	0.00	0.00	0.00
	Metalik	0.00	0.00	0.00	0.00
	Ransid	0.00	0.00	0.00	0.00
	Diğer	0.00	0.00	0.00	0.00
POZİTİF ÖZELLİK	Yeşil/Olgun	yeşil	yeşil	yeşil	yeşil
	Meyvemsi	6.50	6.10	6.40	6.00
	Acılık	4.60	4.10	4.40	3.90
	Yakıcılık	5.60	5.20	5.70	5.40



Şekil 4.20. Zeytinyağların 2010 yılına ait duyusal analiz örümcek ağı profili



Şekil 4.21. Zeytinyağların 2011 yılına ait duyusal analiz örümcek ağı profili

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çalışma kapsamında çeşit, yetişme bölgesi ve hasat yılının zeytinyağlarının genel ve renk özellikleri, yağ asitleri, fenol bileşikleri, antioksidan aktiviteleri, aroma maddeleri, aroma-aktif bileşikleri ve duyusal özellikleri üzerindeki etkileri ayrıntılı olarak incelenmiştir. Elde edilen bulgular şu şekilde özetlenebilir:

Zeytinlerin ve zeytinyağlarının genel analizleri sonucunda,

- Her iki yılda da kendi bölgesinde yetişen çeşitlerde yağ ve su oranları daha yüksek belirlenmiştir.
- Zeytinyağlarının serbest yağ asitleri miktarı, peroksit değerleri ve renk ölçüm sonuçları (L^*, a^*, b^*) hem bölge hem de yıllar arasında istatistiksel açıdan önemli farklılıklar göstermiştir.

Zeytinyağlarının yağ asitleri analizleri sonucunda,

- Oleik asit her iki yılda da en baskın yağ asiti olup, bunu palmitik ve linoleik yağ asitleri izlemiştir. Oleik asit her iki yılda da en yüksek oranda KYB çeşidinde ve en düşük oranda ise NY çeşidinde belirlenmiştir. Oleik asit oranı her iki yılda da Bornova'da yetişen çeşitlerin yağında daha yüksek tespit edilmiştir.
- Oksidatif stabilite üzerinde belirleyici rol oynayan oleik asit/linoleik asit oranı her iki yılda da en yüksek KYB çeşidinde gözlenmiş olup, bu oran 2010 yılında 8.97 ve 2011'de ise 10.08 olarak saptanmıştır. Oleik asit/linoleik asit oranı tüm çeşitlerde 2011 yılında daha yüksek bulunmuş ve Bornova çeşitlerinin yağlarında daha yüksek değerler almıştır.

Zeytinyağlarının fenol bileşikleri ve antioksidan aktivite analizleri sonucunda,

- Hem 2010 hem de 2011 yıllarında kendi bölgesinde yetişen çeşitlerin yağlarında daha yüksek fenol bileşikleri miktarı tespit edilmiştir.
- Her iki yılda da zeytinyağlarında miktar bakımından elenolik asit ve tirozol baskın olan fenol bileşikleri olarak saptanmıştır.
- Çeşitlerin fenol bileşikleri kıyaslandığında, her iki yılda da çeşitler arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar saptanmış olup, zeytinyağların fenol bileşikleri arasındaki farklılıkların daha çok çeşite bağlı olduğu belirlenmiştir.
- ABTS ve DPPH yöntemleriyle yapılan antioksidan aktivite analizleri sonucunda, en yüksek antioksidan aktivite değeri her iki yöntemde de birinci yıl KY'ta, ikinci yıl NY çeşidinde gözlenirken, en düşük değer ise birinci yıl NYB'da, ikinci yıl KYB çeşidinde gözlenmiştir. İkinci yıl örneklerinin (DPPH yönteminde KY çeşidi hariç) antioksidan kapasite değerleri her iki yöntemde de daha yüksek gözlenmiştir.
- Her iki yılda da kendi bölgesinde yetişen çeşitlerde ve ABTS yönteminde antioksidan kapasite değerleri daha yüksek bulunmuştur.
- Toplam fenol bileşikleri ile antioksidan kapasite değerleri birbirleriyle bağlantılı değişimler göstermişlerdir. Toplam fenol bileşikleri miktarı fazla olan çeşit daha yüksek antioksidan aktivite göstermiştir.

Zeytinyağlarının aroma maddeleri analizleri sonucunda,

- Zeytinyağlarında uçucu bileşiklerin hem sayı hem de miktarlarında yıllara ve bölgeye göre çeşitler arasında önemli farklılıklar gözlenmiştir.
- Her iki yılda da kendi bölgesinde yetişen çeşitlerin yağlarında toplam aroma maddeleri miktarı Bornova'dan elde edilenlere göre oldukça fazla olduğu saptanmıştır. Aromatik açıdan bu farklılık, temel bileşen analizleri sonucunda da belirgin şekilde görülmektedir.
- Zeytinyağlarında baskın aroma bileşikleri olarak aldehitler ve yüksek alkoller ön plana çıkmıştır. Çeşitler içerisinde en baskın aldehit bileşikleri olarak her iki yılda da hekzanal ve (*E*)-2-hekzenal belirlenmiştir.

- Yağların oksidasyona uğradığının bir göstergesi olarak kullanılan hekzanal/nonanal oranı ise her iki yılda da tüm çeşitlerde 2'nin üzerinde tespit edilmiştir. Bu oran her iki yıl için de en yüksek NY'ta, en düşük ise NYB çeşidinde gözlenmiştir.
- Alkol bileşiklerine bakıldığında her iki yılda da miktar olarak en fazla belirlenen bileşikler hekzanol, (*E*)-2-hekzenol ve (*Z*)-3-hekzenol olmuştur.
- Birinci yıl hekzanol miktarı en yüksek KY çeşidinde, ikinci yıl NY çeşidinde belirlenmiştir. (*E*)-2-Hekzenol ise benzer şekilde 2010 yılında en yüksek KY'ta, 2011 yılında en yüksek NY'ta saptanmıştır. (*Z*)-3-hekzenol ise birinci yıl NY'ta, ikinci yıl KY'ta daha yüksek miktarda tespit edilmiştir.
- Ester bileşiklerinden hekzil asetat ve (*Z*)-3-hekzenil asetat zeytinyağlarında önemli olan ester bileşikleridir. Bu bileşikler her iki yılda da NY ve KY zeytinyağlarında belirlenememiştir. Bu durum bu esterlerin oluşumunu katalizleyen alkol asetil transferaz enzim aktivitesinin bu çeşitlerde bulunmadığını veya çok düşük olduğunu göstermektedir.
- Meyvemsi kokudan sorumlu lakton bileşikleri hem sayı hem de miktar olarak her iki yılda da NY'ta en yüksek olarak saptanmıştır. Duyusal analiz sonuçlarında NY çeşidi yağının meyvemsilik özelliğinin her iki yılda da en yüksek hissedilmesinin, içerdiği yüksek miktardaki lakton bileşiklerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca bu bileşiklerin NY çeşidi için coğrafi işaret olarak kullanılabileceği düşünülmektedir.

Zeytinyağlarının olfaktometrik analizleri sonucunda,

- Aroma-aktif bileşiklerin koku seyreltme (KS) değerleri birinci yıl 32-512, ikinci yıl ise 32-1024 arasında değişmiştir. Aroma-aktif bileşiklerin çeşit ve sayısı ise hem çeşide, hem zeytinin yetiştiği bölgeye ve hem de yıllara göre farklılıklar göstermiştir.
- Zeytinyağı örneklerinde en yüksek KS değerlerini alıp ön plana çıkan aroma-aktif bileşikler 2010 yılı için NY'da çim, yeşil sebze, çiçek ve meyvemsi kokular veren 1-penten-3-ol, (*E*,*E*)-farnesol ve γ -dodekalakton (KS:512), NYB'da yeşil

bitki kokusu veren tanımlanamayan bir bileşik (KS:512), KY'ta kimyasal, yağımsı, leylak, lavanta ve yağımsı, çözgen kokuları veren (*E*)-2-heptenal, linalol ve (*E,E*)-2,4-dekadienal (KS:256) ve KYB'da meyvemsi, yeşil, turunçgil, limon çiçeği, yeşil bitki, yağımsı, leylak ve lavanta kokuları veren 2-etenil-2-bütenal, oktanal, (*E*)-oktenal, linalol ve (*E,E*)-2,4-nonadienal (KS:128) bileşikleri olmuştur.

- 2011 yılında en yüksek KS değerlerini alıp ön plana çıkan aroma-aktif bileşikler ise NY'ta birinci yıldaki gibi çim, yeşil sebze kokuları veren 1-penten-3-ol (KS:1024), NYB'da meyvemsi, yeşil kokular veren 2-etenil-2-bütenal (KS:512), KY'ta kesilmiş çim, yeşil bitki, meyvemsi ve yeşil kokular veren (*E*)-hekzenal ve 2-etenil-2-bütenal (KS:512) ve KYB'da kesilmiş çim, yeşil bitki ve ot kokuları veren (*E*)-hekzenal ve (*Z*)-3-hekzenol (KS:256) bileşikleri olmuştur.
- Kendi bölgesinden elde edilen yağlarda aroma-aktif bileşiklerin daha fazla sayıda ve daha güçlü olduğu belirlenmiştir. NY ve KY çeşitlerinin aroma-aktif bileşikleri kıyaslandığında, NY çeşidi yağında çiçeksi ve meyvemsi kokular veren terpenler ve laktonların aroma-aktif bileşikler olarak daha fazla olduğu saptanmıştır.
- Elde edilen bulgulara göre genel bir değerlendirme yapıldığında, kendi bölgesinde yetişen çeşitlerden elde edilen yağların kalitesinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durum ülkemiz zeytinyağı sektörü için çeşitlerin kendi bölgesinde yetiştirilmesi konusunda zeytin yetiştiricilerinin teşvik edilmesi gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır.
- İleriki yıllarda yapılacak çalışmalarda, ülkemizin diğer önemli zeytinyağlarının da aroma-aktif bileşiklerinin ve farklı teknolojik işlemlerin bu bileşikler üzerine etkilerinin araştırılması zeytinyağlarımızın karakteristik kokularının belirlenmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR

ACREE, T. H., BARNARD, J., and CUNNINGHAM, D. G., 1984. A procedure for the sensory analysis of gas chromatographic effluents. Food Chemistry, 14:273-286.

AGIOMYRGIANAKI, A., PETRAKIS, P. V., and DAIS, P., 2012. Influence of harvest year, cultivar and geographical origin on Greek extra virgin olive oils composition: A study by NMR spectroscopy and biometric analysis. Food Chemistry, 135:2561-2568.

ALKAN, D., TOKATLI, F., and OZEN, B., 2011. Phenolic characterization and geographical classification of commercial extra virgin olive oils produced in Turkey. Journal of the American Oil Chemists' Society, 89:261-268.

ANASTASOPULOS, E., KALOGEROPOULOS, N., KALIORA, A. C., FALIREA, A., KAMVISSIS, V. N., and ANDRIKOPOULOS, N. K., 2012. Quality characteristics and antioksidants Mavrolia cv. virgin olive oil. Journal of the American Oil Chemists' Society, 89:253-259.

ANDJELKOVIC, M., CAMP, J. V., PEDRA, M., RENDERS, K., SOCACIU, C., and VERHE, R., 2008. Correlations of the phenolic compounds and the phenolic content in some Spanish and French olive oils. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 56:5181–5187.

ANDJELKOVIC, M., ACUN, S., VAN HOED, V., VERHE, R., and VAN CAMP, J., 2009. Chemical composition of Turkish olive oil-Ayvalik. Journal of the American Oil Chemists' Society, 86:135-140.

ANGEROSA, F., D'ALESSANDRO, N., BASTI, C., and VITO, R., 1998. Biogeneration of volatile compounds in virgin olive oil: Their evolution in relation to malaxation time. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46:2940-2944.

ANGEROSA, F., BASTI, C., and VITO, R., 1999. Virgin olive oil volatile compounds from lipoxygenase pathway and characterization of some Italian cultivars. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 47:836-839.

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

ANONIM, 1983. Gıda Maddeleri Muayene ve Analiz Yöntemleri Kitabı, Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı Gıda işleri Genel Müdürlüğü, Genel Yayın No: 65, s:796 .

ANONIM, TS 774, 1997. Sofralık Zeytin Standardı, Türk Standartları Enstitüsü, Birinci Baskı.

AOCS, 2003. Official Method Cd 8-53. Peroxide value, acetic acid-chloroform method. In Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society, AOCS Press: Champaign, IL.

AOCS, 2009. Official Method Ca 5a-40. Free fatty acids in crude and refined fats and oils. In official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society, AOCS Press: Champaign, IL.

APARICIO, R., and MORALES, M. T., 1998. Characterisation of olive ripeness by green aroma compounds in virgin olive oil. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46:1116-1122.

ARTAJO, L. S., PAZ ROMERO, M., SUAREZ, M., and JOSE-MOTILVA, M., 2007. Partition of phenolic compounds during the virgin olive oil industrial extraction process. European Food Research and Technology, 225:617-625.

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, 54:1897-1906.

AVERBECK, M., and SCHIEBERLE, P., 2009. Characterization of the key aroma compounds in a freshly reconstituted orange juice from concentrate. European Food Research and Technology, 229:611-622.

BACCOURI, O., BENDINI, A., CERRETANI, L., GUERFEL, M., BACCOURI, B., LERCKER, G., ZARROUK, M., and BEN MILED, D. D., 2008. Comparative study on volatile compounds from Tunisian and Sicilian monovarietal virgin olive oils. Food Chemistry, 111:322-328.

BAIANO, A., CORTA, G. G., TERRACONE, C., PREVITAL, M. A., and NOTTE, E., 2009. Characteristics of drupes, phenolic content and antioxidant capacity of Italian olive fruits. Journal of Food Lipids, 16:209–226.

BAIANO, A., TERRACONE, C., VIGGIANI, I., and DEL NOBILE, M. A., 2013. Effects of cultivars and location on quality, phenolic content and antioxidant activity of extra-virgin olive oils. Journal of the American Oil Chemists' Society, 90:103-111.

BAKHOUCHE, A., LOZANO-SANCHEZ, J., BELTRAN-DEBON, R., JOVEN, J., SEGURA-CARRETERO, A., and FERNANDEZ-GUTIERREZ, A., 2013. Phenolic characterization and geographical classification of commercial Arbequina extra-virgin olive oils produced in southern Catalonia. Food Research International, 50:401-408.

BALDIOLI, M., SERVILI, M., PERRETTI, G., and MONTEDORO, G. F., 1996. Antioxidant activity of tocopherols and phenolic compounds of virgin olive oil. Journal of the American Oil Chemists' Society, 73:1589-1593.

BALLUS, C. A., MEINHART, A. D., DE SOUZA CAMPOS JR, F. A., DE OLIVEIRA DA SILVA, L. F., DE OLIVEIRA, A. F., and GODOY, H. T., 2014. A quantitave study on the phenolic compound, tocopherol and fatty acid contents of monovarietal virgin olive oils produced in the southeast region of Brazil. Food Research International, 62:74-83.

BARONE, E., GULLO, G., RAPPIA, R., and INGLESE, P., 1994. Effect of crop load on fruit ripening and olive oil (Olea europea L.) quality. Journal of Horticultural Science, 69:67-73.

BASOGLU, F., 2012. Yemeklik Yağ Teknolojisi. 3. Baskı. Dora Yayınları, s:179-202.

BAYRAK, A., 2006. Gıda Aromaları, Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Ankara.

BELTRAN, G., AGUILERA, M. P., RIO, C. D., SANCHEZ, S. and MARTINEZ, L., 2004. Influence of fruit ripening process on the natural antioxidant content of Hojiblanco virgin olive oils. Food Chemistry, 89:207-215.

BENGANA, M., BAKHOUCHE, A., LOZANO-SANCHEZ, J., AMIR, Y., YOUYOU, A., SEGURA-CARRETERO, A., and FERNANDEZ-GUTIERREZ, A., 2013. Influence of olive ripeness on chemical properties and phenolic composition of Chemlal extra-virgin olive oil. Food Research International, 54:1868-1875.

BENITO, M., ORIA, R., and SANCHEZ-GIMENO, A. C., 2010. Characterization of the olive oil from three potentially interesting varieties from Aragon (Spain). Food Science and Technology International, 16:523-530.

BENITO, M., LASA, M. J., GRACIA, P., ORIA, R., ABENOZA, M., VARONA, L., and SANCHEZ-GIMENO, A. C., 2013. Olive oil quality and ripening in süper-high density Arbequina orchard. Journal of the Science Food and Agriculture, 93:2207-2220.

BENINCASA, C., DE NINO, A., LOMBARDO, N., PERRI, E., GIOVANNI, S., and TAGARELLI, A., 2003. Assay of aroma active components of virgin olive oils from Southern Italian Regions by SPME-GC/ion trap mass spectrometry. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51:733-741.

BLANK, I., 1997. Gas chromatography-olfactometry in food aroma analysis. In: Techniques for Analyzing Food Aroma. Ray Marsili (Ed), Marcel Dekker, New York, p:293-329.

BONGARTZ, A., and OBERG, D. G., 2011. Sensory evaluation of extravirgin olive oil (EVOO) extended to include the quality factor ‘‘harmony’’. Journal of Agricultural Science and Technology, A 1:422-435.

BOSELLI, E., DI LECCE, G., STRABBIOLI, R., PIERALISI, G., and FREGA, N. G., 2009. Are virgin olive oils obtained below 27 ^{o}C better than those produced at higher temperatures? Food Science and Technology, 42:748-757.

BOSKOU, D., 1996. Olive Oil Chemistry and Technology. Department of Chemistry Aristotle University of Thessaloniki, Greece, AOCS.

BOUAZIZ, M., JEMAI, H., KHABOU, W., and SAYADI, S., 2010. Oil content, phenolic profiling and antioxidant potential of Tunisian olive drupes. Journal of the Science Food and Agriculture, 90:1750-1758.

BRAND-WILLIAMS, W. CUVELIER, M. E., and BERSET, C., 1995. Antioxidative activity of phenolic composition of commercial extracts of sage and rosemary. LWT-Food Science and Technology, 28:25-30.

BRENES, M., GARCIA, A., GARCIA, P., RIOS, J. J., and GARRIDO, A., 1999. Phenolic compounds in Spanish olive oils. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 47:3535-3540.

BUTTERY, R. G., 1981. Vegetable and fruit flavors. (Eds: Teranishi, R., Flath, R.A., Sugisawa, H.). In Flavor Research, 175-215.

CANBAS, A., CABAROGLU, T., KECELI, T., BOZDOGAN, D., KELEBEK, H. ve YILMAZTEKIN, M., 2007. Ülkemizde yetiştirilen bazı zeytin çeşitlerinin fenol bileşikleri profillerinin ve bunların antioksidan etkilerinin belirlenmesi. DPT Projesi (Proje no: DPT 2003K120320), Adana, Türkiye.

CANOZER, O., 1991. Standart Zeytin Çeşitleri Kataloğu. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı. s:107.

CAJA, M. M., RUIZ DEL CASTILLO, M. L., ALVAREZ, R. M., HERRAIZ, M., and BLANCH, G. P., 2000. Analysis of volatile compounds in edible oils using simultaneous distillation-solvent extraction and direct coupling of liquid chomatography with gas chromatography. European Food Research Technology, 211:45-51.

CAYHAN, G. G, and SELLI, S., 2011. Characterization of the key aroma compounds in grey mullet (Mugil cephalus) by application of the aroma extract dilution analysis. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 59:654-659.

CECCHI, T., and ALFEI, B., 2013. 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, 141:2025-2035.

CECI, L. N., and CARELLI, A. A., 2007. Characterization of monovarietal Argentinian olive oils from new productive zones. Journal of American Oil Chemist' Society, 84:1125-1136.

CERRETANI, L., BENDINI, A., DEL CARO, A., PIGA, A., VACCA, V., CABONI, M. F., and TOSCHI, T. G., 2006. Preliminary characterisation of

virgin olive oils obtained from different cultivars in Sardinia. European Food Research Technology, 222:354–361.

CERRETANI, L., SALVADOR, M. D., BENDINI, A., and FREGAPANE, G., 2008. Relationship between sensory evaluation performed by Italian and Spanish official panels and volatile and phenolic profiles of virgin olive oil. Springer, 1:258-267.

CERRETANI, L., GIULIANI, A, MAGGIO, R. M., BENDINI, TOSCHI, T. G., and CICHELLI, A., 2010. Rapid FTIR determination of water, phenolics and antioksidant activity of olive oil. European Journal of Lipid Science and Technology, 112:1150-1157.

CHIH, H., JAMES, A. P., JAYASENA, V., and DHALIWAL, S. S., 2013. Effect of growing location, malaxation duration and citric acid treatment on the quality of olive oil. Journal of the Science of Food and Agriculture, 93:1272-1277.

CHTOUROU, M., GARGOURI, B., JABER, H., ABDELHEDI, R., and BOUAZIZ, M., 2013. Comparative study of olive oil quality from Chemlali Sfax versus Arbequina cultivated in Tunisia. European Journal of Lipid Science and Technology. 115:631-640.

CICERALE, S., LUCAS, L., and KEAST, R., 2010. Biological activities of phenolic compounds present in virgin olive oil. International Journal of Molecular Sciences. 11:458-479.

CINQUANTA, L., ESTI, M., and LA NOTTE, E., 1997. Evaluation of phenolic compounds in virgin olive oil during storage. Journal of American Oil Chemist' Society, 74:1259-1264.

CIOFFI, G., PESCA, M. S., DE CAPRARIS, P., BRACA, A., SEVERINO, L., and DE TOMMASI, N., 2010. Phenolic compounds in olive oil and olive pomace from Cilento (Campania, Italy) and their antioxidant activity. Food Chemistry, 121:105-111.

COLLIN, S., NIZET, S., MULS, S., IRAQI, R., and BOUSETA, A., 2008. Characterization of odor-active compounds in extracts obtained by simultaneous extraction/ distillation from Moroccan Black Olives. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 56:3273-3278.

CRIADO, M. N., MORELLO, J. R., JOSE-MOTILVA, M., and PAZ ROMERO, M., 2004. Effect of growing area on pigment and phenolic fractions of virgin olive oils of the Arbequina variety in Spain. Journal of the American Oil Chemists' Society, 81:633-640.

DABBOU, S., RJIBA, I., NAKBI, A., GAZZAH, N., ISSAOUI, M., and HAMMAMI, M., 2010. Compositional quality of virgin olive oils from cultivars introduced in Tunisian arid zones in comparison to Chemlali cultivars. Scientia Horticulturae, 124:122-127.

DABBOU, S., BRAHMI, F., DABBOU, S., ISSAOUI, M., SIFI, S., and HAMMAMI, M., 2011. Antioxidant capacity of Tunisian virgin olive oils from different olive cultivars. African Journal of Food Science and Technology, 2:92-97.

DAGDELEN, A., TUMEN, G., OZCAN, M. M., and DUNDAR, E., 2013. Phenolic profiles of olive fruits (*Olea europaea* L.) and oils from Ayvalık, Domat and Gemlik varieties at different ripening stages. Food Chemistry, 136:41-45.

DE MENDOZA, M. F., DE MIGUEL GORDILLO, C., EXPOXITO, 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, 141:2575-2581.

DI GIOVACCHINI, L., ANGEROSA, F., and DI GIACINTO, L., 1996. Effect of mixing leaves with olives with olives on organoleptic quality of oil obtained by centrifugation. Journal of American Oil Chemists' Society, 73:371-374.

DI GIOVACCHINO, L. D., SESTILI, S., and VINCENZO, D. D., 2002. Influence of olive processing on virgin olive oil quality. European Journal of Lipid Science and Technology, 104:587-601.

DIERKES, G., BONGARTZ, A., GUTH, H., and HAYEN, H., 2012. Quality evaluation of olive oil by statistical analysis of multicomponent stable isotope dilution assay data of aroma active compounds. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 60:394-401.

DIRAMAN, H., SAYGI, H., ve HISIL, Y., 2008. Yağ asitleri bileşimine göre İzmir ili natürel zeytinyağlarında kemometrik sınıflandırma. Gıda, 33:109-115.

DIRAMAN, H., and DIBEKLIOGLU, H., 2009. Characterization of Turkish virgin olive oils produced from early harvest olives. Journal of the American Oil Chemists' Society, 86:663-674.

DIRAMAN, H., SAYGI, H., and HISIL, Y., 2010. Relationship between geographical origin and fatty acid composition of Turkish virgin olive oils for two harvest years. Journal of American Oil Chemist Society, 87:781-789.

DIRAMAN, H., and DIBEKLIOGLU, H., 2014. Using lipid profiles fort he characterization of Turkish monocultivar olive oils produced by different systems. International Journal of Food properties, 17:1013-1033.

DOUZANE, M., NOUANI, A., DAKO, E., and BELLAL, M., 2012. Influence of the variety, the crop year and the growing on the fatty acid and tocopherols composition of some Algerian virgin olive oils. African Journal of Agricultural Research, 7:4738-4750.

EBELER, S., TERRIEN, M. B., and BUTZKE, C. E., 2000. Analysis of brandy aroma by solid phase microextraction and liquit-liquit extraction. Journal of the Science Food and Agriculture, 80:625-630.

EL RIACHY, M., PRIEGO-CAPOTE, F., LEON, L., RALLO, L., and DE CASTRO M. D. L., 2011. Hydrophilic antioxidants of virgin olive oil. Part 2: Biosynthesis and biotransformation of phenolic compounds in virgin olive oil as affected by agronomic and processing factors. European Journal of Lipid Science and Technology, 113:692-707.

ESCUDEROS, M. E., UCEDA, M., SANCHEZ, S., and JIMENEZ, A., 2007. Instrumental technique evolution for olive oil sensory analysis. European Journal of Lipid Science and Technology, 109:536-546.

ETIEVANT, P. X., MOIO, L., GUICHARD, E., LANGLOIS, D., LESCHAEVE, I., SCHILCH, P., and CHAMBELLANT, E., 1994. Aroma extract dilution analysis (AEDA) and the representativeness of the odour of food extracts. In H. Maarse and D. G. Van der Heij (Eds.), Trends in flavour research, Amsterdam: Elsevier, p:179-190.

FAVATI, F., CONDELLI, N., GALGANO, F., and CARUSO, M. C., 2013. Extra virgin olive oil bitterness evaluation by sensory and chemical analyses. Food Chemistry, 139:949-954.

FICKERT, B., and SCHIEBERLE, P., 1998. Identification of the key odorants in barly malt (caramalt) using GC/MS tecniques and odour dilution analyses, Nahrung 42, Nr: 6, p:371-375.

FERGUSON, L. G., and SIBBETT, S., 2004. Olive Production Manual (2. Ed.), University of California, 180s. Agriculture & Natural Resources Publishing, USA.

FERREIRA, V., PETKA, J., and AZNAR, M., 2002. Aroma extract dilution analysis. Precision and optimal experimental design. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50:1508-1514.

FISCHER, A., GRAB, W., and SCHIEBERLE, P., 2008. Characterisation of the most odour-active compounds in a peel oil extract from Pontianal oranges (Citrus nobilis var. Lour. Microcarpa Hassk.). European Food Research and Technology, 227:735-744.

FRANK, S., WOLLMANN, N., SCHIEBERLE, P., and HOFMANN, T., 2011. Reconstitution of the flavor signature of Dornfelder red wine on the basis of the natural concentrations of its key aroma and taste compounds. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 59:8866-8874.

FULLER, G. H., STELTENKAMP, R., and TISSEREND, G. A., 1964. The chromatography with human sensor: perfumer model. Annals of the New York Academy of Sciences, 116:711-724.

GARCIA, G. D. L., TENA, N., and APARICIO, R., 2007. Characterization of olive paste volatiles to predict the sensory quality of virgin olive oil. European Journal of Lipid Science and Technology, 109:663-672.

GARCIA, B., MAGALHAES, J., FREGAPANE, G., SALVADOR, M. D., and PAIVA-MARTINS, F., 2012. Potential of selected Potuguese cultivars for he production of high quality monovarietal virgin olive oil. European Journal of Lipid Science and Technology, 114:1070-1082.

GARCIA, B., COELHO, J., COSTA, M., PINTO, J., and PAIVA-MARTINS, F., 2013. A simple method for the determination of bioactive antioxidants in virgin olive oils. Journal of the Science of Food and Agriculture, 93:1727-1732.

GIMENO, E., FITO, M., LAMUELA–RAVENTOS, R. M., DE LA TORRE, M. C., and LOPEZ–SABATER, M. C., 2002. The effects of harvest and extraction methods on the antioxidant content (phenolics, alpha–tocopherol, and beta–carotene) in virgin olive oil. Food Chemistry, 78:207-211.

GOMEZ-ALONSO, S., FREGAPANE, G., SALVADOR, M. D., and GORDON, M. H., 2003. Changes in phenolic composition and antioxidant activity of virgin olive oil during frying. Journal of Agricultural and Food Chemistr, 51:667-672.

GOMEZ-CARAVACA, A. M., CERRATANI, L., BENDINI, A., SEGURA-CARRETERO, A., 2007. Effect of filtration system on the phenolic content in virgin olive oil by HPCL-DAD-MSD. American Journal of Food Technology, 2:671-678.

GOGUS, F., OZKAYA, M. T. ve OTLES, S., 2009. Zeytinyağı, Eflatun Yayınevi, Gaziantep.

GROSCH, W., 2001. Evaluation of key odorants of foods by dilution experiments, aroma models and emission. Chemical Senses, 26:533-545.

GUERFEL, M., MANSOUR, M. B., OUNI, Y., GUIDO, F., BOUJNAH, D., and ZARROUK, M., 2012. Chemical composition of virgin olive oils from the Chemlali cultivar with regard to the method of the olive tree propagation. Grasas y Aceites, 63:290-295.

GUNESER, O., and YUCEER, Y. K., 2010. Gıdalarda aroma maddelerinin belirlenmesinde gaz-kromatografisi-olfaktometri (GCO) tekniklerinin kullanılması. Gıda, 35:371-378.

GUR, E., ASLAN, R., SON, L., PALA, H. ve NAS, S., 2011. Mut yöresinde organik zeytin yetiştiriciliği. (organic olive cultivation region of Mut) Organik tarım araştırma sonuçları. T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Ankara/Turkey, s:95-101.

GURDENIZ, G., OZEN, B., and TOKATLI, F., 2008. Classification of Turkish olive oils with respect to cultivar, geographic origin and harvest year, using fatty

acid profile and MID-IR Spectroscopy. European Food Research and Technology, 227:1275–1281.

GURDENIZ, G., OZEN, B., and TOKATLI, F., 2010. Comparison of fatty acid profiles and mid-infrared spectral data for classification of olive oils. European Journal of Lipid Science and Technology, 112:218-226.

HADDADA, F. M., MANAI, H., DAOUD, D., FERNANDEZ, X., CUVELIER, L. L., and ZARROUK, M., 2007. Profiles of volatile compounds from some monovarietal Tunisian virgin olive oils. Comparison with French PDO. Food Chemistry, 103:467-476.

HASHEMPOUR, A., GHAZVINI, R. F., BAKHSHI, D., and SANAM, S. A., 2010. Fatty acids composition and pigments changing of virgin olive oil (Olea europea L.) in five cultivars grown in Iran. Australian Journal of Crop Science, 4:258-263.

HE, Z., and XIA, W., 2007. Analysis of phenolic compounds in Chinese olive (Canarium album L.) fruit by RPHPLC–DAD–ESI–MS. Food Chemistry, 105:1307–1311.

ILYASOGLU, H., and OZCELIK, B., 2011a. Determination and seasonal changes in olive oil by using differential scanning calorimetry heating thermograms. Journal of American Oil Chemist Society, 88:907-913.

ILYASOGLU, H. ve OZCELIK, B., 2011b. Memecik zeytinyağlarının biyokimyasal karakterizasyonu. Gıda, 36:33-41.

ILYASOGLU, H., OZCELIK, B., VAN HOED, V., and VERHE, R., 2011. Cultivar characterization of Aegean olive oils with respect to their volatile compounds. Scientia Horticulturae, 129:279-282.

INAREJOS-GARCIA, A. M., GOMEZ-RICO, A., SALVADOR, M. D., and FREGAPANE, G., 2009. Influence of malaxation conditions on virgin olive oil yield, overall quality and composition. European Food Research Technology, 228:671-677.

INAREJOS-GARCIA, A. M., SANTACATTERINA, M., SALVADOR, M. D., FREGAPANE, G., and GOMEZ-ALONSO, S., 2010. PDO virgin olive oil

quality-minor components and organoleptic evaluation. Food Research Internatioanal, 43:2138-2146.

IOOC, 2001. Method of analysis, preparation of the fatty acid methyl esters from olive oil and olive pomace oil. International Olive Council. COI/T. 20/Doc. No. 24. (http://www.internationaloliveoil.org.).

IOOC, 2009. Determination of biophenols in olive oils by HPLC. International Olive Council. COI/T.20/Doc. No. 29. November, 2009. (http://www.internationaloliveoil.org.).

IOOC, 2011. Guide for the determination of the characteristics of oil-olives. International Olive Council. COI/OH/Doc. No. 1, November, 2011. (http://www.internationaloliveoil.org.).

IOOC, 2013. Sensory analysis of olive oil. International Olive Council. COI/T.20/Doc. No. 15/Rev. 6 (http://www.internationaloliveoil.org.).

IRAQI, R., VERMEULEN, C., BENZEKRI, A., BOUSETA, A., and COLLIN, S., 2005. Screening for key odorants in Moroccan green olives by gas chromatography-olfactometry/aroma extract dilution analysis. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53:1179-1184.

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, 119:220-225.

KALOGEROPOULOS, N., KALIORA, A. C., ARTEMIOU, A., and GIOGIOS, I., 2014. Composition, volatile profiles and functional properties of virgin olive oils produced by two-phase vs three-phase centrifugal decanters. LWT-Food Science and Technology, 58:272-279.

KALUA, C. M., ALLEN, M. S., BEDGOOD, 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, 100:273-286.

KANAVOURAS, A., MUNOZ, P. H., COUTELIERIS, F., and SELKE, S., 2004. Oxidation-derived flavor compounds as quality indicators for packaged olive

oil. Journal of American Oil and Chemist' Society, 81:251-257.

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, 90:69-79.

KANDYLIS, P., VEKIARI, A. S., KANELLAKI, M., GRATI KAMOUN, N., 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, 44:1333-1341.

KAYAHAN, A. ve TEKIN, A., 2006. Zeytinyağı Üretim Teknolojisi. TMMOB Gıda Mühendisleri Odası, Kitaplar serisi:11, sayfa 198.

KAYNAS, N., SUTCU, A. R. ve FIDAN, A. E., 1992. Marmara Bölgesinde zeytin çeşitlerinin pomolojik özellikleri üzerine çalışmalar. Bahçe 21(1-2):31-38. Atatürk Bah. Kül. Merk. Araş. Ens.

KECELI, T. M., 2013. Influence of time of harvest on 'Adana Topagi', 'Gemlik' olives, olive oil properties and oxidative stability. Journal of Food and Nutrition Research, 1:52-58.

KELEBEK, H., and SELLI, S., 2011. Evaluation of chemical constituents and antioxidant activity of sweet cherry (Prunus avium L). International Journal of Food Science and Technology, 46:2530-2537.

KELEBEK, H., KESEN, S., SABBAG, S. ve SELLI, S., 2012. Gemlik zeytin çeşidinden elde edilen natürel zeytinyağında fenol bileşiklerinin ve antioksidan kapasitenin belirlenmesi. Gıda, 37:133-140.

KELEBEK, H., JOURDES, M., SELLI, S., and TEISSEDRE, P. L., 2013. Comparative evaluation of the phenolic content and antioxidant capacity of sun-dried raisins. Journal of the Science of Food and Agriculture, 93:2963-2972.

KESEN, S., KELEBEK, H., SEN, K., ULAS, M., and SELLI, S., 2013a. GC-MS-olfactometric characterization of the key aroma compounds in Turkish olive oils by application of the aroma extract dilution analysis. Food research International, 54:1987-1994.

KESEN, S., KELEBEK, H., and SELLI, S., 2013b. Characterization of the volatile, phenolic and antioxidant properties of monovarietal olive oil obtained from cv. Halhali. Journal of American Oil and Chemist' Society, 90:1685-1696.

KESEN, S., SELLI, S., KELEBEK, H., CABAROGLU, T., SEN, K. ve ULAS, M., 2014. Adana ili Gemlik ve Barnea zeytinyağlarının aroma maddelerinin kıyaslanması. Gıda, 39:103-110.

KILIC, S. M., 2001. Zeytinyağındaki bazı uçucu aromatik bileşenlerin izolasyonu ve tanımlanması (yüksek lisans tezi), Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara: Türkiye.

KIRCHOFF, E., and SCHIEBERLE, P., 2002. Quantitation of odor-active compounds in rye flour and rye sourdough using stable isotope dilution assays. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50:5378-5385.

KIRALAN, M., BAYRAK, A., and OZKAYA, M. T., 2009. Oxidation stability of virgin olive oils from some important cultivars in East Mediterranean Area in Turkey. Journal of American Oil Chemist' Society, 86:247-252.

KIRALAN, M., OZKAN, G., KOYLUOGLU, F., UGURLU, F., BAYRAK, A., and KIRITSAKIS, A., 2012. Effect of cultivation area and climatic conditions on volatiles of virgin olive oil. European Journal of Lipid Science and Technology, 114:552-557.

KIRITSAKIS, A. K., 1998. Flavor components of olive oil- A review. Journal of American Oil Chemist' Society, 75:673-681.

KONUSKAN, D. B., (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 (doktora tezi), Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana: Türkiye.

KREISSL, J. K., and SCHIEBERLE, P., 2011. Changes in tomato aroma compounds by thermal processing. In: Advances and Challenges in Flavor Chemistry & Biology, Proceedings of the 9th Wartburg Symposium, Eisenach, (Hofmann T, Meyerhof W, Schieberle P, eds), Freising, Germany, ISBN 3-938896-38-9, p:173-178.

KUTLU, E. ve SEN, F., 2011. Farklı hasat zamanlarının Gemlik zeytin (Olea europea L.) çeşidinde meyve ve zeytinyağı kalitesine etkileri. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 48:85-93.

LANTERI, S., ARMANINO, C., PERI, E., and PALAPOLI, A., 2002. Study of oils from Calabrian olive cultivars by chemometric methods. Food Chemistry, 76:501-507.

LE GUEN, S., PROST, C., and DEMAIMAY, M., 2000. Critical comparison of three olfactometric methods for the identification of the most potent odorants in cooked mussels (Mytilus Edulis). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48:1307-1314.

LELAND, J. V., SCHIEBERLE, P., BUETTNER, A., and ACREE, T. E., 2001. Gas chromatography-olfactometry. American Chemical Society, Washington, DC.

LERMA-GARCIA, M. J., SIMO-ALFONSO, E. F., BENDINI, A., and CERRETANI, L., 2009. Metal oxide semiconductor sensors for monitoring of oxidative status evolution and sensory analysis of virgin olive oils with different phenolic content. Food Chemistry, 4:608-614.

LONGOBARDI, F., VENTRELLA, A., CASIELLO, G., SACCO, D., TASIOULA-MARGARI, M., and KIRITSAKIS, A. K., 2012. Characterization of the geographical origin of Western Greek virgin olive oils based on instrumental and multivariate statistical analysis. Food Chemistry, 133:169–175.

LUNA, G., MORALES, M. T., APARICIO, R., 2006. Characterisation of 39 varietal virgin olive oils by their volatile compositions. Food Chemistry, 98:243-252.

MANAI, H., HADDADA, F. M., OUESLATI, I., DAOUD, D., and ZARROUK, M., 2008. Characterization of monovarietal virgin olive oils from six crossing varieties. Scientia Horticulturae, 115:252-260.

MANCEBO-CAMPOS, V., SALVADOR, M. D., and FREGAPANE, G., 2014. Antioxidant capacity of individual and combined virgin olive oil minor compounds evaluated at mild temperature (25 and 40 °C) as compared to accelerated and antiradical assays. Food Chemistry, 150:374-381.

MATOS, L. C., CUNHA, S. C., AMARAL, J. S., PEREIRA, J. A., ANDRADE, P. B., SEABRA, R. M., and OLIVERIA, B. P. P., 2007. Chemometric

characterization of three varietal olive oils (cvs. Cobrançosa, Madural and Verdeal Transmontana) extracted from olives with different maturation indices. Food Chemistry, 102:406-414.

MEHINAGIC, E., PROST, C., and DEMAIMAY, M., 2003. Representativeness of apple aroma extract obtained by vacuum hydrodistillation: Comparison of two concentration techniques. Journal of the Science Food and Agriculture, 68:2411-2415.

MEHINAGIC, E., PROST, C., and DEMAINMAY, M., 2004. Optimization of extraction of apple aroma by dynamic headspace and influence of saliva on extraction of volatiles. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52:5175-5182.

MILO, C., and GROSCH, W., 1993. Changes in the odorants of Boiled Trout (Salmo fario) as affected by the storage of the raw material. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 41:2076-2081.

MONTEDORO, G., SERVILLI, M., BALDIOLI, M., and MINIATI, E., 1992. Simple and hydrolysable phenolic compounds in virgin olive oil 1. Their extraction, separation and quantitative and semiquantitative evaluation by HPLC. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 40:1571-1576.

MORALES, M. T., APARICIO, R., and RIOS, J. J., 1994. Headspace gas chromatographic method for determining volatiles in virgin olive oil. Journal Chromatography, 668:455-462.

MORALES, M. T., and APARICIO, R., 1999. Effect of extraction conditions on sensory quality of virgin olive oil. Journal of American Oil and Chemist' Society, 76:295-300.

MORALES, M. T, ANGEROSA, F., and APARICIO, R., 1999. Effect of the extraction conditions of virgin olive oil on the lipoxygenase cascade: chemical and sensory implications. Grasas Aceites, 50:114-121.

MORALES, M. T., LUNA, G., and APARICIO, R., 2005. Comparative study of virgin olive oil sensory defects. Food Chemistry, 2, 293-301.

MORELLO, J. R., JOSE-MOTILVA, M., 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: 357-364.

MORELLO, J. R., VUORELA, S., ROMERO, M. P., MOTILVA, M. J., and HEINONEN, M., 2005. Antioxidant activity of olive pulp and olive oil phenolic compounds of the Arbequina cultivar. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53:2002-2008.

MORELLO, J. R., PAZ ROMERO, M., and JOSE-MOTILVA, M., 2006. Influence of seasonal conditions on the composition and quality parameters of monovarietal virgin olive oils. Journal of American Oil Chemist' Society, 83:683-690.

MUZZALUPO, I., MACCHIONE, B., BUCCI, C., STEFANIZZI, F., PERRI, E., CHIAPPETTA, A., TAGARELLI, A. and SINDONA, G., 2012. LOX gene transcript accumulation in olive (Olea europaea L.) fruits at different stages of maturation: Relationship between volatile compounds, environmental factors and technological treatments for oil extraction. ScientificWorldJournal, DOI: 10.1100/2012/532179 (Basımda).

NAKBI, A., ISSAOUI, M., DABBOU, S., KOUBAA, N., ECHBILI, A., HAMMAMI, M., and ATTIA, N., 2010. Evaluation of antioksidant activities of phenolic compounds from two extra virgin olive oils. Journal of Food Composition and Analysis, 23:711-715.

NAS, S., GOKALP, H. Y. Ve UNSAL, M., 2001. Bitkisel Yağ Teknolojisi. Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Matbaası, Denizli.

NERGIZ, C., and UNAL, K., 1991. Determination of phenolic acids in virgin olive oil. Food Chemistry, 39:237–240.

NERGIZ, C., and ENGEZ, Y., 2000. Compositional variation of olive fruit during ripening. Food Chemistry, 69:55-59.

NIETO, L. M., HODAIFA, G., and LOZANO PENA, J. L., 2010. Changes in phenolic compounds and rancimat stability of olive oils from varieties of olives at different stages of ripeness. Journal of the Science Food and Agriculture, 90:2393-2398.

OCAKOGLU, D., 2008. Classification of Turkish virgin olive oils based on their phenolic profiles (yüksek lisans tezi), İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, İzmir.

OCAKOGLU, D., TOKATLI, F., OZEN, B., and KOREL, F., 2009. Distribution of simple phenols, phenolic acids and flavonoids in Turkish monovarietal extra virgin olive oils for two harvest years. Food Chemistry, 113:401-410.

OUNI, Y., TAAMALLI, A., GOMEZ-CARAVACA, A. M., SEGURA-CARRETERO, A., FERNANDEZ-GUTIERREZ, A., and ZARROUK, M., 2011. Characterisation and quantification of phenolic compounds of extra-virgin olive oils according to their geographical origin by a rapid and resolutive LC–ESI-TOF MS method. Food Chemistry, 127:1263–1267.

OWEN, R. W., GIACOSA, A., and HULL, W. E., 2000. Olive oil consumption and health: The possible role of antioxidants. Lancet Oncology, 1:107-112.

OWEN, R. W., HAUBNER, R., WURTELE, G., HULL, W. E., SPIEGELHALDER, B., and BARTSCH, H., 2004. Olives and olive oil in cancer prevention. European Journal of Cancer Prevention, 13:319–326.

OGUTCU, M., MENDES, M., and YILMAZ, E., 2008. Sensorial and physico-chemical characterization of virgin olive oils produced in Çanakkale. Journal of American Oil Chemist' Society, 85:441-456.

OREN, D., and OZCAN, M. M., 2013. Some physico-chemical properties of extra virgin olive and pure olive oils. Journal of Nutritional Ecology and Food Research, 1:141-143.

PARDO, J. E., CUESTA, M. A., and ALVARRUIZ, A., 2007. Evaluation of potential and real quality of virgin olive oil from the designation of origin ''Aceite Campo de Montiel'' (Ciudad Real, Spain). Food Chemistry, 100:977-984.

PATUMI, M., TERENZIANI, S., RIDOLFI, M., and FONTANAZZA, G., 2003. Effect of fruit stoning on olive oil quality. Journal of American Oil Chemist' Society, 80:249-255.

PAZ ROMERO, M., TOVAR, M. J., RAMO, T., and MOTILVA, M. J., 2003. Effect of crop season on the composition of virgin olive oil with protected designation

of origin ‘‘Les Garrigues’’. Journal of American Oil Chemist’ Society, 80:423-430.

PELLEGRINI, N., SERAFINI, M., COLOMBI, B., DEL RIO, D., SALVATORE, S., and BIANCHI, M., 2003. Total antioxidant capacity of plant foods, beverages and oils consumed in Italy assessed by three different in vitro assays. Journal of Nutrition, 133:2812-2819.

PERES, F., JELEN, 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 Conrançosa cultivars using GC-O and GC x GC-TOFMS. Food research International, 54:1979-1986.

PINELLI, P., GALARDI, C., MULINACCI, N., and ROMANI, A., 2003. Minor polar compound and fatty acid analyses in monocultivar virgin olive oils from Tuscany. Food Chemistry, 80: 331-336.

PIRAVI-VANAK, Z., GHASEMI, J. B., GHAVAMI, M., EZZATPANAH, H., and ZOLFONOUN, E., 2012. The influence of growing region on fatty acids and sterol composition of Iranian olive oils by unsupervised clustering methods. Journal of the American Oil Chemists' Society, 89:371-378.

PIZARRO, C., RODRIGUEZ-TECEDOR, S., PEREZ-DEL-NOTARIO, N., and GONZALEZ-SAIZ, J. M., 2011. Recognition of volatile compounds as markers in geographical discrimination of Spanish extra virgin olive oils by chemometric analysis of non-specific chromatography volatile profiles. Journal of Chromatography A, 1218:518-523.

POLVILLO, M. M., RUIZ, G. M., and DOBARGANES, M. C., 2004. Oxidative stability of sunflower oils differing in unsaturation degree during long-term storage at room temperature. Journal of American Oil Chemist’ Society, 81:577-583.

PRISTOURI, G., BADEKA, A., and KONTOMINAS, M. G., 2010. Effect of packaging material headspace, oxygen and light transmission, temperature and storage time on quality charactersitics of extra virgin olive oil. Food Control, 21:412-418.

PROST, C., SEROT, T., and DEMAIMAY, M., 1998. Identification of the most potent odorants in wild and farmed cooked turbot (Scophtalamus maximus L.). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46:3214-3219.

PROST, C., HALLIER, A., CARDINAL, M., SEROT, T., and COURCOUX P., 2004. Effect of storage time on raw sardine (Sardina pilchardus) flavor and aroma quality. Journal of Food Science, 69:198-203.

RANALLI, A., CONTENTO, S., SCHIAVONE, C., and SIMONE, N., 2001. Malaxing temperature affects volatile and phenol composition as well as other analytical features of virgin olive oil. European Journal of Lipid Science and Technology, 103:228-238.

RANALLI, A., LUCERA, L., CONTENTO, S., SIMONE, N., and DEL RE, P., 2004. Bioactive constituents, flavors and aromas of virgin oils obtained by processing olives with a natural enzyme extract. European Journal of Lipid Science and Technology, 106:187–189.

REINERS, J., and GROSCH, W., 1998. Odorants of virgin olive oils with different flavor profiles. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46:2754-2763.

REGA, B., FOURNIER, N., and GUICHARD, E., 2003. Solid phase microextraction (SPME) of orange juice flavor: odor representativeness by direct gas chromatography olfactometry (D-GC-O). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51:7092-7099.

RIDOLFI, M., TERENZIANI, S., PATUMI, M., and FONTANAZZA, G., 2002. Characterization of the lipoxygenases in some olive cultivars and determination of their role in volatile compounds formation. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50:835-839.

RJIBA, I., DABBOU, S., GAZZAH, N., and HAMMAMI, M., 2010. Effect of crossbreeding on the chemical composition and biological characteristics of Tunisian new olive progenies. Chemistry and Biodiversity, 7:649-665.

ROMERO, M. P, TOVAR, M. J, GIRONA, J., and MOTILVA, M. J., 2002. Changes in the HPLC phenolic profile of virgin olive oil from young trees (Olea europaea L. cv Arbequina) grown under different deficit irrigation strategies. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50:5349-5354.

RUIZ DEL CASTILLO, M. L., HERRAIZ, M., and BLANCH G. P., 2000. Determination of the enantiomeric composition of γ-lactones in edible oils by on-line coupled high performance liquid chromatography and gas chromatography. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48:1186-1190.

RUIZ-DOMINGUEZ, M. L., RAIGON, M. D., and PROHENS, J., 2013. Diversity for olive oil composition in a collection of varieties from the region of Valencia (Spain). Food Research International, 54:1941-1949.

RUNCIO, A., SORGONA, L., MINCIONE, A., SANTACATERINA, S., and POIANA, M., 2008. 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, 106:735-740.

RYAN, D., and ROBARDS, K., 1998. Phenolic compounds in olives. Analyst, 123:31-44.

SAAFI, E. B., AREM, A. E., ISSAOUI, M., HAMMAMI, M., and ACHOUR, L., 2009. Phenolic content and antioxidant activity of four date palm (Phoenix dactylifera L.) fruit varieties grown in Tunisia. International Journal of Food Science and Technology, 44:2314–2319.

SAGLAM, C., and AKTAS, T., 2005. Determination of some physical properties and static friction coefficient of olive (Olea europea L., Ayvalik and Memecik). Journal of Agronomy, 4:308-310.

SALAS, J. J., WILLIAMS, M., HARWOOD, J. L., and SANCHEZ, J., 1999. Lipoxygenase Activity in Olive (Olea europaea) Fruit. Journal of American Oil and Chemist' Society, 76:1163-1168.

SALVADOR, M. D., ARANDA, F., GOMEZ ALONSO, S., and FREGAPANE, G. 2001. Cornicabra virgin olive oil: a study of five crop seasons. Composition, quality and oxidative stability. Food Chemistry, 74:267-274.

SANCHEZ-MORENO, C., LARRAURI, J. A., and SAURA-CALIXTO, F. A., 1998. Procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. Journal of the Science of Food and Agriculture, 76:270–276.

SANCHEZ-ORTIZ, A., ROMERO, S. C., SANZ, C., and PEREZ, A. G., 2012. Synthesis of volatile compounds of virgin olive oil is limited by the

lipoxygenase activity load during the oil extraction process. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 60:812-822.

SANCHEZ-ORTIZ, A., PEREZ, 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, 54:1972-1978.

SCHNEIDER, R., RAUZUNGLES, A., AUGIER, C., and BAUMES, R., 2001. Monoterpenic and norisoprenoid glycoconjugates of Vitis vinifera L. cv. Melon B. As precursors of odorants in Muscadet wines. Journal of Chromatography A, 936:145-157.

SELLI, S., RANNOU, C., PROST, C., ROBIN, J., and SEROT, T., 2006. Characterization of aroma-active compounds in rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) eliciting an off-odor. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 54:9496−9502.

SELLI, S., CANBAS, A.,VARLET, V., KELEBEK, H., PROST, C., and SEROT, T., 2008. Characterization of the most odor-active volatiles of orange wine made from a Turkish cv. Kozan (Citrus sinensis L. Osbeck). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 56:227-234.

SELLI, S., and CAYHAN, G. G., 2009. Analysis of volatile compounds of wild gilthead sea bream (Sparus aurata) by simultaneous distillation-extraction (SDE) and GC-MS. Microchemical Journal, 93:232-235.

SELLI, S., and KELEBEK, H., 2011. Aromatic profile and odour-activity value of blood orange juices obtained from Moro and Sanguinello (Citrus sinensis L. Osbeck). Industrial Crops and Products, 33:727-733.

SERTESER, A., and GOK, V., 2003. Doğal antioksidanların biyoyararlılığı. 3. Gıda Mühendisliği Kongresi, (2-4 Ekim), Ankara.

SERVILI, M., SELVAGGINI, R., TATICCHI, A., ESPOSTO, S., and MONTEDORO, G., 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 Agricultural and Food Chemistry, 51:7980-7988.

SEVIM, D., 2011. Antioksidanlar ve zeytinyağı. Zeytin Bilimi, 1:43-47.

SKEVIN, D., RADE, D., STRUCELJ, D., MOKROVCAK, Z., NEDERAL, S., and BENCIC, D., 2003. The influence of variety and harvest time on the bitterness and phenolic compounds of olive oil. European Journal of Lipid Science and Technology, 105:536-541.

SOLLNER, K., and SCHIEBERLE, P., 2009. Decoding the key aroma compounds of a Hungarian-type salami by molecular sensory science approaches. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 57:4319-4327.

SONIA, E., GIANFRANCESCO, M., ROBERTO, S., IBANEZ, R., AGNESE, T., STEFANIA, U., and MAURIZIO, S., 2009. Monitoring of virgin olive oil volatile compounds evolution during olive malaxation by an array of metal oxide sensors. Food Chemistry, 113:345-350.

SONJE, B. M., GIACOMETTI, J., and ABRAM, M., 2011. Antioxidant and antilisterial activity of olive oil, cocoa and rosemary extract polyphenols. Food Chemistry, 127:1821-1827.

STEINHAUS, M., and SCHIEBERLE, P., 2000. Comparison of the most odor-active compounds in fresh and dried hop cones (humulus lupulus l. variety spalter select) based on GC-Olfactometry and odor dilution technigues. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48:1776-1783.

TAIRU, A. O., HOFMANN, T., and SCHIEBERLE, P., 2000. Studies on tke key odorants formed by roasting of wild mango seeds (Irvingia gabonensis). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48:2391-2394.

TANILGAN, K., OZCAN, M. M., and UNVER, A., 2007. Physical and chemical characteristics of five Turkish olive (Olea europea L.) varieties and their oils. Grasas y Aceites, 58:142-147.

TASIOULA, M. M., and OKOGERI, O., 2001. Isolation and characterization of virgin olive oil phenolic compounds by HPLC/UV and GC-MS. Food Chemistry and Toxicology, 66:530-534.

TATICCHI, A., ESPOSTO, S., VENEZIANI, G., URBANI, S., SELVAGGINI, R., and SERVILI, M., 2013. The influence of the malaxation temperature on the

activity of polyphenoloxidase and peroxidase and on the phenolic composition of virgin olive oil. Food Chemistry, 136:975-983.

TEMIME, S. B., CAMPEOL, E., CIONI, P. L., DAOUD, D., and ZARROUK, M., 2006. Volatile Compounds from Chetoui olive oil and variations induced by grooving area. Food Chemistry, 99:315-325.

TGK, 2010. Türk Gıda Kodeksi, Zeytinyağı ve pirina yağı numune alma ve analiz metotları tebliği, Tebliğ no:2010/36.

TOKER, C., 2009. Zeytinyağında uçucu aroma bileşenlerinin oluşumu. Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi, 12:16-21.

TRIPOLI, E., GIAMMANCO, M., TABACCHI, G., DI MAJO, D., GIAMMANCO, S., and LA GUARDIA, M., 2005. The phenolic compounds of olive oil: Structure, biological activity and beneficial effects on human health. Nutrition Research Reviews, 18:98-112.

TUCK, K. L., and HAYBALL, P. J., 2002. Major phenolic compounds in olive oil: Metabolism and health effects. Journal of Nutritional Biochemistry, 13:636-644.

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. Scientica Horticulturae, 118:139-148.

TURA, D., FAILLA, O., BASSI, D., PEDO, S., and SERRAIOCCO, A., 2009. Environmental and seasonal influence on virgin olive (Olea europaea L.) oil volatiles in northern Italy. Scientica Horticulturae, 122:385-392.

TURA, D., FAILLA, O., BASSI, D., ATTILIO, C., and SERRAIOCCO, A., 2013. Regional and cultivar comparison of Italian single cultivar olive oils according to flavor profiling. European Journal of Lipid Science and Technology, 115:196-210.

UCEDA, M., BELTRAN, G., and JIMENEZ, A., 2005. Composicion del aceite (Banco de Germoplasma de Córdoba), in Rallo L, Barranco D, Caballero J, Martín A, Del Río C, Tous J, Trujillo I. (Eds) Las Variedades de Olivo

Cultivadas en Espana, Libro II.Variabilidad y Selección. Junta de Andalucía, MAPA and Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, Spain, 365-372.

ULLRICH, F., and GROSCH, W., 1987. Identification of the most intense odor compounds formed during autoxidation of linoleic acid. Zeitschrift fuer Lebensmittel-Untersuchung und-Forschung, 184:277-282.

VAN RUTH, S. M., ROOZEN, J. P., and POSTHUMUS, M. A., 1995. Instrumental and sensory evaluation of the flavour of dried french beans (Phaseolus vulgaris) influenced by storage conditions. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 69:1909-1914.

VAN RUTH, S. M., 2001. Methods for gas chromatography-olfactometry: a review. Biomolecular Engineering, 17:121-128.

VEKIARI, S. A., OREOPOULOU, V., KOURKOUTAS; Y., KAMOUN, N., MSALLEM, M., PSIMOULI, V., and ARAPOGLU, D., 2010. Characterization and seasonal variation of the quality of virgin olive oil of the Throumbolia and Koroneiki varieties from Southern Greece. Grasas y Aceites, 61:221-231.

VENE, K., SEISONEN, S., KOPPEL, K., LEITNER, E., and PAALME, T., 2013. A method for GC-olfactometry panel training. Chemosensory Perception, 6:179-189.

VICHI, S., PIZZALE, L., CONTE, L. S., BUXADERAS, S., and LOPEZ-TAMAMES, E., 2003. Solid phase mikroextraction in the analysis of virgin olive oil volatile fraction: Characterization of virgin olive oils from two distinct geographical areas of Northern Italy. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51:6572-6577.

VICHI, S., GUADAYOL, J. M., CAIXACH, J., TAMAMES, E. L., and BUXADERAS, S., 2006. Monoterperne and sesquiterpene hydrocarbons of virgin olive oil by headspace solid-phase microextraction coupled to gas chromatography/mass spectrometry. Journal of Chromatography A., 1125:117-123.

VICHI, S., GUADAYOL, J. M., CAIXACH, J., TAMAMES, E. L., and BUXADERAS, S., 2007. Comparative study of different extraction techniques

for the analysis of virgin olive oil aroma. Food Chemistry, 105:1171-1178.

VICHI, S., ROMERO, A., TOUS, J., TAMAMES, E. L., and BUXADERAS, S. 2008. Determination of volatile phenols in virgin olive oils and their sensory significance. Journal of Chromatography A, 1211:1-7.

VILA, D. H., MIRA, J. H., LUCENA, R. B., and RECAMELAS, A. F., 1999. Optimization of an extraction method of aroma compounds in white wine using ultrasound. Talanta, 50:413-421.

VISIOLI, F., and GALLI, C., 1998. Olive oil phenols and their potential effects on human health. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46:4292-4296.

VISIOLI, F., POLI, A., and GALLI, C., 2002. Antioxidant and other biological activities of phenols from olives and olive oil. Medical Research Review, 22:65-75.

VISIOLI, F., BOGANI, P., GRANDE, S., and GALLI, C., 2005. Mediterranean food and health: Building human evidence. Journal of Physiology and Pharmacology, 56:37-49.

VOSSEN, P., 2004. Olive oil maturity index., Networked Digital Library of Theses and Dissertations.

WATERMAN, E., and LOCKWOOD, B., 2007. Active components and clinical applications of olive oil. Alternative Medicine Review,12:331-42.

WOLD, S., ESBENSEN, K., and GELADI, P., 1987. Principal component analysis. Chemom. Intell. Lab. Syst. 2:37-52.

YOUNG, I. S., and WOODSIDE, J. V., 2001. Antioxidants in health and disease. Journal of Clinical Pathology, 54:176-186.

YOUSSEF, O., GUIDO, F., ISSAOUI, M., YOUSSEF, N. B., CIONI, P. L., MOHAMED, H., DAOUD, D., and MOKHTAR, Z., 2011a. Volatile compounds and compositional quality of virgin olive oil from Oueslati variety: Influence of geographical origin. Food Chemistry, 124:1770-1776.

YOUSSEF, O., YOUSSEF, N. B., MOKHTAR, Z., and GUIDO, F., 2011b. Influence of olive storage period on volatile compounds and oil quality of two Tunisian cultivars of Olea europea, Chemlali and Chetoui. International Journal of Food Science and Technology, 46:1245-1252.

YOUSSEF, O., GUIDO, F., MOKHAR, G., NABIL, B. Y., DAOUD, D., and OKHTAR, Z., 2011c. The compositional quality and volatile compounds of samples from the blend of monovarietal olive oils cultivated in Tunisia. International Journal of Food Science and Technology, 46:678-686.

YORULMAZ, A., 2009. Türk zeytinyaglarının fenolik, sterol ve trigliserit yapılarının belirlenmesi (doktora tezi), Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara: Türkiye.

YORULMAZ, A., ERINC, H., and TEKIN, A., 2013. Changes in olive and olive oil characteristics during maturation. Journal of the American Oil Chemist' Society, 90:647-658.

ZAE, 2014, Zeytincilik Araştırma İstasyonu Müdürlüğü, http://www.zae.gov.tr.

ZAMORA, R., ALAIZ, M., and HIDALGO, F. J., 2001. Influence of cultivar and fruit ripening on olive (Olea europaea) fruit protein content, composition, and antioxidant activity. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 49:4267-4270.

ZARROUK, W., HADDADA, F. M., BACCOURI, B., OUESLATI, I., TAAMALLI, X. F., LIZZANI-CUVELIER, L., DAOUD, D., and ZARROUK, M., 2008. Characterization of virgin olive oil from Southern Tunisia. European Journal of Lipid Science and Technology, 110:81-88.

ZULLO, B. A., and CIAFARDINI, G., 2008. The olive oil oxygen radical absorbance capacity (DPPH assay) as a quality indicator. European Journal of Lipid Science and Technology, 110:428-434.

ÖZGEÇMİŞ

24/01/1973 yılında Adana/Ceyhan'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Gaziantep'te tamamladı. 1991 yılında başladığı Gaziantep Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü'nden 1996 yılında mezun oldu ve 1997 yılında Gaziantep Üniversitesi Nizip Meslek Yüksekokulu'nda öğretim görevlisi olarak çalışmaya başladı. Aynı yıl Gıda Mühendisliği Bölümü Gıda Anabilim Dalı'nda yüksek lisansa başladı ve 2001 yılında tamamladı. 2008 yılında ise Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda doktora çalışmasına başladı. Şuan Gaziantep Üniversitesi Naci Topçuoğlu Meslek Yüksekokulu'nda öğretim görevlisi olarak çalışmaya devam etmektedir. Evli ve iki çocuk annesidir.