



T. C.

SİVAS CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**LİYOFİLİZE SEMİZOTU (*PORTULACA OLERACEA L.*)
KATKILI SOĞUK SIKIM ZEYTİNYAĞLARININ DEPOLAMA
SÜRESİNCE KİMYASAL VE METABOLOMİK
BİLEŞENLERİNİN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Aleyna ÖNER POYRAZ

(20219232002)

Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ayşe Burcu AKTAŞ

SİVAS

ARALIK 2024

Aleyna ÖNER POYRAZ'ın hazırladığı ve “**LİYOFİLİZE SEMİZOTU (PORTULACA OLERACEA L.) KATKILI SOĞUK SIKIM ZEYTİNYAĞLARININ DEPOLAMA SÜRESİNCE KİMYASAL VE METABOLOMİK BİLEŞENLERİNİN BELİRLENMESİ**” adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından **GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Ayşe Burcu AKTAŞ

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi

.....

Jüri Üyesi

Doç. Dr. Meryem Göksel SARAÇ

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi

.....

Jüri Üyesi

Dr. Öğr. Üyesi Tuğba DEDEBAŞ

Afyon Kocatepe Üniversitesi

.....

Bu tez, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. Nail ALTUNAY

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

Bu tez, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Senatosu'nun 20.08.2014 tarihli ve 7 sayılı kararı ile kabul edilen Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Tez Yazım Kılavuzu (Yönerge)'nda belirtilen kurallara uygun olarak hazırlanmıştır.



*Bu tez, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (CÜBAP) Komisyonu tarafından **F-2023-694** Nolu proje kapsamında desteklenmiştir.*



Bütün hakları saklıdır.

Kaynak göstermek koşuluyla alıntı ve gönderme yapılabilir.

Aleyna ÖNER POYRAZ, 2024

Çalışma sırasında desteklerini esirgemeyen canım eşim, ailem ve değerli danışman hocama...

ETİK

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tez Yazım Kılavuzu (Yönerge)'nda belirtilen kurallara uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- ✓ Bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- ✓ Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- ✓ Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere, bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu ve atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- ✓ Bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- ✓ Tezin herhangi bir bölümünü, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi veya bir başka üniversitede, bir başka tez çalışması olarak sunmadığımı; beyan ederim.

16.12.2024

Aleyna ÖNER POYRAZ

KATKI BELİRTME VE TEŞEKKÜR

Lisans eğitimimi tamamlarken beni yüksek lisans eğitimine hevesle yönlendiren ve yüksek lisans eğitimimde her zaman yanımda olarak bana esin kaynağı olan, benimle birlikte benim kadar çaba gösteren desteğini esirgemeyen değerli hocam Doç. Dr. Ayşe Burcu AKTAŞ'a,

Çalışmalarım sırasında bana destek olan ve yardımını esirgemeyen sevgili arkadaşım Gıda Yüksek Mühendisi Büşra VURAL'a,

Hayatımın her alanında ömürlerini ben ve kardeşlerimin yanında olmaya adanmış biricik aileme,

Hayatıma girdiğinden bu yana yanımda olan ve eğitim hayatımı destekleyen sevgili eşime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (CÜBAP) Komisyonu tarafından **F-2023-694** Nolu proje kapsamında desteklenmiştir.

ÖZET

LİYOFİLİZE SEMİZOTU (*PORTLUCA OLERACEA L.*) KATKILI SOĞUK SIKIM ZEYTİNYAĞLARININ DEPOLAMA SÜRESİNCE KİMYASAL VE METABOLOMİK BİLEŞENLERİNİN BELİRLENMESİ

Aleyna ÖNER POYRAZ

Yüksek Lisans Tezi

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Ayşe Burcu AKTAŞ

2024, 106+XVI sayfa

Zeytinyağlarının depolama sırasında içeriklerinde bulunan majör ve minör bileşenlerinin korunması önemli bir konudur. Bu yüksek lisans tezinin amacı, soğuk sıkım zeytinyağlarının liyofilize semizotu ile katkılandırılarak depolanması ve depolama süresince metabolomik ve kimyasal bileşenlerindeki değişimlerin incelenmesidir. Bu amaçla, zeytinyağı tipi (Gemlik, Trilye, Domat), liyofilize semizotu oranı (%1-2) ve depolama süresi (0-3-6-9-12 ay) faktör olarak düşünülerek bir faktöriyel deneme deseni oluşturulmuştur. Bu deneme desenine göre 30 farklı zeytinyağı örnekleri +4 °C’de depolanmıştır. Deneme deseninde belirtilen aylarda zeytinyağı örneklerinin metabolomik bileşenleri, yağ asitleri profilleri, toplam fenolik madde miktarları, toplam antioksidan kapasite değerleri, peroksit sayısı ve serbest yağ asitliği yüzdeleri belirlenmiştir. Aynı işlemler liyofilize semizotu içermeyen kontrol grubu zeytinyağlarına da uygulanmıştır. Varyans analizi sonuçları seçilen tüm faktörlerin zeytinyağlarının kimyasal ve metabolomik özelliklerini etkilediğini göstermektedir. Metabolomik verilerle oluşturulan temel bileşenler analizi zeytinyağlarının, zeytinyağı tipine göre gruplandığını belirtmektedir. Elde edilen bulgular, kimyasal ve metabolomik bileşenlerin iyileştirilmesi açısından zeytinyağlarının %1 oranında liyofilize semizotu ile katkılandırılarak en fazla 6 ay süreyle depolanmasının uygun olabileceğini işaret etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Metabolomikler, Soğuk sıkım zeytinyağı, Q-ToF- LC MS, Yağ asitleri, Semizotu

ABSTRACT

DETERMINATION OF CHEMICAL AND METABOLOMIC COMPONENTS OF COLD-PRESSED OLIVE OILS FORTIFIED WITH LYOPHILIZED PURSLANE (*PORTULACA OLERACEA L.*) DURING STORAGE

Aleyna ÖNER POYRAZ

Master of Science Thesis

Department of Food Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ayşe Burcu AKTAŞ

2024, 106+XVI pages

One of the most significant characteristics of olive oil quality is the preservation of major and minor components throughout storage. Therefore, more attention should be given to the maintenance of the quality properties of olive oils during storage. The objective of this master thesis was to store cold-pressed olive oils fortified with lyophilized purslane and to analyze the changes in their metabolomics and chemical components throughout storage. For this purpose, a factorial design was created by considering olive oil type (Gemlik, Trilye, Domat), lyophilized purslane ratio (1-2%) and storage time (0-3-6-9-12 months) as factors. According to experimental design, 30 different olive oils were stored at +4 °C. The metabolomics, fatty acid percentages, total phenolic content, total antioxidant capacity, peroxide and free fatty acid values of olive oil samples were determined. The same procedures were performed to the olive oil samples lacked with lyophilized purslane as control groups. The variance analysis demonstrated that the chosen factors had impacts on the metabolomic and chemical properties of the olive oils. The principal component analysis constructed by metabolomic data showed that the olive oils are categorized according to olive oil type. Fortification with lyophilized purslane at a ratio of 1% could be appropriate since olive oils are stored up to six months in order to sustain their chemical and metabolomic characteristics.

Keywords: Metabolomics, Cold pressed olive oil, Q-ToF- LC MS, Fatty acids, Purslane

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET.....	viii
ABSTRACT	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xv
KISALTMALAR DİZİNİ	xvi
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	3
2.1 Zeytin Meyvesi	3
2.2 Zeytinyağı	5
2.3 Zeytinyağı Üretim Yöntemleri.....	9
2.3.1 Klasik Yöntem	10
2.3.2 Modern Yöntem	10
2.3.3 Zeytinyağı Üretim Aşamaları.....	10
2.3.3.1 Zeytinlerin Temizlenmesi ve Yıkanması	11
2.3.3.2 Kırma İşlemi	11
2.3.3.3 Yoğurma İşlemi.....	12
2.3.3.4 Yağ ve Karasuyun Ayrılması.....	12
2.3.3.5 Zeytinyağının Filtrasyonu	14
2.4 Zeytinyağı Çeşitleri.....	14
2.4.1 Naturel Zeytinyağları	15
2.4.1.1 Naturel Sızma Zeytinyağları	15
2.4.1.2 Naturel Birinci Zeytinyağları	15
2.4.2 Rafine Zeytinyağları	15
2.4.3 Riviera Zeytinyağları	15
2.5 Semizotu Bitkisi	16

2.6	Metabolomik ve Foodomik Kavramları.....	16
2.7	Metabolomik Analiz Yöntemleri ve Kullanılan Cihazlar	19
2.8	Temel Bileşenler Analizi.....	20
3.	MATERYALLER VE YÖNTEMLER.....	21
3.1	Materyaller	21
3.2	Liyofilize Semizotu Katkılı Zeytinyağlarının Hazırlanması.....	21
3.3	Yöntemler.....	23
3.3.1	Zeytinyağlarının Metabolomik Bileşenlerinin Belirlenmesi.....	23
3.3.2	Zeytinyağlarının Yağ Asidi Profillerinin Belirlenmesi.....	24
3.3.3	Zeytinyağlarının Toplam Antioksidan Kapasite Değerlerinin Belirlenmesi	25
3.3.4	Zeytinyağlarının Toplam Fenolik Madde Miktarlarının Belirlenmesi ..	25
3.3.5	Zeytinyağlarının Serbest Yağ Asitliği Tayini	26
3.3.6	Zeytinyağlarının Peroksit Sayısı Tayini.....	26
3.3.7	İstatistiksel Analizler.....	27
4.	BULGULAR VE TARTIŞMA.....	28
4.1	Zeytinyağı Örneklerinin Toplam Fenolik Madde İçerikleri.....	28
4.2	Zeytinyağı Örneklerinin Toplam Antioksidan Kapasite Değerleri.....	32
4.3	Zeytinyağı Örneklerinin Serbest Yağ Asitliği Değerleri	36
4.4	Zeytinyağı Örneklerinin Peroksit Sayısı Değerleri	38
4.5	Zeytinyağı Örneklerinin Yağ Asidi Profilleri	44
4.6	Zeytinyağı Örneklerinin Metabolomik Bileşenleri	53
4.6.1	Zeytinyağı Örneklerinin Fenolik Alkol İçerikleri	54
4.6.2	Zeytinyağı Örneklerinin Fenolik Asit İçerikleri	59
4.6.3	Zeytinyağı Örneklerinin Sekoiridoit İçerikleri.....	63
4.6.4	Zeytinyağı Örneklerinin Flavonoid İçerikleri	70
4.6.5	Zeytinyağı Örneklerinin Lignan İçerikleri	75

4.6.6	Zeytinyağı Örneklerinin Sterol İçerikleri.....	78
4.7	Zeytinyağı Örneklerinin Temel Bileşenler Analizi.....	86
5.	TARTIŞMA VE SONUÇ	89
	KAYNAKLAR	91
	ÖZGEÇMİŞ.....	106



ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2. 1 Zeytinyağı Üretim Aşamaları	11
Şekil 2. 2 Dekantör	13
Şekil 4.1 Trilye Zeytinyağlarının TFM İçerikleri	29
Şekil 4.2 Gemlik Zeytinyağlarının TFM İçerikleri	30
Şekil 4.3 Domat Zeytinyağlarının TFM İçerikleri	30
Şekil 4.4 Zeytinyağlarının TFM Değerleri Üzerine Seçilen Faktörlerin Temel Etki Grafikleri	31
Şekil 4.5 Zeytinyağlarının TFM Değerleri Üzerine Faktörlerin (Liyofilize Semizotu-Zeytinyağı Tipi) İnteraksiyon Grafiği	32
Şekil 4.6 Gemlik Zeytinyağlarının TAK Değerleri	33
Şekil 4.7 Trilye Zeytinyağlarının TFM Değerleri	34
Şekil 4.8 Domat Zeytinyağlarının TAK Değerleri	34
Şekil 4. 9 Zeytinyağlarının TAK Değerleri Üzerine Faktörlerin Temel Etki Grafikleri	35
Şekil 4.10 Zeytinyağlarının TAK Değerleri Üzerine Faktörlerin (Liyofilize Semizotu Oranı-Depolama Süresi) İnteraksiyon Grafikleri	36
Şekil 4. 11 Gemlik Zeytinyağlarının SYA Yüzdeleri	37
Şekil 4. 12 Trilye Zeytinyağlarının SYA Yüzdeleri	37
Şekil 4.13 Domat Zeytinyağlarının SYA Yüzdeleri	37
Şekil 4.14 Zeytinyağlarının SYA Değerleri Üzerine Faktörlerin Temel Etki Grafikleri	38
Şekil 4.15 Gemlik Zeytinyağlarının PS Değerleri	39
Şekil 4.16 Trilye Zeytinyağlarının PS Değerleri	40
Şekil 4.17 Domat Zeytinyağlarının PS Değerleri	40
Şekil 4.18 Zeytinyağlarının PS Değerleri Üzerine Faktörlerin (Depolama Süresi-Liyofilize Semizotu Oranı) İnteraksiyon Grafiği	41
Şekil 4.19 Zeytinyağlarının PS Değerleri Üzerine Faktörlerin (Zeytinyağı Tipi-Depolama Süresi) İnteraksiyon Grafiği	41
Şekil 4.20 Gemlik Zeytinyağlarının MUFA Yüzdeleri	45
Şekil 4.21 Gemlik Zeytinyağlarının PUFA Yüzdeleri	46
Şekil 4.22 Gemlik Zeytinyağlarının SFA Yüzdeleri	46
Şekil 4.23 Trilye Zeytinyağlarının MUFA Yüzdeleri	47
Şekil 4.24 Trilye Zeytinyağlarının PUFA Yüzdeleri	47
Şekil 4.25 Trilye Zeytinyağlarının SFA Yüzdeleri	47
Şekil 4.26 Domat Zeytinyağlarının MUFA Yüzdeleri	48
Şekil 4.27 Domat Zeytinyağlarının PUFA Yüzdeleri	48
Şekil 4.28 Domat Zeytinyağlarının SFA Yüzdeleri	48
Şekil 4.29 Zeytinyağlarının MUFA Değerleri Üzerine Zeytinyağı Tipinin Temel Etki Grafiği	49
Şekil 4.30 Zeytinyağlarının PUFA Değerleri Üzerine Liyofilize Semizotu Oranının Temel Etki Grafiği	50
Şekil 4. 31 Zeytinyağlarının TFA Değerleri Üzerine Depolama Süresinin Temel Etki Grafiği	50
Şekil 4. 32 Zeytinyağı Örnekleri İçin Q-TOF/LCMS Cihazından Elde Edilen Bir Kromatogram	54
Şekil 4.33 Gemlik Zeytinyağlarının Hidroksitirozol Yüzdeleri	55

Şekil 4.34 Gemlik Zeytinyağlarının Tirozol Yüzdeleri	56
Şekil 4.35 Trilye Zeytinyağlarının Tirozol Yüzdeleri	56
Şekil 4.36 Domat Zeytinyağlarının 3,4-DHPEA-AC Yüzdeleri	57
Şekil 4.37 Zeytinyağlarının TFAL Değerleri Üzerine Depolama Süresinin Temel Etki Grafiği	58
Şekil 4.38 Zeytinyağlarının TFAL Değerleri Üzerine Liyofilize Semizotu Oranının Temel Etki Grafiği	58
Şekil 4.39 Zeytinyağlarının TFAL Değerleri Üzerine Zeytinyağı Tipinin Temel Etki Grafiği	59
Şekil 4.40 Zeytinyağlarının TFAS Değerleri Üzerine Zeytinyağı Tipinin Temel Etki Grafiği	60
Şekil 4.41 Gemlik Zeytinyağlarının 4-DHPEA-EDA Yüzdeleri.....	64
Şekil 4.42 Trilye Zeytinyağlarının Aflad (A), P-HPEA-EA(B), Ligstrosit (C) Yüzdeleri	65
Şekil 4.43 Gemlik Zeytinyağlarının Elenolik Asit Yüzdeleri.....	66
Şekil 4.44 Zeytinyağlarının TS Değerleri Üzerine Zeytinyağı Tipinin Temel Etki Grafiği	67
Şekil 4.45 Gemlik Zeytinyağlarının Luteolin Yüzdeleri	70
Şekil 4.46 Domat Zeytinyağlarının Luteolin Yüzdeleri	71
Şekil 4.47 Trilye Zeytinyağlarının Luteolin Yüzdeleri.....	71
Şekil 4.48 Gemlik Zeytinyağlarının Apigenin Yüzdeleri	72
Şekil 4.49 Trilye Zeytinyağlarının Apigenin Yüzdeleri	72
Şekil 4.50 Domat Zeytinyağlarının Apigenin Yüzdeleri	73
Şekil 4.51 Zeytinyağlarının TFL Değerleri Üzerine Depolama Süresinin Temel Etki Grafiği	74
Şekil 4.52 Zeytinyağlarının TFL Değerleri Üzerine Liyofilize Semizotu Oranının Temel Etki Grafiği	74
Şekil 4.53 Zeytinyağlarının TFL Değerleri Üzerine Seçilen Faktörlerin (Depolama Süresi-Zeytinyağı Tipi) Etkileşim Grafiği	75
Şekil 4.54 Gemlik Zeytinyağlarının 1-Asetoksinopinoresinol Yüzdeleri	76
Şekil 4.55 Trilye Zeytinyağlarının 1-Asetoksinopinoresinol Yüzdeleri.....	76
Şekil 4.56 Domat Zeytinyağlarının 1-Asetoksinopinoresinol Yüzdeleri.....	76
Şekil 4.57 Gemlik Zeytinyağlarının B-Sitosterol Yüzdeleri.....	78
Şekil 4.58 Domat Zeytinyağlarının B-Sitosterol Yüzdeleri.....	79
Şekil 4.59 Trilye Zeytinyağlarının B-Sitosterol Yüzdeleri.....	79
Şekil 4.60 Domat Zeytinyağlarının Stigmasterol Yüzdeleri.....	80
Şekil 4.61 Domat Zeytinyağlarının Kampesterol Yüzdeleri.....	80
Şekil 4. 62 Gemlik Zeytinyağlarının $\Delta 5$ -Avenasterol Yüzdeleri.....	81
Şekil 4.63 Domat Zeytinyağlarının $\Delta 5$ -Avenasterol Yüzdeleri.....	81
Şekil 4.64 Zeytinyağlarının TST Değerleri Üzerine Faktörlerin (Depolama Süresi-Zeytinyağı Tipi) Etkileşim Grafiği	82
Şekil 4. 65 Metabolomik Verilerle Oluşturulan TBA Modelinin Dağılım Grafiği Ve Ağırlık Düzlemi	87
Şekil 4.66 Elde Edilen Tüm Verilerle Oluşturulan TBA Modelinin Dağılım Grafiği	88

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2. 1 Zeytin Meyvesinin Bazı Özellikleri.....	3
Çizelge 3. 1 Liyofilize Semizotu Katkılı Zeytinyağlarının Hazırlanması ve Depolanması İçin Oluşturulan Deneme Deseni	22
Çizelge 3. 2 Q-TOF LC/MS Analizinde Kullanılan Cihazın Özellikleri ve Analiz Koşulları.....	24
Çizelge 3. 3 Gaz Kromatografisi Analizinde Kullanılan Cihazın Özellikleri ve Analiz Koşulları.....	25
Çizelge 4. 1 Zeytinyağı Örneklerinin Bazı Kimyasal Özellikleri.....	42
Çizelge 4. 2 Zeytinyağı Örneklerinin Baskın Yağ Asitleri Yüzdeleri	51
Çizelge 4. 3 Q-TOF/LCMS cihazı ile belirlenen zeytinyağı metabolomiklerine ilişkin bilgiler	53
Çizelge 4. 4 Zeytinyağlarında Bulunan Fenolik Alkollerin ve Fenolik Asitlerin Bağlı Yüzdeleri	61
Çizelge 4. 5 Zeytinyağlarında Bulunan Sekoiridoitlerin Bağlı Yüzdeleri.....	68
Çizelge 4. 6 Zeytinyağlarında Bulunan Lignan ve Flavonoidlerin Bağlı Yüzdeleri .	77
Çizelge 4. 7 Zeytinyağlarında Bulunan Sterollerin Bağlı Yüzdeleri	83
Çizelge 4. 8 Zeytinyağı Örneklerinin Kimyasal ve Metabolomik Bileşenleri için Oluşturulan ANOVA Çizelgesi	85

KISALTMALAR DİZİNİ

3,4-DHPEA	: Hidroksitirozol
3,4-DHPEA-AC	: Hidroksitirozol Asetat
3,4-DHPEA-EA	: Oleuropein Aglikon
3,4-DHPEA-EDA	: Elenolik Asidin Hidroksitirozole Bağlı Dialdehidik Formu
AFLAd	: Ligstrosit Aglikonun Aldehidik Formu
AFOA	: Oleuropein Aglikonun Aldehidik Formu
DAFOA	: Oleuropein Aglikonun Dialdehidik Formu
GC	: Gaz Kromatografisi
MUFA	: Tekli Doymamış Yağ Asitleri
p-HPEA	: Tirozol
p-HPEA-EA	: Ligstrosit Aglikon
PS	: Peroksit Sayısı
PUFA	: Çoklu Doymamış Yağ Asitleri
SFA	: Doymuş Yağ Asitleri
SYA	: Serbest Yağ Asitliği
TAK	: Toplam Antioksidan Kapasite
TBA	: Temel Bileşenler Analizi
TFA	: Trans Yağ Asitleri
TFAL	: Toplam Fenolik Alkoller
TFAS	: Toplam Fenolik Asitler
TFL	: Toplam Flavonoidler
TFM	: Toplam Fenolik Madde
TL	: Toplam Lignanlar
TS	: Toplam Sekoiridoitler
TST	: Toplam Steroller
Q-TOF/LCMS	: Sıvı Kromatografi Uçuş Zamanlı Kütle Spektrometresi

1. GİRİŞ

Zeytin (*Olea europaea L.*) içeriğinde bulunan fenolik bileşenler ve yağ asitleri bakımından oldukça değerli bir meyvedir. Tüm dünyada ve ülkemizde sofralık zeytine ve zeytinyağına işlenerek tüketilmektedir. Dünya zeytinyağı üretiminde ilk sırada İspanya yer alırken, ikinci önemli üretici ülke İtalya'dır. Tunus, Yunanistan ve Türkiye önemli zeytinyağı üreticisi ülkeler arasındadır. Ülkemizde Ege, Marmara, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde yağlık ve sofralık tip zeytinler üretilmektedir (Çevik vd., 2015; Kılıç, 2020).

Zeytinyağının antioksidan, antienflamatuvar, antiaterojenik, antiülser, antikanserojen, antimikrobiyal özelliklere sahip olduğu bilinmektedir. Sağlık açısından sağladığı bu faydalar içeriğinde bulunan majör (oleik asit, linoleik asit, palmitik asit, stearik asit, linolenik asit ve gliseritler) ve minör (α -tokoferol, klorofil, β -karoten, skualen, fenolik maddeler) bileşenlerden kaynaklanmaktadır. Zeytinyağının kendine özgü tat, aroma ve organoleptik özelliklerinden sorumlu olan baskın fenolik maddeler: vanilik asit, ferulik asit, oleokantal, oleokantalik asit, kafeik asit, pinoresinol, asetoksinoresinol, apigenin, luteolin, oleuropein, rutin, tirozol, hidroksitirozoldür. Omega-9 (ω -9) grubu yağ asitlerinin öncüsü olan oleik asidi yüksek miktarlarda içermesi zeytinyağının karakteristik bir diğer özelliğidir (Bayram ve Özçelik, 2012; Gündüz ve Konuşkan, 2022; Klisović vd., 2021; Termentzi vd., 2015).

Metabolomik, bir hücre veya dokuda bulunan metabolitlerin miktarlarının ölçüldüğü ve tanımlandığı bir disiplindir (Kaplan ve Çelebier, 2020). Foodomiks, gıda bileşenlerinin ve besin maddelerinin moleküler düzeyde belirlenmesi için kullanılan bir araçtır. Son zamanlarda, gıda alanındaki araştırmalar, proteomik, lipidomik, nutrigenomik, metagenomik ve transkriptomik gibi farklı omik disiplinler aracılığıyla, analitik teknikler kullanılarak devam ettirilmektedir. Metabolomik çalışmalarda lipitler, karbohidratlar, vitaminler, hormonlar ve diğer küçük molekül metabolitlerin yüksek verimli teknolojiler kullanılarak kantitatif veya kalitatif olarak saptanması amaçlanır (Balkir vd., 2021; Liu vd., 2018).

Semizotu bitkisi (*Portulaca oleracea L.*), semizotugiller (*Portulacaceae*) familyasına ait, farklı ülkelerde kültüre alınarak tarımı gerçekleştirilen bir bitkidir. Semizotu bitkisi omega 3 (ω -3), omega 6 (ω -6), ve ω -9 grupları yağ asitlerini, diğer bitkilere kıyasla daha yüksek miktarlarda içermektedir. Ayrıca fenolik bileşenler çeşitliliği ve miktarı açısından da zengin bir bitkidir. Hem fenolik bileşenlerin ve ω -3, ω -6, ω -9 yağ asitlerinin insan sağlığı ve beslenmesi üzerine olan olumlu etkileri dikkate alındığında, semizotu bitkisinin oldukça değerli bir bitki olduğu ve gıda endüstrisinde farklı kullanım alanlarının olabileceği ortaya çıkmaktadır (Bigliardi ve Galati, 2013; Konca vd., 2015; Uddin vd., 2014).

Zeytinyağının içeriğinde bulunan minör ve major bileşenlerin miktarlarının, zeytin meyvesinin hasadından başlayarak, zeytinyağı tüketimine kadar gerçekleştirilen tüm üretim ve depolama aşamalarında yeterli düzeyde tutulması gerekmektedir. Son yıllarda zeytinyağlarının depolama süresi boyunca kalite parametrelerinin korunması ve raf ömrünün uzatılmasına yönelik çalışmalar artmaktadır. Bu çalışmalarda, zeytinyağının bileşiminde bulunan yağ asitlerinin ve fenolik bileşenlerin miktarlarının korunması hedeflenmektedir. Zeytinyağlarının depolama süresince kalite özelliklerinin korunması için uygun depo neminin, atmosfer gazı ve sıcaklığının belirlenmesi, şişelemede farklı inert gazların kullanılması, yeni ambalajlama yöntemlerinin geliştirilmesi gibi ekonomik gideri yüksek çalışmalar yapılmaktadır. Ancak, zeytinyağlarının fenolik bileşenler ve yağ asitlerince zengin doğal bitkilerle katkılandırılarak depolandığı çalışmalar çok yetersizdir. Güncel literatürde, zeytinyağının liyofilize semizotu bitkisiyle katkılandırılarak depolandığı bir çalışma bulunmamaktadır. Bu yüksek lisans tezinde dondurularak kurutulmuş semizotu bitkisinin farklı oranlarda soğuk sıkım zeytinyağlarına ilave edilerek, zeytinyağlarının depolama süresince metabolomik ve kimyasal bileşenlerindeki değişimlerin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, liyofilize semizotu bitkisi soğuk sıkım yöntemiyle üretilen 3 farklı çeşitteki zeytinyağlarına (Gemlik, Domat, Trilye) farklı oranlarda (%1-2) ilave edilmiştir. Bu yağlar 12 ay boyunca +4 °C’de depolanarak belirli aralıklarla (0-3-6-9-12 ay) kimyasal ve metabolomik bileşenlerindeki değişimler tespit edilmiştir. Kontrol grupları olarak, liyofilize semizotu içermeyen zeytinyağlarının da depolama süresi boyunca kimyasal ve metabolomik bileşenleri analiz edilmiştir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1 Zeytin Meyvesi

Zeytin meyvesi %1,5-3,5 oranında meyve kabuğu (epikarp), %66-85 oranında meyve eti (mesokarp) ve %13-30 oranında meyve çekirdeği (endokarp) olmak üzere başlıca 3 tabakadan oluşmaktadır (Çizelge 2.1.). Zeytin meyvesinin bileşimini %50-60 su, %18-25 yağ, %1,5-2 protein, %5-6 selüloz, %2-6 şeker ve farklı mineraller kapsamaktadır. Zeytin meyvesi fenolik bileşenler, tokoferoller, hidrokarbonlar ve steroller açısından zengin kompozisyona sahiptir (Küçük ve Adabalı, 2024).

Çizelge 2. 1 Zeytin Meyvesinin Bazı Özellikleri (Boskou, 2015)

Fiziksel özellikler		Besin madde içerikleri (%)	
Dane ağırlığı, g	2-12	Su	50-60
Çekirdek oranı (%)	13-30	Yağ	18-25
Meyve eti oranı (%)	66-85	Protein	1,5-2
Meyve kabuğu (%)	1,5-3,5	Selüloz	5-6
		Şeker	2-6
		Mineraller	1,5

Zeytin meyvesi irilik, meyve eti-çekirdek oranı, salamura uygunluğu, %yağ oranı ve %kuru madde miktarı dikkate alınarak sofralık ve yağlık zeytin olarak değerlendirilmektedir (Cankurt vd., 2011). Sofralık zeytinler meyve iriliği ve renk özelliklerine göre, yağlık zeytinler ise %yağ oranı ve %kuru madde oranına sınıflandırılmaktadırlar (Bayramer, 2015; Kara, 2021). %30 ve üzeri oranlarda yağ içeren zeytinler zeytinyağı üretiminde, %20 ve altında yağ içeren zeytinler ise sofralık zeytin üretiminde kullanılmaktadır. Bazı durumlarda ise %20-30 oranında yağ içeren zeytinler hem sofralık zeytin hem de zeytinyağı üretimlerinde değerlendirilmektedir (Sevim vd., 2016).

Zeytin meyvesinin içeriğinde bulunan yağ asitleri, pigmentler ve fenolik bileşikler zeytinin türüne, hasat ve sulama koşullarına, iklimsel parametrelere ve meyvenin yetiştirildiği bölgeye göre değişkenlik göstermektedir (Canik vd., 2020). Zeytin tipi,

özellikle zeytinyağının kimyasal kompozisyonunu etkileyen en önemli parametredir. Zeytin çeşidine göre meyvenin yağ oranı ve fenolik bileşenler kompozisyonu ciddi farklılıklar göstermektedir. Zeytinyağlarının coğrafi bölgelere göre işaretlenmesinin amaçlandığı çalışmalarda, zeytinin yetiştirildiği bölgeye ve zeytin tipine bağlı olarak fenolik bileşenler ve yağ asidi profillerinin ciddi farklılıklar gösterdiği ortaya çıkarılmıştır (Aslan, 2023; Bayyigit, 2023; Kara vd., 2018; Oğraş vd., 2016; Sevim vd, 2016). Ayrıca genç zeytin ağaçlarından elde edilen zeytinlerden üretilen zeytinyağlarının, asırlık yaştaki zeytin ağaçlarından elde edilen zeytinyağlarına kıyasla daha düşük oranlarda fenolik maddeler içerdiği yapılan bir araştırma ile tespit edilmiştir (İsmaili vd., 2019). Hava sıcaklıklarının yüksek olduğu bölgelerde hasat edilen zeytinyağlarının oleik asit yüzdelerinin nispeten daha yüksek olduğu saptanmıştır (Sevim vd., 2022). Lübnan'ın farklı bölgelerinde yetiştirilen zeytinlerden elde edilen zeytinyağlarının kimyasal profillerinin, yetiştirilme bölgelerine göre değişen hava sıcaklığı farklılıklarından önemli ölçüde etkilendikleri gözlemlenmiştir (El Chami vd., 2023).

Zeytin hasadı genellikle Ekim-Kasım ayları arasında tamamlanmaktadır. Yağlık zeytinlerin hasat sezonunun sonlarına doğru hasat edilmesi yağ verimi açısından daha uygundur. Hava sıcaklıklarının düşmesi, gece-gündüz arası sıcaklık farkının oluşması ve yağış miktarının etkisiyle zeytin meyvesinin yağ sentezi artmaktadır. Erken hasat zeytinyağları fenolik bileşenler açısından zengin olmakla birlikte, bu tip zeytinyağlarının yağ verimi nispeten daha düşüktür (Caruso vd., 2014). Geç hasat edilen zeytinlerden elde edilen zeytinyağlarında ise serbest yağ asitliği değerlerinin yüksek olması, renk değerlerinde farklılıklar, aroma bileşenlerinde değişimler gibi farklı kalite problemleri ortaya çıkmaktadır (Özen ve Mutlu, 2019). Hasat zamanının Ayvalık, Erkence ve Memecik tipi zeytinyağlarının kalite parametreleri üzerine olan etkisinin incelendiği bir çalışmada, Kasım ayının yağ verimi açısından en uygun hasat ayı olduğu ileri sürülmüştür. Hasadın ilerleyen aylarda sonlandırılmasının ise zeytinyağlarının yağ verimi ve bazı kalite özellikleri üzerinde olumsuz etkiler yarattığı gözlemlenmiştir (Topuz ve Durmuşoğlu, 2012).

Ülkemizde Ege bölgesinde Ayvalık, Trilye, Çakır, Domat, Memecik; Marmara bölgesinde Gemlik, Uslu, Çelebi, Girit; Akdeniz Bölgesinde ise Beylik, Halhalı tipi

zeytinler yetiştirilmektedir (Kaya vd., 2023; Kıralan, 2010). Trilye tipi zeytin, orta irilikte ve yaklaşık %25 yağ oranına sahiptir, yağlık ve sofralık olarak değerlendirilmektedir (Bayyigit ve Acıbuca, 2023). Gemlik tipi zeytinler, yine orta büyüklükte olup, meyve eti oranı daha yüksek ve %24 oranında yağ içeren zeytin tipi olarak dikkat çekmektedir (Aybaba, 2010). Domat tipi zeytinler ise %22 yağ oranına sahiptir ve iri meyve yapısı ile genellikle yeşil dolgulu sofralık zeytin üretiminde yer almaktadır (Zincircioğlu, 2018). Yapılan araştırmalar, kalite parametreleri açısından Ayvalık-Trilye tipi zeytinyağlarının, yağ verimi açısından ise Gemlik tipi zeytinyağlarının öne çıktığını göstermektedir (Meral ve Şahin, 2013).

2.2 Zeytinyağı

Zeytinyağı, zeytin meyvesinden mekanik veya fiziksel yöntemlerle elde edilen rafinasyon işlemi uygulanmaksızın tüketilebilen bitkisel bir yağdır (Kabaran, 2019). Dünya zeytinyağı üretiminde ilk sırada İspanya, ikinci sırada ise İtalya yer almaktadır. Yunanistan, Türkiye, Fas, Cezayir ve Tunus zeytinyağı üretim hacmi yüksek ülkeler arasındadır (TÜİK, 2023). Kendine özgü tadı, kokusu, aroması ve sağlık üzerine olan sayısız faydalarıyla zeytinyağı, antik çağlardan günümüze kadar yüksek oranlarda üretilmekte ve tüketilmektedir. Antikanserojen, antimikrobiyal, yaşlanma karşıtı etkileri, sinir sisteminin korunumu ve kalp hastalıklarının önlenmesi üzerine olan olumlu etkileri önceki araştırmalarla ortaya çıkarılmıştır (Bayram vd., 2012; López-Miranda vd., 2010).

Zeytinyağı kimyasal içeriğinde farklı bileşenleri bir arada bulundurmaktadır (Armutcu vd., 2013). Zeytinyağının major bileşenleri yağ asitleri ve gliseritlerden oluşurken, minör bileşenler kısmında çoğunlukla fenolik bileşenler, steroller, skualen, alifatik alkoller, aroma bileşenleri, karotenoid ve klorofil gibi pigmentler yer almaktadır (Çizelge 2.2.).

Çizelge 2.2 Zeytinyağının Kimyasal Kompozisyonu (Armutcu vd., 2013)

Majör Bileşenler (%98)	Minör Bileşenler (%2)
Yağ Asitleri	α -Tokoferol
Oleik Asit	<u>Steroller</u>
Linoleik Asit	β -Sitosterol
Palmitik Asit	Campesterol
Stearik Asit	<u>Hidrokarbonlar</u>
Linolenik Asit	Skualen
Gliseritler	β -Karoten
	<u>Triterpenoik Alkoller</u>
	<u>Alifatik Alkoller</u>
	<u>Fosfolipitler</u>
	<u>Renk Bileşenleri</u>
	Klorofiller
	Feofitinler
	<u>Aroma Bileşenleri</u>
	<u>Fenolik Bileşenler</u>
	Fenolik asit ve türevleri (koumarik asit, gallik asit, kafeik asit vb.)
	Fenolik Alkoller (tirozol, hidroksitirozol vb.)
	Sekoiridoidler (oleuropein, elenoik asit vb.)
	Lignanlar (pinoresinol, asetoksipinoresinol vb.)
	Flavonoidler (apigenin, luteolin vb.)

Zeytinyağında bulunan baskın yağ asitleri oleik asit (C18:1), palmitik asit (C16:0), stearik asit (C18:0), linoleik asit (C18:2n6), palmitoleik asit (C16:1), linolenik asit (C18:3n6) yağ asitleridir (Lopez vd., 2021). Tekli doymamış yağ asidi olan oleik asit aynı zamanda ω -9 grubu yağ asitleri arasında yer almaktadır (Bayram ve Özçelik, 2012). Oleik asidin zeytinyağında yüksek oranlarda bulunması zeytinyağının önemli karakteristik özelliklerinden birisidir (Bermudez vd., 2011). Oleik asit zeytinyağında bulunan yağ asitlerinin yaklaşık %70-80'ini oluşturmaktadır (Lopez vd., 2021). Zeytin çeşidine bağlı olarak zeytinyağlarının oleik asit miktarları değişkenlik göstermektedir (Serrano vd., 2021). Yapılan bir araştırmada oleik asit miktarı, Gemlik tipi zeytinyağlarında %72,6, Trilye tipi zeytinyağlarında %71,5, Domat tipi zeytinyağlarında %60,1, Halhalı tipi zeytinyağlarında %69,8 olarak bulunmuştur (Dağ vd., 2015). Doymuş bir yağ asidi olan palmitik asidin, Hatay'da üretilen zeytinyağlarında %9,1-20 oranlarında bulunduğu tespit edilmiştir (Didin vd., 2021). Genel olarak zeytinyağlarında, çoklu doymamış yağ asidi olan linoleik asit %0,5-3,5,

tekli doymamış yağ asitlerinden olan palmitoleik asit ise %0,5-1,5 gibi düşük aralıklarda bulunmaktadır (Armutcu vd., 2013).

Zeytinyağının minör bileşenleri olan fenolik bileşikler, zeytinyağlarının kalite ve duyusal parametreleri üzerinde karakteristik özellikler yaratırlar. Fenolik bileşikler, zeytinyağlarının kendilerine özgü buruk tadından ve keskin kokusundan sorumludur. Bu bileşenler zeytinyağına antimikrobiyal, antialerjenik, antioksidatif özellikler kazandırır. Fenolikler, yağların oksidatif stabilitesini iyileştirerek zeytinyağlarının raf ömrünün daha uzun olmasına katkı sağlamaktadırlar (Morales ve Przybylski, 2013; Parkinson ve Cicerale, 2016).

Zeytin meyvesine acılık tadını veren bileşen oleuropein olarak bilinen fenolik bileşiktir. Oleuropein zeytinyağlarında daha düşük konsantrasyonlarda ve farklı türev formlarında bulunmaktadır (Irmak vd., 2010). Oleuropein, olgunlaşma periyodu sırasında hidrolize uğrayarak hidroksitirozol ve tirozol bileşenlerine dönüşmektedir. Oleuropein polar yapıya olduğu için zeytinyağlarında bulunma miktarı azalmaktadır (Franco vd., 2014). Araştırmalara göre zeytinyağlarında oleuropein ortalama %0,005-2 aralığında bulunmaktadır (Ötleş ve Özyurt, 2012). Ege bölgesi zeytinyağlarının oleuropein miktarlarının ortalama 1,26- 19,5 mg/kg arasında değiştiği saptanmıştır (Kara vd., 2018). 3 farklı tipteki İtalyan zeytinyağlarının oleuropein miktarları ise Sinopelese tipi zeytinyağlarında 0,03-0,21 mg/kg, Roggianella tipi zeytinyağlarında 0,1-0,7 mg/kg, Ottobracita tipi zeytinyağlarında 0,01-0,5 mg/kg değerlerinde tespit edilmiştir (Sicari, 2017).

Hidroksitirozol, oleuropeinin hidrolize olması ile ortaya çıkan bir fenolik bileşiktir. Zeytinyağlarının üretimi sırasında miktarında artışlar olduğu gözlemlenmiştir. Bu bileşen zeytinyağlarının oksidatif stabilitelerinin ve aroma özelliklerinin iyileştirilmesinde önemli rol oynamaktadır (Servili vd., 2013). İklimsel faktörlerin yanı sıra seçilen proses teknikleri hidroksitirozolün zeytinyağlarındaki miktarlarının değişimine neden olmaktadır. Mardin’de yetiştirilen Gemlik tipi zeytinlerden elde edilen zeytinyağındaki hidroksitirozol miktarı 2-5,5 mg/kg olarak bulunmuştur (Bayyığıt, 2023). Nizip ve Mardin çevresinde üretilen zeytinyağlarının fenolik bileşenler miktarlarının incelendiği bir çalışmada, Derik Halhalı çeşidinde 11,9 mg/kg,

Nizip çeşidinde ise 8,9-16,1 mg/kg hidroksitirozol bulunduğu saptanmıştır (Aslan, 2023). Ege bölgesi zeytinyağlarının hidroksitirozol miktarlarının ortalama 0,02-1,62 mg/kg aralığında değiştiği ortaya çıkarılmıştır (Kara vd., 2018). Hırvatistan'a ait zeytinyağlarında ise bu değer 1,64-2,49 mg/kg oranlarında değişmektedir (Brala vd., 2015). Tirozol, tıpkı diğer fenol bileşikler gibi zeytinyağının duyuusal özelliklerini iyileştirirken, aynı zamanda antioksidan madde olarak görev yapmaktadır (Pedan vd., 2019). İspanyol zeytinyağlarının 2,23-8,44 mg/kg oranlarında tirozol içerdiği tespit edilmiştir (Flores vd., 2012). Ege bölgesi zeytinyağlarının tirozol miktarları ortalama 1,80-13 mg/kg değerleri arasında değişmektedir (Kara vd., 2018). Frantoio tipi İtalyan zeytinyağında tirozol miktarı 0,01-3,15 mg/kg aralığında saptanmıştır (Rizwan vd., 2019).

Kafeik asit, vanilik asit, p-kumarik asit, sinnamik asit ise zeytinyağlarında bulunan baskın fenolik asitlerdir. Mardin'de yetiştirilen Gemlik tipi zeytinlerden elde edilen zeytinyağındaki kafeik asit miktarı 0,0115-0,09 mg/kg olarak hesaplanmıştır (Bayyığıt, 2023). Ege bölgesi zeytinyağlarının kafeik asit değerleri 0,04-0,19 mg/kg aralığında, Kilis ve çevresinde yetişen endemik zeytinyağlarının kafeik asit miktarları ise 0,05-0,22 mg/kg değerlerinde saptanmıştır (Kara vd., 2018; Oğraş vd., 2016). Hırvatistan'a ait zeytinyağlarının kafeik asit miktarları 0,08-0,21 mg/kg aralığında değişmektedir (Brala vd., 2015). Vanilik ve p-kumarik asit zeytinyağına özgü aromatik profilin önemli parçalarıdır (Sevim vd., 2016). Gemlik tipi zeytinyağlarında vanilik asit miktarlarının 0,36- 0,59 mg/kg aralığında değiştiği gözlemlenmiştir (Bayyığıt, 2023). İspanyol sızma zeytinyağlarının fenolik bileşiklerinin araştırıldığı çalışmada, vanilik asit miktarlarının ortalama 0,06-2,34 mg/kg aralığında olduğu tespit edilmiştir (Rivas vd., 2013). Vanilik asidin, Nizip ve Mardin zeytinyağlarında 0,7-2 mg/kg, Ege Bölgesi zeytinyağlarında ise 0,05-2,1 mg/kg değer aralıklarında olduğu saptanmıştır (Aslan, 2023; Kara vd., 2018). Leccino tipi İtalyan zeytinyağının 0,01-1,65 mg/kg değerlerinde vanilik asit içerdiği tespit edilmiştir (Rizwan vd., 2019). Yapılan bir çalışmada, Derik ve Halhalı çeşidi zeytinyağlarının 0,13-0,71 mg/kg, Nizip zeytinyağının ise 0,103 mg/kg p-kumarik asit içerdikleri saptanmıştır (Aslan, 2023). İspanyol zeytinyağlarının minör bileşenlerinin araştırıldığı bir çalışmada, sinnamik asidin 0,05-1,96 mg/kg aralığında bulunduğu belirlenmiştir (Rivas vd., 2013). Ege bölgesinde üretilen Gemlik ve Memecik zeytinyağlarının ortalama p-kumarik asit

miktarları 0,004-0,19 mg/kg, sinnamik asit miktarları ise 0,06- 2,23 mg/kg aralığındadır (İlyasoğlu vd., 2010).

Skualen, zeytinyağlarının oksidatif stabilitesine ve aroma özelliklerine katkıda bulunan, kolesterol biyosentezinde rol oynayan bir hidrokarbondur. Zeytinyağlarında yaklaşık olarak 2,5-9,25 mg/kg aralığında bulunmaktadır (Tsimidou, 2010). Zeytinyağının skualen içeriği diğer bitkisel yağlara göre daha yüksektir (Özdoğan ve Tunalioglu, 2017). Skualen, zeytinyağlarına uygulanan taşışın belirlenmesinde kullanılan önemli bileşenlerden birisidir (Dıraman ve Tüğen, 2022).

Klorofil ve karotenoid gibi pigmentler zeytinyağının yeşil renginin oluşturulmasında rol almaktadırlar (Sevim vd., 2016). Aynı zamanda klorofil, zeytinyağlarında fotooksidasyon reaksiyonlarının tetiklenmesine sebebiyet vermektedir (Giuliani vd., 2011). E vitamini (α -tokoferol) ise zeytinyağlarında bulunan doğal antioksidan bileşen olarak zeytinyağlarını oksidatif reaksiyonlara karşı korurken, aynı zamanda besin değerini de zenginleştirmektedir (Pérez vd., 2019). Ülkemizde üretilen bazı zeytinyağı çeşitlerinin içerdiği α -tokoferol miktarları Memecik çeşidinde 340,4 mg/kg, Gemlik çeşidinde 194,9 mg/kg, Edremit çeşidinde ise 243,1 mg/kg olarak bulunmuştur. (Sevim vd., 2016). Cuquillo tipi İspanyol zeytinyağının 165,9 mg/kg α -tokoferol içerdiği tespit edilmiştir (Ramos- Escudero vd., 2015).

2.3 Zeytinyağı Üretim Yöntemleri

Zeytinyağı rafinasyon işlemi uygulanmaksızın üretilebilen bir bitkisel yağ çeşididir. Zeytinyağı üretim aşamalarında zeytinyağının kimyasal özelliklerinin ve besin değerinin korunması amacıyla fiziksel ve mekanik yöntemler kullanılmaktadır. Günümüzde, zeytinyağı üretiminde iki farklı yöntem kullanılmaktadır:

1. Klasik (Kesikli) Yöntem
2. Modern (Sürekli ve Yarı Sürekli) Yöntem (Gülal, 2015).

2.3.1 Klasik Yöntem

Klasik yöntemde başlıca uygulanan aşama presleme işlemidir. Malaksasyon aşamasında yoğurularak uygun kıvama getirilen zeytin hamuruna pres yardımıyla baskı uygulanarak zeytin hamurundan yağ ve karasu ayrıştırılır. Yağ ve karasu karışımı ise birbirlerinden yoğunluk farkı esasına göre dekantasyon veya santrifüj yöntemleriyle ayrılır ve zeytinyağı eldesi sağlanır (Gemicioğlu, 2016).

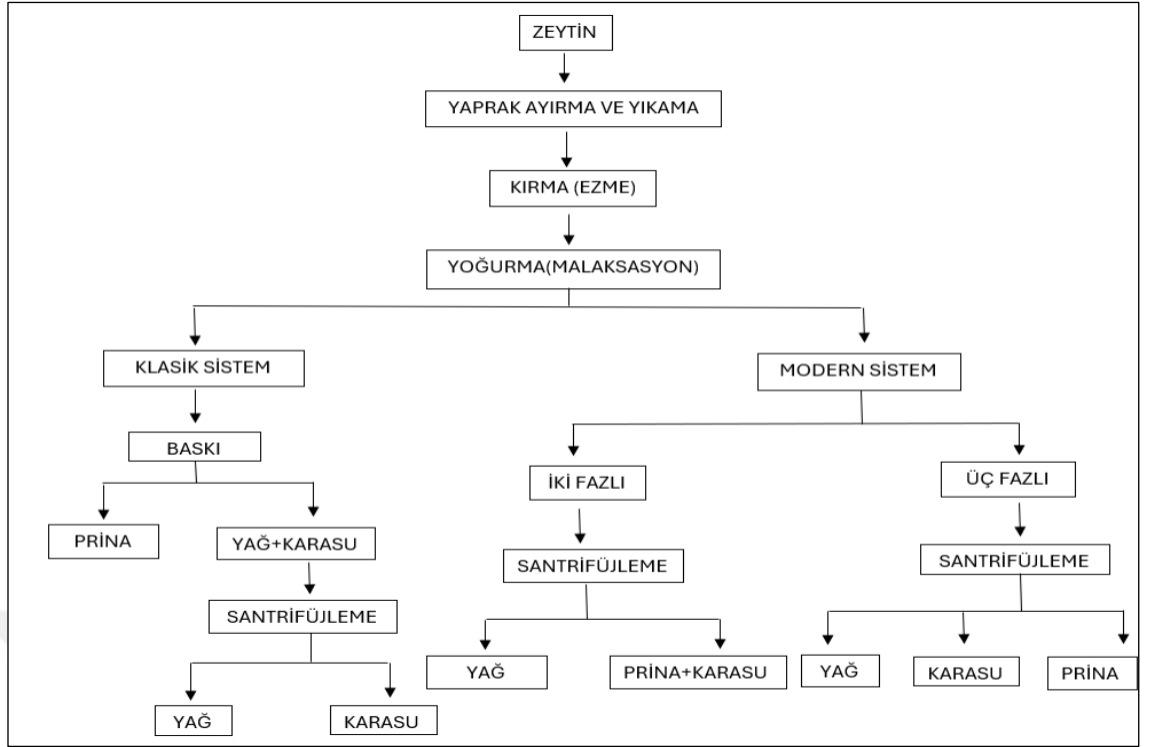
2.3.2 Modern Yöntem

Zeytinyağı üretiminde kullanılan modern yöntemler, sürekli ve yarı sürekli sistemler olarak ikiye ayrılmaktadır. Bu yöntemlerin başlıca basamağında santrifüj işlemi yer almaktadır. Zeytinyağı hamuru içerisindeki sıvılar (yağ ve karasu) merkezkaç ilkesine dayalı olarak çalışan ve yüksek hızla dönen seperatörlerde ayrıştırılır. Modern sistemle üretilen zeytinyağlarının polifenol içeriklerinin ve oksidatif stabilitelerinin nispeten daha yüksek olduğu önceki çalışmalarda gözlemlenmiştir (Gemicioğlu, 2016; Canik vd., 2020).

2.3.3 Zeytinyağı Üretim Aşamaları

Zeytinyağı üretimi 5 temel basamakla gerçekleştirilir (Şekil 2.1.).

1. Zeytinlerin yabancı maddelerden ayıklanması, temizlenmesi ve yıkanması
2. Kırma Aşaması (Ezme)
3. Yoğurma Aşaması (Malaksasyon)
4. Yağ ve Karasuyun Ayrılması Aşaması
5. Santrifüjleme İşlemi (Biçer Oymak, 2015).



Şekil 2. 1 Zeytinyağı Üretim Aşamaları (Tunç ve Ünlü, 2015)

2.3.3.1 Zeytinlerin Temizlenmesi ve Yıkınması

Zeytinyağı üretim tesisine hammadde temini sağlandıktan sonra, zeytinler taşıma bandı yardımıyla tesisin içerisine getirilir. Zeytin meyvesi haricinde yabancı madde olarak sınıflandırılan, yaprak, dal, taş-toprak parçaları, metal parçalar titreşimli sarsak makineler (elekler) tarafından ayıklanır. Zeytin meyvesi üzerinde bulunan toz, kum, taş, kir ve tarım ilacı gibi kalıntıların uzaklaştırılması için yıkama işlemi uygulanır. Yıkanan ve suyu uzaklaştırılan zeytinler tartılır ve ardından ezme işlemine gönderilir. Zeytinyağı veriminin hesaplanması ve rekoltenin belirlenmesi için ezme işlemi öncesinde tartımlar alınır (Gemicioğlu, 2016; Gharby, 2022).

2.3.3.2 Kırma İşlemi

Kırma işlemi, zeytin meyvesinin fiziksel hasara maruz bırakılarak, yağ moleküllerinin kümelenmesini ve zeytin hamurunda bulunan sıvıların hamurdan daha kolay ayrılmasını sağlayan işlemdir. Bu aşamada, klasik yöntemlerde taş değirmenler,

modern yöntemlerde ise metal kırıcılar tercih edilmektedir (Tunç ve Ünlü, 2015). Değirmen taşı ile ezilerek elde edilen hamur 4-5 °C, metal kırıcı ile elde edilen hamur ise yaklaşık 14-15°C sıcaklık aralıklarına ulaşmaktadır. Sıcaklığın yüksek olması yoğurma işlemini kolaylaştırarak yağ verimini arttırmaktadır. Yüksek sıcaklık uygulaması, zeytinyağının tat ve aroma özelliklerini iyileştirirken, aynı zamanda oksidatif reaksiyonları tetikleyebileceği için hem avantaj hem de dezavantaj yaratmaktadır. Zeytinlere uygulanan ezme işlemi yaklaşık olarak 20-30 dakika sürmektedir (Veneziani vd., 2017).

2.3.3.3 Yoğurma İşlemi

Yoğurma (malaksasyon) işlemi yağ moleküllerinin birleşerek daha büyük damlalara dönüşmesi için hamurun yavaş ve devamlı olarak karıştırılması işlemidir. Malaksasyon aşaması emülsiyon oluşumunu azaltmak amacıyla yaklaşık 30 °C’de 40-70 dakika boyunca sürdürülür. Bu aşamada yüksek sıcaklık uygulamasından ve yoğurma işlemi süresinin uzun tutulmasından kaçınılması gerekmektedir (Clodoveo, 2012).

2.3.3.4 Yağ ve Karasuyun Ayrılması

Zeytinyağı ve karasuyun birbirinden ayrılması için farklı prensiplerle çalışan 3 farklı yöntem kullanılmaktadır.

- a. Basınç Yöntemi (Presleme)
- b. Santrifüjleme İşlemi (Dekantör)
- c. Yüzey Gerilim Farkı Yöntemi (Seçici Filtrasyon) (Khdair vd., 2015).

a. Basınç Yöntemi

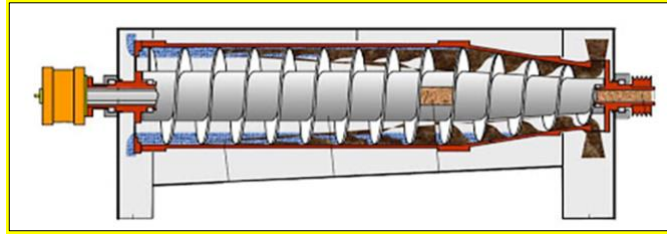
Presleme yöntemi bilinen en eski yöntemlerden birisidir. Zeytin hamuru düzgün bir biçimde torbalara istiflenir. Torbalar koko ipe, jüt kumaş veya naylon propilen iplerden elde edilen kumaşlardan üretilmektedir. Basınca dayanıklı ve kolay temizlenebilir kumaşların tercih edilmesi torbaların uzun süre kullanılmasına olanak sağlamaktadır (Gülal, 2015). Torbalar arasına yerleştirilen metal disk torbaların basınç etkisiyle

dağılmasını önlemektedir. Bu şekilde sisteme yüklenen zeytin hamuru paketlerine basınç uygulanır. Uygulanan basınç kademeli olarak arttırılır ve katı fazdan sıvı fazın ayrımı sağlanır (Bulut, 2018). Basınç yöntemi ile zeytinyağı üretiminde, işlem sıcaklığı 35-60 °C aralığında ise sıcak sıkım zeytinyağları, 25-27 °C aralığında ise soğuk sıkım zeytinyağları üretilmektedir (Clodoveo, 2012).

b. Santrifüj İşlemi

Santrifüj işlemi ile zeytinyağı eldesi, merkezkaç kuvveti ilkesine bağlı kalarak, hamur içerisindeki yağın yüksek devirde döndürülmesi yoluyla gerçekleştirilir. Bu işlem sırasında zeytin hamuruna su ilave edilir. Yağ-karasu karışımı hamurdan birlikte ayrılırken, aynı zamanda pirina elde edilir (Di Giovacchino, 2013).

Dekantör sistemleri iki fazlı ve üç fazlı olarak çalışmaktadır (Şekil 2.2). Üç fazlı proseslerde sisteme su eklenir. İşlem sonunda yağ, karasu ve pirina olmak üzere 3 farklı faz açığa çıkmaktadır. İki fazlı sistemlerde, üç fazlı sistemlere göre sisteme çok daha az su girişi olmaktadır. İşlem sonunda yağ ve karasu- pirina karışımı olmak üzere iki faz açığa çıkmaktadır (Tunç ve Ünlü, 2015).



Şekil 2.2 Dekantör

c. Yüzey Gerilim Farkı Yöntemi

Bu sistemlerde zeytinyağı elde edilirken, zeytin hamuru içerisine paslanmaz çelik bir plaka daldırılarak yağ ve karasu arasındaki yüzey gerilimi farkına bağlı olarak plakanın yüzeyi yağ ile kaplanmaktadır (Gülal, 2015). Paslanmaz çelik plakalar hamur içerisine daldırılıp çıkarılarak plakanın yüzeyinde biriken zeytinyağı damlacıklar

şeklinde toplanmaktadır. Bu nedenle bu sisteme soğuk damlama sistemi adı verilmektedir. Yüzey gerilim farkı yöntemiyle üretilen zeytinyağlarının duysal özellikleri ve besin değerleri büyük ölçüde korunmaktadır (Romeo ve Muzzalupo, 2015).

2.3.3.5 Zeytinyağının Filtrasyonu

Zeytin hamurundan farklı yöntemlerle elde edilen zeytinyağı içerisinde tortu ve su bulunmaktadır. Tortu yaratan safsızlıklar depolama süresince dibe çökerek zeytinyağından uzaklaşabilmektedir. Ancak yağın hidrolitik acılaşmasının önlenmesi ve zeytinyağının renginin daha berrak hale getirilmesi için filtrasyon işleminin uygulanması gerekmektedir. Zeytinyağının filtrasyonunda iki yöntem kullanılır:

1. Pamuk Filtreler ile Gerçekleştirilen Filtrasyon İşlemi
2. Filtre Presler ile Gerçekleştirilen Filtrasyon İşlemi (Didin vd., 2021)

Pamuk filtrelerde zeytinyağı kendi ağırlığı ile süzülürken, filtre preslerde yağ bir pompa yardımıyla süzdürülmektedir. Bu işlem sonunda eğer zeytinyağı istenen kalite özelliklerine sahipse direkt olarak ambalajlanarak satışa sunulabilir. Zeytinyağında belirli kusurlar olduğu saptandıysa rafinasyon işlemi uygulanması gerekmektedir. Rafinasyon işlemi uygulanırken zamksı maddelerin giderilmesi ve ağartma işlemi basamakları uygulanmaz. Naturel haliyle tüketilemeyecek zeytinyağlarına uygulanan rafinasyon işleminde asitlik ve koku giderilmesi basamakları gerçekleştirilir (Nas vd, 2001; Didin vd., 2021).

2.4 Zeytinyağı Çeşitleri

Türk Gıda Kodeksi'ne göre zeytinyağları 3 grupta toplanmaktadır (TGK, 2023).

1. Naturel Zeytinyağları
2. Rafine Zeytinyağları
3. Riviera Zeytinyağları

2.4.1 Naturel Zeytinyağları

Zeytin meyvesinden doğal özellikleri değiştirilmeksizin mekanik veya fiziksel yollarla elde edilen, rengi yeşilden sarıya değişebilen, berrak, tadı ve kokusu kendine özgü olan yağlar naturel zeytinyağları olarak tanımlanır. Naturel zeytinyağları 2 grup altında toplanır.

1. Naturel Sızma Zeytinyağları
2. Naturel Birinci Zeytinyağları (Özen ve Mutlu, 2019).

2.4.1.1 Naturel Sızma Zeytinyağları

Duyusal özelliklerinde belirgin bir kusur bulundurmayan, serbest yağ asitliği değeri (oleik asit cinsinden) en fazla %0,8 olan zeytinyağları naturel sızma zeytinyağı grubunda yer almaktadır. Bu tip yağlar, gastronomik olarak çoğunlukla salatalarda ve soğuk yemeklerde kullanılmaktadırlar (Özen ve Mutlu, 2019).

2.4.1.2 Naturel Birinci Zeytinyağları

Duyusal özelliklerinde az da olsa kusur bulunduran, serbest yağ asitliği değeri (oleik asit cinsinden) en fazla %2 olan zeytinyağları naturel birinci zeytinyağı grubunda yer almaktadırlar (Özen ve Mutlu, 2019).

2.4.2 Rafine Zeytinyağları

Serbest yağ asitliği değeri oldukça yüksek, tadı ve kokusu tüketime uygun olmayan zeytinyağlarına rafinasyon işlemi uygulanmaktadır. Zeytinyağlarının rafinasyonunda yağın rengini standardize etmek için ağartma işlemi, istenmeyen koku bileşenlerinin giderilmesi için deodorizasyon işlemi ve serbest yağ asitliği değerlerinin düşürülmesi için nötralizasyon işlemi uygulanmaktadır (Varlı, 2022).

2.4.3 Riviera Zeytinyağları

Riviera tipi zeytinyağları naturel ve rafine zeytinyağlarının belirli oranlarda karıştırılması yoluyla elde edilmektedir. Riviera zeytinyağları %10-20 oranında

naturel zeytinyağı ile %80-90 oranında rafine zeytinyağı karıştırılarak hazırlanmaktadır. Riviera tipi zeytinyağlarının üretiminde kullanılan naturel zeytinyağlarının serbest yağ asitliği değerinin %3'ü geçmemesi önerilmektedir. Bu tip zeytinyağları derin yağda kızartma işleminde ve sıcak yemeklerin hazırlanmasında kullanılmaktadır (Pehlivan., 2022).

2.5 Semizotu Bitkisi

Semizotu bitkisi, semizotugiller (*Portulacaceae*) familyasında bulunan yıllık bir bitkidir. İran, Güney Rusya, Hindistan ve ülkemizde kültüre alınarak tarımsal üretimi gerçekleştirilen bir bitkidir (Güngören vd., 2017). Semizotu doymamış yağ asitleri, özellikle omega grubu yağ asitleri açısından oldukça zengindir. Ayrıca fenolik bileşenler, E ve C vitaminlerini de içeriğinde bulundurmaktadır (Satkın ve Aktaş, 2024; Tunçtürk, 2013). Yapılan bir çalışmada semizotunun 100 gramında 400 mg ω -3 yağ asitlerini bulundurduğu ve aynı zamanda α -linoleik/linoleik asit oranının yüksek olduğu ortaya çıkarılmıştır (Petropoulos vd., 2015). Başka bir araştırmada, ω -3 yağ asitleri miktarı semizotu bitkisinde 3,41 mg/kg değerinde hesaplanırken, bu değer ıspanakta 0,48 mg/kg miktarında olduğu bulunmuştur (Popescu vd., 2018). Taze semizotunun içeriğindeki vitaminlerin araştırıldığı bir çalışmada, taze semizotunun 100 gramında 12,2 mg E vitamini ve 26,6 mg C vitamini bulunduğu belirlenmiştir (Masoodi vd., 2011). Semizotunun mineral ve vitamin kompozisyonunun incelendiği başka bir çalışmada ise potasyum, magnezyum, E ve C vitamin miktarları 100 g semizotu için sırasıyla 494 mg, 68 mg, 26,6 mg, 506 mg olarak tespit edilmiştir (Uddin vd., 2014). Liyofilizasyon yöntemi ile kurutulan semizotu bitkisinin toplam fenolik madde içeriğinin 145,49 mg gallik asit /100 g ve toplam antioksidan kapasite değerinin ise 137,36 μ mol Troloks/100 g olduğu saptanmıştır (Satkın ve Aktaş, 2024).

2.6 Metabolomik ve Foodomik Kavramları

Metabolomik, dokularda, hücrelerde ve fizyolojik sıvılarda bulunan karbonhidratlar, lipitler, vitaminler ve hücrelerden açığa çıkan küçük metabolitlerin yüksek teknoloji cihazlar ile saptanması ve miktar açısından değerlendirilmesini kapsayan bir disiplindir. Metabolitlerin miktarlarını saptamak, performanslarını tanımlamak,

ölçmek ve mekanizmalarını detaylandırmak amacıyla kullanılan bir disiplindir (Aktaş, 2022). Metabolomik tıp, temel bilimler, gıda ve çevre mühendisliği gibi farklı disiplinlere ait çok çeşitli bilim dallarının kullandığı bir disiplindir (Başaran vd., 2010).

Metabolomik, hedeflenmiş ve hedeflenmemiş olmak üzere iki grupta incelenir. Hedeflenmemiş metabolomik analizler, doku veya hücrede bulunan, bilinen ve bilinmeyen tüm metabolitlerin analiz edilmesidir. Bu nedenle çok sayıda metabolit grubunun nitel ve nicel tespitine odaklanır. Hedeflenmiş metabolomik analizler ise herhangi bir örnekte varlığı daha önceki araştırmalarla belirlenmiş metabolitlerin miktarlarının analiz edilmesine ağırlık vermektedir (Mozzi vd., 2013). Hedeflenmiş metabolomik analizler daha kapsamlı ve spesifik analiz gruplarını içermektedir (Ribbenstedt vd., 2018).

Foodomik, gıda ve beslenme şekline odaklanarak beslenme ve sağlık arasındaki ilişkiyi omik teknolojileri, kemometri, biyoenformatik ve biyoistatistik yoluyla açıklayan, tüketicinin sağlığını ve beslenme açısından farkındalığını arttıran bir disiplindir. İnsan sağlığı, gıda kaynakları ve gıda prosesleri foodomik disiplininin temel konuları arasındadır (Aktaş, 2022). Foodomik gerek gıda güvenliği gerekse beslenme açısından oldukça önemli bir çalışma alanıdır (Álvarez-Rivera vd., 2019). Gıdalarda bulunan metabolitlerin belirlenmesi proses ve depolama koşullarının iyileştirilmesi, hammadde kontrolü, taklit ve tağşiş durumunun tespiti, patojenlerin saptanması gibi çok farklı konuları kapsamaktadır (Alawiye ve Babalola, 2021; Li vd., 2021).

Papaya meyve çeşitlerinin GC/MS cihazı kullanılarak metabolomik bileşenlerinin araştırıldığı bir çalışmada, metabolit olarak aminoasitler, vitaminler, yağ asitleri, şeker ve şeker alkollerı tespit edilmiştir. Eksotika ve Sekaki papaya çeşitleri arasında metabolit profil açısından farklılıklar olduğu ortaya çıkarılmıştır (Sanimah ve Sarip, 2015). Kurt üzümü ekstraktı ile katkılandırılarak depolanan zeytinyağlarının metabolomik bileşenleri HPLC ve Q-TOF/MS cihazları ile saptanmıştır. 28 hafta boyunca süren depolama işlemi boyunca katkılı ve katkısız zeytinyağı örnekleri

arasında metabolomik bileşenler açısından anlamlı farklılıklar gözlemlenmemiştir (Montesano vd., 2019).

Yeşil çaya ait metabolomik bileşenlerin Nükleer Manyetik Rezonans (NMR) cihazı ile analiz edildiği bir araştırmada, bitkinin büyüme evresinde kafein, teanin ve gallik asit miktarlarında artışlar, kateşin, sakkaroz ve glikoz miktarında ise azalmalar olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen metabolomik veriler, hasat zamanının yeşil çayın kimyasal kompozisyonu üzerinde önemli etkisi olduğunu işaret etmektedir (Lee vd., 2011). Siyah çayın işlenmesi sırasında oluşan metabolomikler GC/MS cihazıyla tespit edilmiştir. Özellikle uçucu bileşenlerin siyah çayın soldurulması işleminde önemli ölçüde kaybolduğu saptanmıştır (Wu vd., 2019).

Peynirde bulunan aroma bileşenlerinin analiz edilmesi için GC-MS ve Q-TOF/LC-MS cihazları kullanılarak farklı metabolitler saptanmıştır. Yapılan çalışma sonuçları, peynirin kalite ve aroma özelliklerinin geliştirilmesi, çeşitlendirilmesi ve ürün standardizasyonunun sürdürülmesi gibi farklı açılardan önemli bilgileri açığa çıkarmıştır (Caboni vd., 2019). Büyükbaş hayvan etlerinde bulunan metabolomiklerin NMR ve GC/MS yöntemleri kullanılarak analiz edildiği bir çalışmada, kolin ve tiamin amino asitlerinin miktarlarının hayvanların yaşı ilerledikçe arttığı gözlemlenmiştir (Muroya vd., 2019). Bitkisel ve hayvansal yağlarda bulunan metabolomikler MS tandem HPLC tekniği kullanılarak analiz edilmiş ve bu yağlara uygulanan taşıyıcılar tespit edilmiştir (Ferranti, 2018). Laktasyon sürecinde, farklı hayvan sütlerinin yağ asidi profilleri GC-MS, LC-MS metabolomik yöntemleri kullanılarak belirlenmiştir (Li vd., 2020). Vietnam'da üretilen bal çeşitlerine ait metabolomikler NMR yöntemiyle tespit edilmiş, bal örneklerinin metabolit bileşenler açısından sınıflandırılması sağlanmıştır (Luong vd., 2019).

Farklı yöntemlerle üretilmiş zeytinyağlarının metabolomik bileşenlerinin LC-Q-TOF-MS cihazı ile belirlendiği bir çalışmada, naturel sızma zeytinyağlarının diğer zeytinyağlarından kimyasal açıdan farklı oldukları ortaya konulmuştur (Sales vd., 2017). İspanyol zeytinyağları ön ekstraksiyon işlemi uygulanmaksızın sadece aseton ile çözündürülerek LC-MS cihazına injekte edilmiş ve yaklaşık 21 farklı metabolomik bileşen kantitatif olarak hesaplanmıştır (Olmo-García vd., 2017). İspanya'nın 6

bölgesinden toplanan 90 adet sızma zeytinyağlarının coğrafi kökenlerine göre sınıflandırılması amacıyla yapılan bir çalışmada, 12 adet metabolomik bileşen saptanmıştır (Gil-Solsona vd., 2016). Tunus ve İtalyan zeytinyağlarının metabolomik bileşenlerinin araştırıldığı bir çalışmanın sonuçları, kolesterol ve stigmasterol türevlerinin zeytinyağları için ayırt edici belirteçler olduğunu işaret etmektedir (Mohamed vd., 2018).

2.7 Metabolomik Analiz Yöntemleri ve Kullanılan Cihazlar

Metabolomik analiz yöntemleri kromatografi, moleküler ve kütle spektroskopisi gibi analitik tekniklerle birlikte çok değişkenli veri analizleri içeren istatistik yöntemleri kapsamaktadır. Metabolomik bileşenlerin tespitinde nükleer manyetik rezonans (NMR), sıvı kromatografisi-kütle spektrometresi (LC/MS), gaz kromatografisi-kütle spektrometresi (GC/MS), gaz kromatografisi (GC/FID) ve kızılötesi spektrofotometre (IR) kullanılmaktadır (Başaran vd., 2010; Ertaş ve Şanlıer, 2014). Hedeflenmemiş metabolomik analizler, örnekteki tüm ölçülebilir metabolitleri ölçtüğünden dolayı veri karmaşıklığını azaltmak adına kemometrik analizler (çok değişkenli analiz, kümeleme analizleri vb.) ile birleştirilerek kullanılmaktadır. Hedeflenmiş metabolomik analizler ise tanımlanmış metabolit grupları üzerine yapılan analizler olduğundan dolayı nicel olarak değerlendirilebilmektedir (Roberts vd., 2012).

Nükleer manyetik rezonans (NMR), güçlü manyetik alan içine yerleştirilen bir molekülde bulunan çekirdeklerin manyetik alana tepki vermesi esasına dayanan bir cihazdır (Günther, 2013). Sıvı kromatografisi-kütle spektrometresi (LC/MS), metabolomik analizlerde daha fazla sayıda metabolit ayırımına izin vermesinden dolayı büyük avantaj sağlamaktadır. Metabolitler fizikokimyasal özelliklerine göre ayrılmakta ve kütle dedektörü yardımı ile metabolitlerin tespiti sağlanmaktadır (Gorrochategui vd., 2016). Doğru ve hassas kütle ölçümü içinse dört kutuplu uçuş süresine bağlı olan kütle spektrometresi (Q-TOF/MS) kullanılabilir (Xie vd., 2012). Gaz kromatografisi-kütle spektrometresi (GC/MS), uçucu bileşenlerin ayırımını sağlamak için kullanılan bir cihaz olup kütle/yük oranlarına göre bileşenlerin tespitini sağlanmaktadır. Gaz kromatografisi-kütle spektrometresi (GC/FID) ise dedektöre

gelen bileşenlerden karbon içeren bileşenleri iyonize ederek tespitini sağlamaktadır (Psychogios vd., 2011).

2.8 Temel Bileşenler Analizi

Temel Bileşenler Analizi (TBA), çok değişkenli verileri daha az sayıda değişkene indirgeyerek açıklayabilen bir istatistiksel analiz yöntemidir (Kurita, 2019). İstatistiksel analizlerde çoklu veriler yanıltıcı sonuçlar doğurabilmektedir. Temel Bileşenler Analizi boyut indirgeme ve aynı zamanda yanıltıcı sonuçların riskini azaltmak amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntem, analiz sırasında elde edilen birkaç ana bileşen üzerinden orijinal verilerin 2 boyuta indirgenerek grafiksel incelenmesini ve yorumlanmasını sağlamaktadır (Greenacre vd., 2022).

Temel bileşenler analizi farklı alanlarda çeşitli gıda örneklerinin sınıflandırılmasında ve gruplandırılmasında kullanılmaktadır. Zeytinyağının aroma bileşenlerine göre kemometrik açıdan sınıflandırılmasını amaçlayan bir çalışmada temel bileşenler analizi uygulanmış, Ayvalık ve Memecik tipi zeytinyağlarının aroma bileşenlerine göre gruplandığı tespit edilmiştir (İlyasoğlu ve Özçelik, 2011). Sarı Kantaron bitkisinden farklı solventler (su, etanol ve metanol) yardımıyla ekstraktlar elde edilmiş ve bu ekstraktların fenolik bileşenleri, antioksidan ve antimikrobiyal potansiyelleri analiz edilmiştir. Ekstraktlara ait veriler temel bileşenler analizine göre sınıflandırılmış, etanol ya da metanol kullanılarak elde edilen ekstraktların benzer özellikler gösterdiği tespit edilmiştir (Burunkaya vd., 2021). Farklı oranlarda liyofilize semizotu içeren set tipi yoğurt örneklerinin bazı kimyasal özellikleri 12 gün süren depolama periyodu boyunca izlenmiştir. Elde edilen verilere temel bileşenler analizi uygulandığında örneklerin depolama süresine göre gruplandıkları saptanmıştır (Satkın ve Aktaş, 2024).

3. MATERYALLER VE YÖNTEMLER

3.1 Materyaller

Bu yüksek lisans tezinde kullanılan soğuk sıkım zeytinyağları (Gemlik, Trilye, Domat tipi zeytinyağları) Manisa ilinin Akhisar ilçesinin Bekirler köyünde bulunan bir yerel üreticiden temin edilmiştir (Zelf Natural, Manisa, Türkiye). Semizotu bitkisi Sivas ilinde bulunan yerel bir marketten satın alınmıştır (Sivas, Türkiye). Semizotu bitkisi yabancı maddelerinden ayıklanmış, temizlenmiş ve yıkanmıştır. Temizlenen semizotu bitkisi önce -20 °C’de bir gece boyunca dondurulmuş (Arçelik, Türkiye), ardından -80°C’de bir gece daha bekletilmiştir. Donmuş semizotu örnekleri liyofilizatörde (Edwards, İngiltere) 10^{-3} mbar’da 4 gün boyunca kurutulmuştur. Dondurularak kurutulmuş semizotu örnekleri -20 °C’de muhafaza edilmiştir (Arçelik, Türkiye). Bu yüksek lisans tezinin deneysel aşamalarında kullanılan diğer kimyasal maddeler ve solventler kromatografik ve metabolomik analizlere uygun saflıkta ve nitelikte seçilmiştir.

3.2 Liyofilize Semizotu Katkılı Zeytinyağlarının Hazırlanması

Soğuk sıkım zeytinyağlarının liyofilize semizotu ile katkılandırılması ve depolanması için bir deneme deseni hazırlanmıştır (Minitab 19 software, UK). Bu amaçla, zeytinyağı tipi (Gemlik, Trilye, Domat), liyofilize semizotu oranı (%1-2) ve depolama süresi (0-3-6-9-12 ay) faktör olarak düşünülerek bir faktöriyel deneme deseni oluşturulmuştur (Çizelge 3.1). Liyofilize semizotu katkılı zeytinyağları, 100 gr zeytinyağına %1-2 (w/w) oranında liyofilize semizotu ilave edilmesiyle hazırlanmıştır. Liyofilize semizotu katkısı içermeyen zeytinyağları kontrol grubu olarak tanımlanmıştır. 30 adet liyofilize semizotu katkılı zeytinyağı ve 15 adet liyofilize semizotu katkısı içermeyen zeytinyağı (kontrol grubu) örnekleri amber cam şişelerde +4 °C’deki buzdolabında 12 ay boyunca muhafaza edilmiştir (Arçelik, Türkiye). Zeytinyağı örneklerine depolamanın 0-3-6-9-12. aylarında, 3.3.Yöntemler bölümünde açıklanan tüm analizler uygulanmıştır.

Çizelge 3. 1 Liyofilize Semizotu Katkılı Zeytinyağlarının Hazırlanması ve Depolanması İçin Oluşturulan Deneme Deseni

Deneme Sayısı	Örnek Kodu	Zeytinyağı tipi	Liyofilize	Depolama Süresi (ay)
			Semizotu Oranı (%)	
1	G01	Gemlik	1	0
2	G31	Gemlik	1	3
3	G61	Gemlik	1	6
4	G91	Gemlik	1	9
5	G121	Gemlik	1	12
6	G02	Gemlik	2	0
7	G32	Gemlik	2	3
8	G62	Gemlik	2	6
9	G92	Gemlik	2	9
10	G122	Gemlik	2	12
11	T01	Trilye	1	0
12	T31	Trilye	1	3
13	T61	Trilye	1	6
14	T91	Trilye	1	9
15	T121	Trilye	1	12
16	T02	Trilye	2	0
17	T32	Trilye	2	3
18	T62	Trilye	2	6
19	T92	Trilye	2	9
20	T122	Trilye	2	12
21	D01	Domat	1	0
22	D31	Domat	1	3
23	D61	Domat	1	6
24	D91	Domat	1	9
25	D121	Domat	1	12
26	D02	Domat	2	0
27	D32	Domat	2	3
28	D62	Domat	2	6
29	D92	Domat	2	9
30	D122	Domat	2	12

3.3 Yöntemler

3.3.1 Zeytinyağlarının Metabolomik Bileşenlerinin Belirlenmesi

2 g zeytinyağı 5 ml metanol/su karışımı (80:20) ve 1 ml gallik asit iç standardı (25 µg/ml = 25ppm) ile karıştırılarak homojenize edilmiştir. Karışım 9000 rpm’de 10 dk boyunca santrifüjlenmiştir (Nüve NF 615, Ankara, Turkey). Bu işlem 3 kez tekrarlanarak üst faz bir balonda toplanmıştır. Metanol rotary evaporatörde 35 °C’de buharlaştırılmıştır (Heidolph Laborota-4000, Almanya). Balonda kalan kalıntı 5 ml asetonitril ile çözülüp ve 3 kez n-hekzanla (3x5 ml) yıkanarak yağın uzaklaştırılması sağlanmıştır. Karışımındaki hekzan ve asetonitril rotary evaporatörde 35 °C’de buharlaştırılmıştır. Balondaki kalıntı 1 ml methanol/su karışımı ile çözülerek ve 0,22 µm’luk filtrelerden viallere süzölmüştür (Wei vd., 2019). Ekstraksiyon işlemi 2 tekrarlı gerçekleştirilmiştir. Kromatografik analizler, elektrosprey iyonizasyon ünitesi ile donatılmış Sıvı Kromatografisi-Uçuş Zamanlı Kütle Spektrometrisi (Q-TOF LC/MS) sistemi ile gerçekleştirilmiştir. Sistem konfigürasyonu, 1260 model Infinity Ultra Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi (UHPLC) ile 6530 model Kuadrupol Uçuş Zamanlı Kütle Spektrometri’sinden (Q-TOF-MS) oluşmaktadır (Agilent Technologies, Inc., CA, ABD). Cihazın analiz koşulları Çizelge 3.2.’de gösterilmiştir. MS sistemi 2 GHz genişletilmiş dinamik aralık modunda kullanılmış olup negatif ve pozitif iyonlaşma modlarında analizler gerçekleştirilmiştir. Kromatografik ayrımı sağlanan bileşiklere ait ana moleküllerin parçalanması ve ürün iyonlarının oluşturulması amacıyla farklı çarpışma enerjileri (CE (collision energy) = 10, 20, 40) uygulanmıştır. Kromatografik ayırım Agilent Poroshell 120 SB-C18 (3.0 mm x 100 mm x 2.7 µm) ters faz kolonu ile gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler, Agilent MassHunter Qualitative B06.00 yazılımı kullanılarak analiz edilmiştir. Zeytinyağı örneklerine ilişkin metabolomik bileşenler, moleküllerin elde edilen öncü iyon değeri ile örtüşen madde olasılıkları ve parçalanma iyonları (ürün iyonları) ile birlikte değerlendirilerek, Metlin PCDL 7.0 veritabanı ve literatür verileri (Amanpour vd., 2019; Antoniadi vd., 2022; Ghisoni vd., 2019; Tasioula-Margari ve Tsabolatidou, 2015) aracılığıyla tanımlanmıştır.

Çizelge 3. 2 Q-TOF LC/MS Analizinde Kullanılan Cihazın Özellikleri ve Analiz Koşulları

Analiz Koşulları	
Kolon fırını sıcaklığı	35 °C
Enjeksiyon hacmi	5 µl
Analiz süresi	36 dakika
Elüsyon türü	Gradyent
Mobil Faz A	Su (% 0,1 formik asit)
Mobil Faz B	Asetonitril
Akış	0.6 ml/dk
Akış programı	0 dk- 5% Mobil Faz B, 1 dk- 5% Mobil Faz B, 14 dk- 20% Mobil Faz B, 22 dk- 40% Mobil Faz B, 24 dk- 70% Mobil Faz B, 25 dk- 90% Mobil Faz B, 29 dk-90% Mobil Faz B, 29,1 dk- 5% Mobil Faz B, 36 dk-5% Mobil Faz B
Analiz süresi	36 dk
İyonlaşma modu	Pozitif ve negatif
Kurutucu gaz sıcaklığı	325 °C
Kurutucu gaz akış, N ₂	11 l/dk
Nebulizer	35 psi
Kapiler Voltaj	3000 V
Fragmentör Voltajı	150 V
Kütle okuma aralığı	30-1200 amu
Tarama hızı	1 spektrum/saniye
Çarpışma enerjisi	10, 20, 40 eV
Referans iyonlar	Negatif (112.9855 ve 966.0007) Pozitif (121.0508 ve 922.0098)

3.3.2 Zeytinyağlarının Yağ Asidi Profillerinin Belirlenmesi

Zeytinyağlarının yağ asidi profillerinin belirlenmesi için, yağ asitleri yağ asidi metil esterlerine dönüştürülmüştür. Bu amaçla, 0,4 gr yağ örneği tartılmış, 10 ml hekzan ile çözülmüştür. Üzerine 2 ml 2 M metanollü KOH çözeltisi (2,8 g KOH in 25 ml metanol) eklenmiş ve 30 sn vortekslenmiştir. Yaklaşık 25-30 dakika boyunca faz ayrımı gerçekleştirilmiştir. Bu süre sonunda üst faz 0,45 µm'luk filtrelerden viallere süzülerek Gaz Kromatografisi cihazına injekte edilmiştir (Jolayemi vd., 2016). Analiz

2 tekrarla tamamlanmıştır. Gaz Kromatografisi cihazının özellikleri ve analiz koşulları Çizelge 3.3.'de açıklanmıştır.

Çizelge 3. 3 Gaz Kromatografisi Analizinde Kullanılan Cihazın Özellikleri ve Analiz Koşulları

Cihaz Özellikleri	
Kromatografik sistem	Agilent 6890 GC
Detektör	FID (Alev İyonize Detektörü)
Otomatik örnekleyici	Agilent 7683
Kolon	100 m x 0.25 mm ID, 0.2 µm HP-88 (J&W112-88A7)
Analiz Koşulları	
İç sıcaklık	225° C
Enjeksiyon hacmi	1µL
Ayırma oranı	1/50
Taşıyıcı gaz	Helium
Fırın sıcaklığı	60 °C, 1 dk, 3°C/dk, 170°C 15 dk, 10°C/dk, 230 °C 15 dk, 3°C/dk.
Detektör sıcaklığı	260 °C

3.3.3 Zeytinyağlarının Toplam Antioksidan Kapasite Değerlerinin Belirlenmesi

0,5 g zeytinyağı 5 ml etil asetat ile çözülmüştür. Bu karışımdan 1 ml alınmış üzerine 5 ml DPPH çözeltisi (3,5 mg/100 ml) eklenmiş, 35°C'deki su banyosunda 5 dakika bekletilmiştir. Spektrofotometrede 515 nm'de absorbands değerleri ölçülmüştür (Optima SP3000, Japonya). Ölçümler 2 tekrarlı gerçekleştirilmiştir. Örneklerin toplam antioksidan kapasite (TAK) değerleri troloks eşdeğeri cinsinden hesaplanmıştır (Jolayemi vd., 2021).

3.3.4 Zeytinyağlarının Toplam Fenolik Madde Miktarlarının Belirlenmesi

2 g zeytinyağı 10 ml metanol/su karışımı (80:20 v/v) ile çözülmüştür. Üzerine 2-3 damla Tween 20 damlatılmıştır. Karışım 25,000 rpm'de 1 dakika santrifüjlenmiştir (Tehtnica, Centric 400R, Domel, Slovenya). Üst faz toplanmış, tekrar 9000 rpm'de 10 dakika santrifüjlenmiştir (Tehtnica, Centric 400R, Domel, Slovenya). Bu işlem 2 kez

tekrarlanmıştır. Toplam hacim kaydedilmiştir. Toplanan ekstrakttan 1 ml alınmış üzerine 6 ml saf su ilave edilmiştir. 0,5 ml Folin-Ciocalteu ajanı eklenmiş ve 1 dk bekletilmiştir. Sonra 2 ml Na₂CO₃ çözeltisi eklenmiştir (%15 g/ml). Son olarak 1,5 ml saf su ilave edilmiştir. Karışım 30 saniye vortekslenmiş, 2 saat oda sıcaklığında karanlık bir ortamda bekletilerek 765 nm’de spektrofotometrede absorbans değerleri ölçülmüştür (Optima SP3000, Japonya). Ölçümler 2 tekrarlı yapılmıştır. Zeytinyağlarının toplam fenolik madde miktarları (TFM) galik asit eşdeğeri cinsinden hesaplanmıştır (Jolayemi vd., 2021).

3.3.5 Zeytinyağlarının Serbest Yağ Asitliği Tayini

Örneklerin serbest yağ asitliği (SYA) miktarı AOCS Official Method Ca 5a-40’a göre yapılmıştır (AOCS, 1993). Yaklaşık 10 g yağ örneği bir erlene tartılmış ve 75 ml (50:50) dietileter-etil alkol karışımında çözülmüştür. İndikatör olarak 3-4 damla fenolfitaleyn damlatılarak 0,01 N KOH çözeltisi ile renk pembe sabitlenene kadar titre edilmiştir. Analizler 2 tekrarlı tamamlanmıştır. Örneklerin serbest yağ asitliği değeri % oleik asit cinsinden aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\% SYA = (V \times N \times 28.2) / M \quad [3.1]$$

Burada;

N: KOH çözeltisinin normalitesi,

V: Titrasyonda harcanan KOH çözeltisinin ml’si,

M: Tartılan örnek miktarı, g,

28.2: Oleik asidin molekül ağırlığı

3.3.6 Zeytinyağlarının Peroksit Sayısı Tayini

Örneklerin peroksit sayısı (PS) değerleri AOCS Official Method Cd 8b-90’a göre yapılmıştır (AOCS, 2009). Yaklaşık 1 g örnek 250 ml’lik ağzı tıraşlı erlene tartılmış, üzerine 30 ml asetik asit:kloroform (3:2 v/v) çözeltisi ilave edilmiştir. Sonra 0,5 ml doymuş potasyum iyodür (KI) çözeltisi ilave edilerek, sürekli ve hızlı bir şekilde 1 dakika süresince karıştırılmıştır. Bu süre sonunda 30 ml destile su eklenerek reaksiyon

bitirilmiştir. İndikatör olarak nişasta çözeltisinden 3-4 damla ilave edilerek, 0,01 N sodyum tiyosülfat çözeltisi ile titre edilmiştir. Titrasyonlar 2 tekrarlı tamamlanmıştır. PS değeri aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır ve sonuçlar 1 kg yağda bulunan peroksit oksijenin mili eşdeğer oksijen cinsinden verilmiştir.

$$PS \text{ (meq O}_2\text{/kg yağ)} = [(S - B) \times N \times 1000] / M \quad [3.2]$$

Burada;

S: Titrasyonda harcanan sodyum tiyosülfat çözeltisinin ml'si,

B: Kör (şahit) için harcanan sodyum tiyosülfat çözeltisinin ml'si,

N: Sodyum tiyosülfat çözeltisinin normalitesi,

M: Tartılan örnek miktarı, g'dır.

3.3.7 İstatistiksel Analizler

Liyofilize semizotu oranının (%1-2), zeytinyağı tipinin (Trilye, Gemlik, Domat) ve depolama süresinin (3-6-9-12 ay) zeytinyağlarının kimyasal ve metabolomik bileşenleri üzerine olan etkisi varyans analizi (ANOVA) ile açıklanmıştır (Minitab 19 software, UK). Ayrıca, zeytinyağlarındaki farklılıkların daha iyi açıklanması ve örneklerin sınıflandırılması için verilere Temel Bileşenler Analizi (TBA) uygulanmıştır (SIMCA 14.1, MKS Umetrics, Umea, Sweeden).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

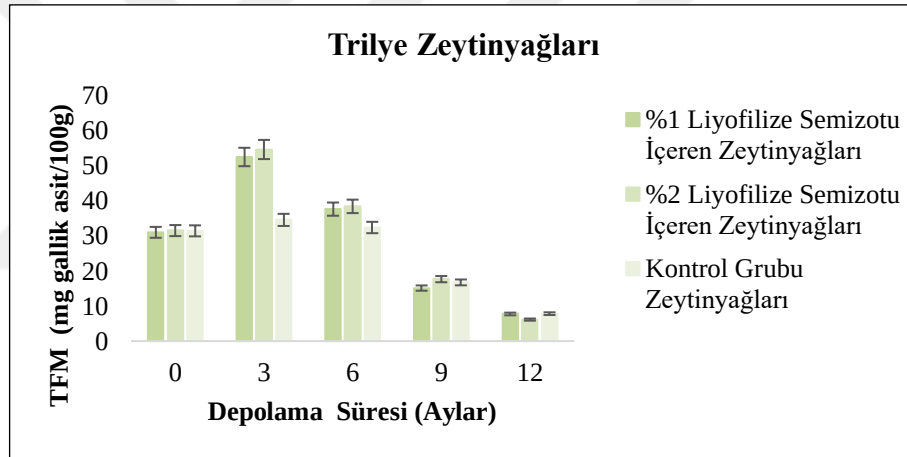
4.1 Zeytinyağı Örneklerinin Toplam Fenolik Madde İçerikleri

Liyofilize semizotu katkılı zeytinyağlarının ve kontrol grubu örneklerinin başlangıç ve depolama periyodu boyunca analiz edilen TFM değerleri Çizelge 4.1’de gösterilmiştir. Liyofilize semizotu bitkisinin TFM miktarı 135,26 mg gallik asit/100g olarak hesaplanmıştır. Depolamanın başlangıcında kontrol grubu zeytinyağları arasında en yüksek TFM değeri (70,14 mg gallik asit/100g) Gemlik tipi zeytinyağında tespit edilmiştir. Domat ve Trilye tipi zeytinyağlarının başlangıç TFM içerikleri ise sırasıyla 61,40 mg gallik asit/100g ve 31,36 mg gallik asit/100g olarak saptanmıştır. Elde edilen sonuçlar, Türk zeytinyağlarının TFM içeriklerinin belirlendiği bir çalışma ile benzerlik göstermektedir (Korkmaz, 2023). Kontrol grubu zeytinyağlarının TFM içerikleri depolama süresince azalmıştır (Şekil 4.1-3). Benzer şekilde, İtalyan zeytinyağlarının TFM miktarlarının depolama süresi boyunca azaldığı daha önce yapılan bir araştırma ile ortaya çıkarılmıştır (Mousavi vd., 2021). İki fazlı dekantör sistemi kullanılarak üretilen zeytinyağları, filtrasyon işlemi uygulanarak ve uygulanmaksızın nitrojen gazı eşliğinde şişelenmiş ve 15 ay boyunca depolanmıştır. Filtrasyon işlemi uygulamasından bağımsız olarak tüm zeytinyağı örneklerinin TFM miktarlarının depolamanın 8. ayından itibaren azaldığı tespit edilmiştir (Stefanoudaki vd., 2010).

Depolamanın tüm aylarında, liyofilize semizotu katkılı zeytinyağı örneklerinin, liyofilize semizotu ile katkılanılmamış zeytinyağı örneklerine göre daha yüksek TFM miktarlarına sahip olduğu belirlenmiştir. Tunus’ta yetiştirilen Oueslati ve Neb Jmel tipi zeytinler zeytin yaprakları ile birlikte sıkılarak sızma zeytinyağı üretimi gerçekleştirilmiştir. Zeytinyağı üretiminde %3 oranında zeytin yaprağı kullanılmasının, zeytinyağlarının TFM içeriklerini yükselttiği gözlemlenmiştir (Tarchoune vd., 2019). Zeytinyağı çeşidinden bağımsız olarak, liyofilize semizotu katkılı tüm örneklerin TFM miktarları depolamanın 3. ayında artışlar göstermiştir. Depolamanın 3. ayında, liyofilize semizotu katkılı zeytinyağı örneklerinin TFM miktarlarında görülen artışların, semizotu bitkisinin içeriğinde bulunan fenolik bileşenlerin zeytinyağında çözünür hale geçmesinden kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Depolamanın 6. ayından itibaren ise tüm zeytinyağı örneklerinin

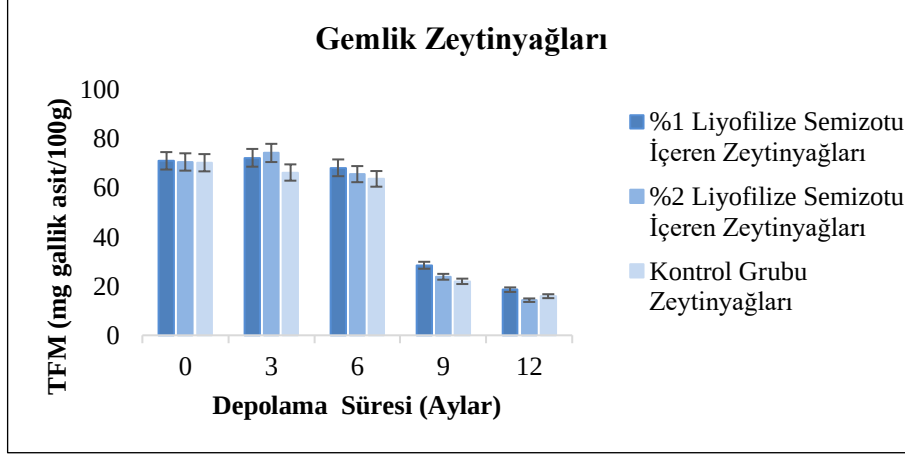
TFM değerlerinin azalarak, 12. ayda düşük miktarlara ulaştığı görülmüştür (Şekil 4.1-3). Depolama süresi uzadıkça zeytinyağında bulunan fenolik bileşenlerin parçalandığı ancak 4 °C civarı sıcaklıklarda 18 ay boyunca depolanmış zeytinyağı örneklerinin halen güçlü fenolik profillere sahip oldukları daha önceki bir çalışmayla ortaya konulmuştur (Krichene vd., 2015).

Trilye zeytinyağlarının TFM değerleri, diğer yağ tiplerine göre daha düşük olmakla birlikte liyofilize semizotu ilavesiyle bu değerler yükseltilmiştir. Özellikle depolamanın 3. ayında, semizotu oranından bağımsız olarak, Trilye zeytinyağlarının TFM miktarlarının oldukça yükseldiği görülmektedir. Trilye zeytinyağlarının 6. ayda hesaplanan TFM değerleri, başlangıç TFM değerlerinden yüksekken, 3. ayda hesaplanan TFM miktarlarından daha düşüktür (Şekil 4.1.).



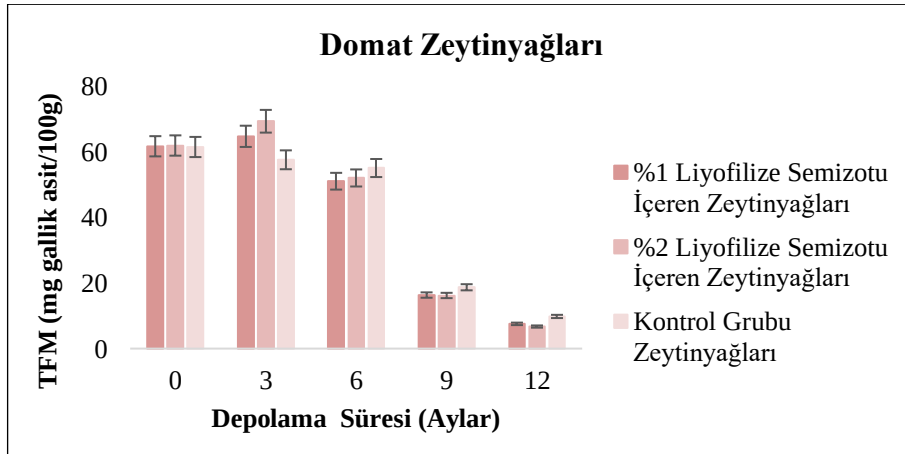
Şekil 4.1 Trilye Zeytinyağlarının TFM İçerikleri

%2 oranında liyofilize semizotu içeren ve 3 ay depolanan Gemlik zeytinyağı, 74,13 mg galik asit/100g değeriyle en yüksek TFM miktarına sahiptir. Depolamanın 3. ve 6. aylarında, Gemlik zeytinyağları birbirlerine yakın TFM değerlerine ulaşmıştır. Gemlik tipi zeytinyağlarının TFM içeriklerinde depolamanın 9. ayında keskin azalmalar olduğu görülmektedir (Şekil 4.2).



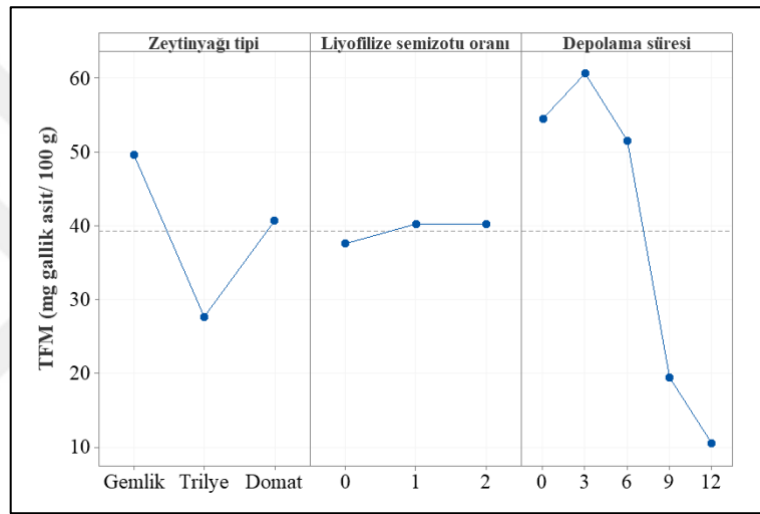
Şekil 4.2 Gemlik Zeytinyağlarının TFM İçerikleri

%1 ve %2 oranında liyofilize semizotu içeren Domat tipi zeytinyağlarının TFM miktarları, depolamanın 3. ayında, kontrol grubuna kıyasla yükselmiştir. Depolamanın 6.-9. ve 12. aylarında semizotu katkısız Domat zeytinyağlarının TFM miktarlarının, katkılı zeytinyağlarının TFM miktarlarına göre nispeten daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.3). 3 farklı İspanyol sızma zeytinyağı çeşidinin lutein ve β -karoten ile katkılılandırıldığı bir çalışmada, katkılı ve katkısız zeytinyağı örnekleri arasında TFM miktarları açısından önemli farklılıkların olmadığı görülmüştür (Murillo-Cruz vd., 2022).



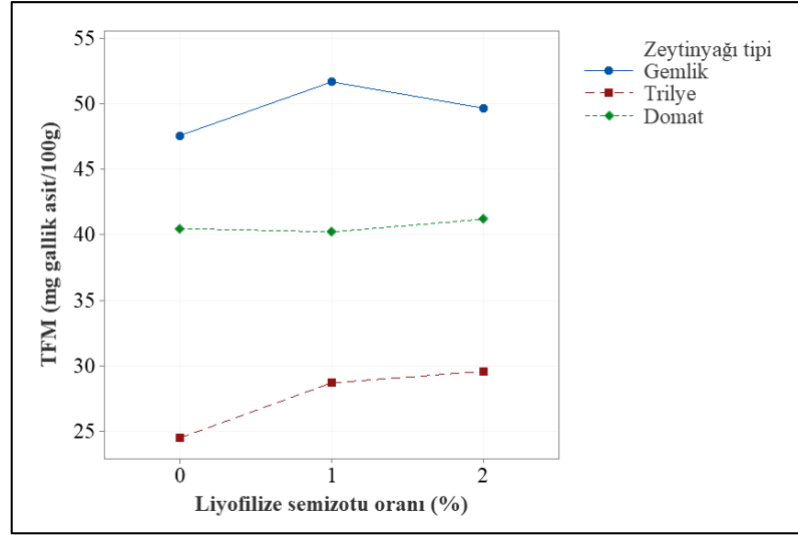
Şekil 4.3 Domat Zeytinyağlarının TFM İçerikleri

Zeytinyağı örneklerinin TFM değerleri için yapılan varyans analizi sonucu elde edilen ANOVA tablosu Çizelge 4.8’de gösterilmiştir. TFM miktarı için oluşturulan modelin %95 güven aralığında önemli olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Zeytinyağı tipi, liyofilize semizotu oranı, depolama süresi ve bu faktörlerin etkileşimleri ($p<0,05$) zeytinyağlarının TFM değerlerini etkileyen belirgin faktörlerdir (Çizelge 4.8). Seçilen faktörlerin TFM’ye olan etkileri, temel etki grafiğinde açıkça görülmektedir (Şekil 4.4). Örneklerdeki liyofilize semizotu oranları arttıkça, TFM değerleri artış göstermektedir. Ayrıca depolama süresi uzadıkça, daha düşük TFM değerlerinin elde edildiği de görülmektedir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4 Zeytinyağlarının TFM Değerleri Üzerine Seçilen Faktörlerin Temel Etki Grafikleri

Zeytinyağı tipi ve liyofilize semizotu oranının etkileşimlerinin örneklerin TFM değerleri üzerine olan etkisi interaksiyon grafiğinde görülmektedir (Şekil 4.5). Domat ve Trilye zeytinyağlarının TFM içerikleri liyofilize semizotu oranındaki artışa bağlı olarak artarken, %2 oranında liyofilize semizotu ile yapılan katkılandırma işlemi Gemlik zeytinyağlarının TFM miktarlarını bir miktar düşürmektedir (Şekil 4.5). Ancak Gemlik zeytinyağları genel olarak daha yüksek TFM değerlerine sahiptir.



Şekil 4.5 Zeytinyağlarının TFM Değerleri Üzerine Faktörlerin (Liyofilize Semizotu-Zeytinyağı Tipi) İnteraksiyon Grafiği

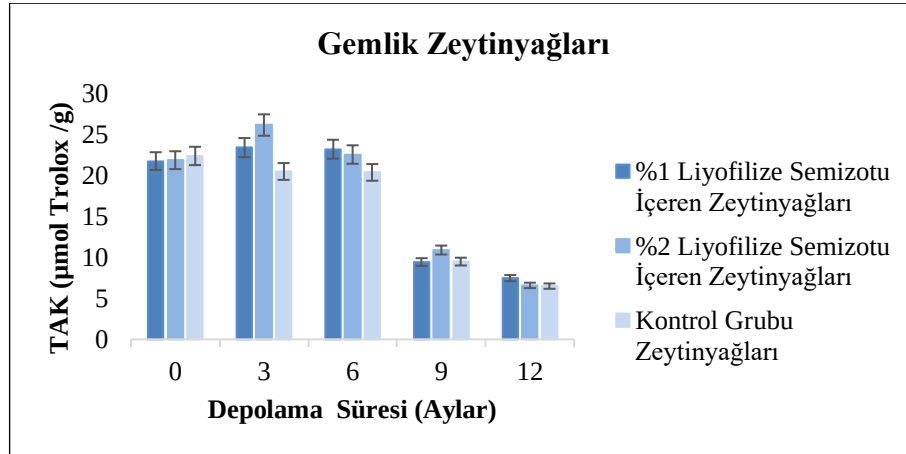
4.2 Zeytinyağı Örneklerinin Toplam Antioksidan Kapasite Değerleri

Katkılandırılmış ve kontrol grubu zeytinyağlarının depolama öncesi ve depolama süresi boyunca belirlenen TAK değerleri Çizelge 4.1’de gösterilmiştir. Liyofilize semizotu bitkisinin TAK değeri 105,13 μmol Troloks/g olarak hesaplanmıştır. Gemlik, Domat ve Trilye tipi zeytinyağlarının başlangıç TAK değerleri ise sırasıyla 22,36 μmol Troloks/g, 18,96 μmol Troloks/g ve 11,44 μmol Troloks/g olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.1). Türkiye’de yetiştirilen 5 farklı zeytinden elde edilen sızma zeytinyağlarının TAK değerlerinin belirlendiği bir araştırmanın sonuçları kontrol grubu zeytinyağlarının başlangıç TAK değerleri ile uyum göstermektedir (Korkmaz, 2023).

Liyofilize semizotu katkılı zeytinyağları, yağ çeşidinden bağımsız olarak kontrol grubu örneklerinden daha yüksek TAK değerlerine sahiptir. Liyofilize susam kabuğu ekstraktı ile katkılandırılan zeytinyağları 60 °C’de 48 gün boyunca depolanmıştır. Katkılandırılmış zeytinyağı örneklerinin, katkı içermeyen kontrol grubu yağlarına kıyasla daha yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu belirlenmiştir (Morsy vd., 2022). Kontrol grubu ve katkılı zeytinyağlarının antioksidan aktiviteleri 12 ay süren depolama periyodu boyunca azalmıştır. Kontrol grubu ve liyofilize semizotu ile

katkılandırılmış zeytinyağlarının TFM miktarlarının depolama süresince düşüşler gösterdiği daha önce açıklanmıştır. Zeytinyağı örneklerinde bulunan fenolik bileşenlerin depolama süresi boyunca parçalanmasına bağlı olarak örneklerin TFM ve TAK değerlerinin azaldığı düşünülmektedir. Bu nedenle zeytinyağı örneklerinin TFM ve TAK değerleri arasında bir Pearson korelasyonu kurulmuştur. Zeytinyağlarının TFM ve TAK değerleri arasında kurulan korelasyon değeri $r=0,94$ olarak bulunmuştur. r değerinin pozitif ve 0,71- 0,99 aralığında olması değişkenler arasında yüksek düzeyde bir ilişki olduğunu göstermektedir (Köklü vd., 2007). Pearson korelasyonu, depolama boyunca zeytinyağlarının TFM ve TAK değerlerinin doğrusal olarak azaldığını doğrulamaktadır. Daha önceki araştırmalarda da zeytinyağlarının TAK ve TFM değerleri arasında bu tip bir ilişki olduğu gösterilmiştir (De Bruno vd., 2021; Miniotti ve Georgiou, 2010).

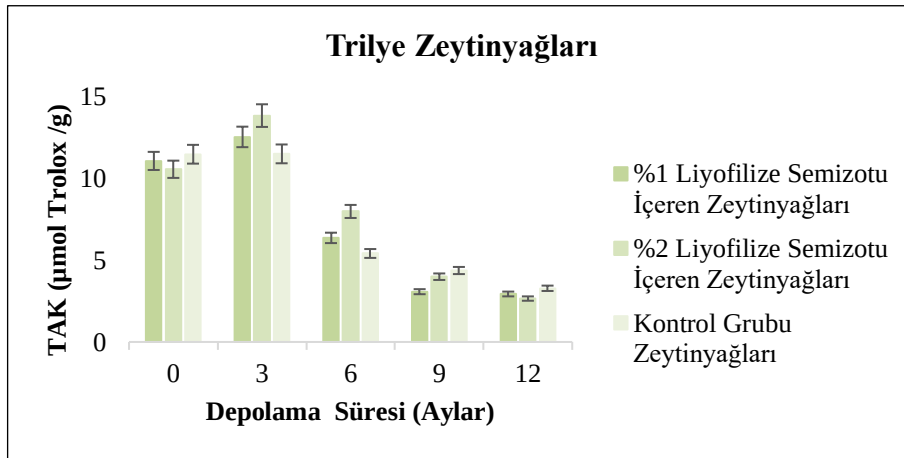
Gemlik zeytinyağları, diğer yağ çeşitlerine göre daha yüksek TAK değerlerine sahiptir. Gemlik zeytinyağlarının TFM'lerinin, Domat ve Trilye zeytinyağlarının TFM'lerinden yüksek olduğu daha önce belirtilmiştir. TFM'lerde olduğu gibi depolamanın 3. ve 6. aylarında TAK değerleri yüksekken, 9. aydan itibaren keskin azalmalar olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6 Gemlik Zeytinyağlarının TAK Değerleri

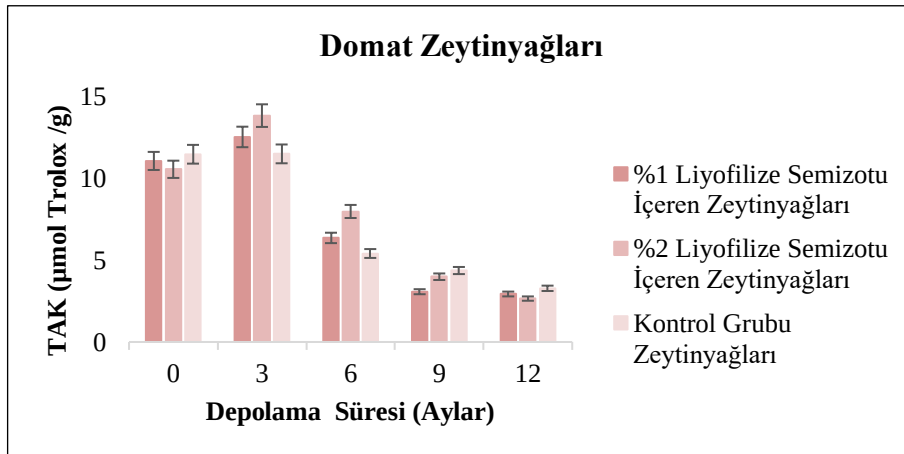
Trilye zeytinyağlarının liyofilize semizotu ile katkılandırılması TAK değerlerini iyileştirmiştir. TAK değerleri TFM ile korelasyon göstererek, depolamanın 3. ayında

artış gösterirken, 6. aydan itibaren azalarak 12. ayda en düşük seviyelere ulaşmıştır (Şekil 4.7).



Şekil 4.7 Trilye Zeytinyağlarının TFM Değerleri

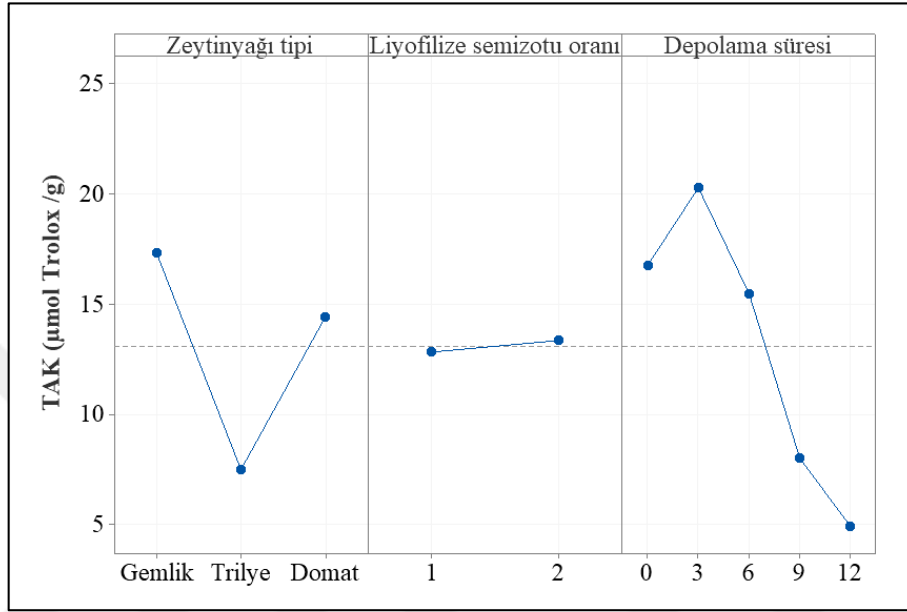
Domat zeytinyağı örnekleri, TFM analizlerine paralel olarak yine en düşük TAK değerlerine sahiptir. Liyofilize semizotu ile katkılandırılan Domat zeytinyağlarının TAK değerleri özellikle depolamanın 3. ayında oldukça yükselmiştir (Şekil 4.8).



Şekil 4.8 Domat Zeytinyağlarının TAK Değerleri

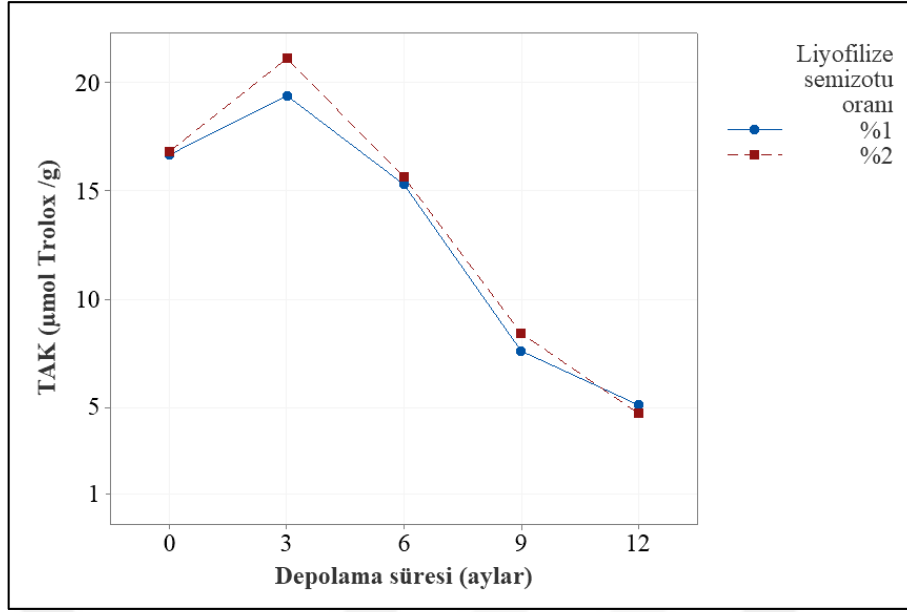
Zeytinyağı örneklerinin TAK değerlerine ilişkin istatistiksel analiz, oluşturulan modelin %95 güven aralığında anlamlı olduğunu belirtmektedir ($p < 0,05$) (Çizelge 4.8). Zeytinyağı tipi, liyofilize semizotu oranı, depolama süresi ve bu faktörlerin

etkileşimleri ($p<0,05$) zeytinyağlarının TAK değerlerini etkileyen önemli faktörlerdir (Çizelge 4.8). Seçilen faktörlerin TAK değerlerine olan etkisi, temel etki grafiğinde net şekilde görülmektedir (Şekil 4.9). Örneklerdeki liyofilize semizotu oranı arttıkça TAK değerleri artış göstermektedir. Ayrıca depolamanın 6. ayından sonra daha düşük TAK değerlerinin elde edildiği görülmektedir (Şekil 4.9).



Şekil 4. 9 Zeytinyağlarının TAK Değerleri Üzerine Faktörlerin Temel Etki Grafikleri

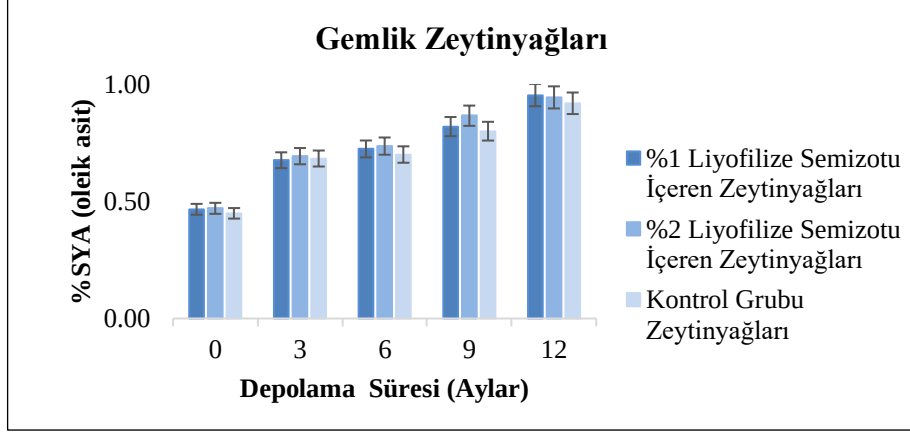
Depolama süresi ve liyofilize semizotu oranının etkileşimlerinin örneklerin TAK değerleri üzerine olan etkisi interaksiyon grafiğinde görülmektedir (Şekil 4.10). Katkı tüm zeytinyağlarının TAK değerleri depolama süresi boyunca nispeten daha yüksektir (Şekil 4.10).



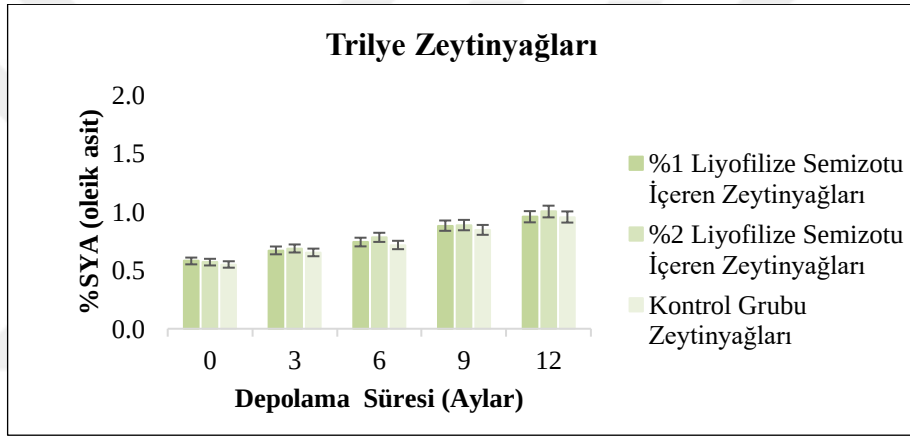
Şekil 4.10 Zeytinyağlarının TAK Değerleri Üzerine Faktörlerin (Liyofilize Semizotu Oranı-Depolama Süresi) İnteraksiyon Grafikleri

4.3 Zeytinyağı Örneklerinin Serbest Yağ Asitliği Değerleri

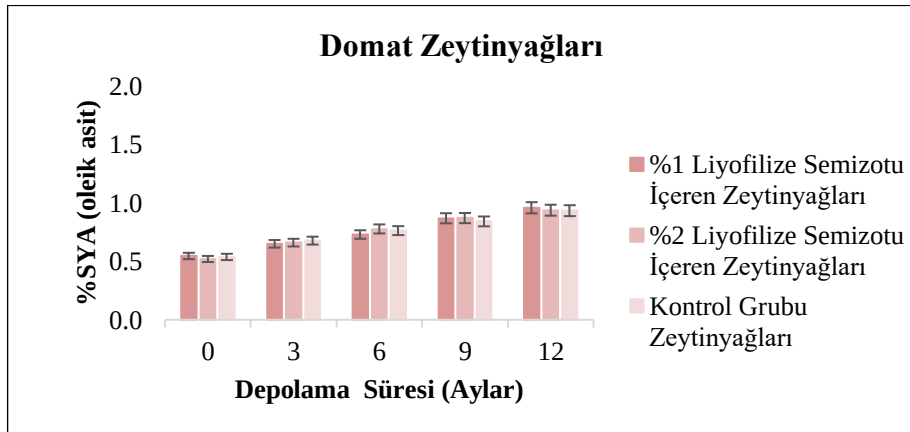
Yemeklik yağların SYA miktarları, yağların üretimi için uygulanan proses aşamalarında ve depolama sırasında gerçekleşen hidrolitik acılaşıma hakkında fikir vermektedir. Çizelge 4.1'de gösterildiği üzere kontrol grubu zeytinyağlarının %SYA değerleri oleik asit cinsinden Gemlik zeytinyağlarında %0,45, Trilye zeytinyağlarında %0,55, Domat zeytinyağlarında %0,54 olarak hesaplanmıştır. Kontrol grubu zeytinyağları ile katkılandırılmış zeytinyağlarının SYA değerleri birbirlerine oldukça yakındır (Şekil 4.11-13). Liyofilize semizotu ile katkılandırılan zeytinyağlarının ve kontrol grubu örneklerinin SYA yüzdeleri depolama süresince artış göstermektedir (Şekil 4.11-13). TGK Naturel Birinci Zeytinyağlarının SYA değerlerinin %2 ve altında olmasını önermektedir. Tüm zeytinyağı örneklerinin SYA miktarları limit değerinin altında bulunmaktadır (TGK, 2023). Farklı zeytinyağlarının değişen sıcaklıklarda ve sürelerde depolandığı araştırmalarda, %SYA değerlerinin zamanla yükseldiği tespit edilmiştir (El Yamani vd., 2022; Jabeur vd., 2015; Köseoğlu vd., 2019).



Şekil 4. 11 Gemlik Zeytinyağlarının SYA Yüzdeleri

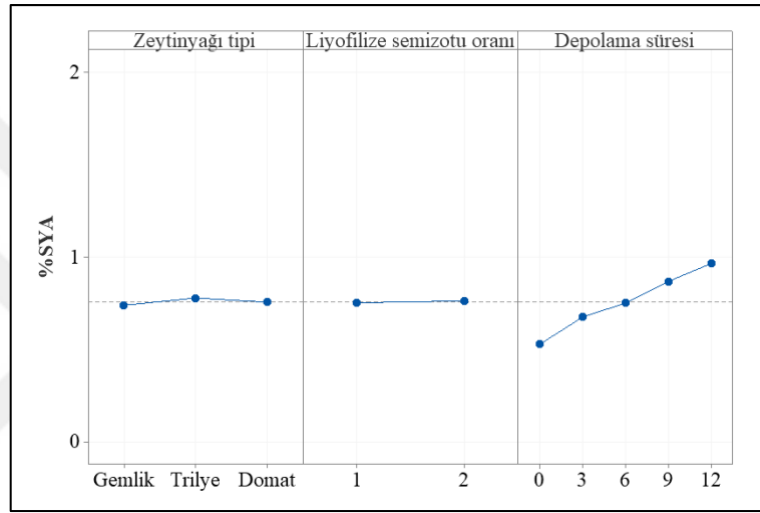


Şekil 4. 12 Trilye Zeytinyağlarının SYA Yüzdeleri



Şekil 4.13 Domat Zeytinyağlarının SYA Yüzdeleri

Zeytinyağlarının %SYA değerleri için oluşturulan modelin anlamlı olduğu ANOVA tablosunda görülmektedir (Çizelge 4.8). Tüm faktörlerin zeytinyağı örneklerinin %SYA içerikleri üzerinde farkedilir etkilere sahip olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Zeytinyağı tipine ve liyofilize semizotu oranına bağlı olarak örneklerin SYA yüzdeleri keskin değişimler göstermemektedir. Ancak, depolama süresi zeytinyağlarının SYA değerlerini önemli ölçüde etkilemektedir. Zeytinyağlarının %SYA değerleri 6. aydan sonra %1 değerinin üzerine çıkarak 12. ayda en yüksek değerlere ulaşmaktadır (Şekil 4.14).

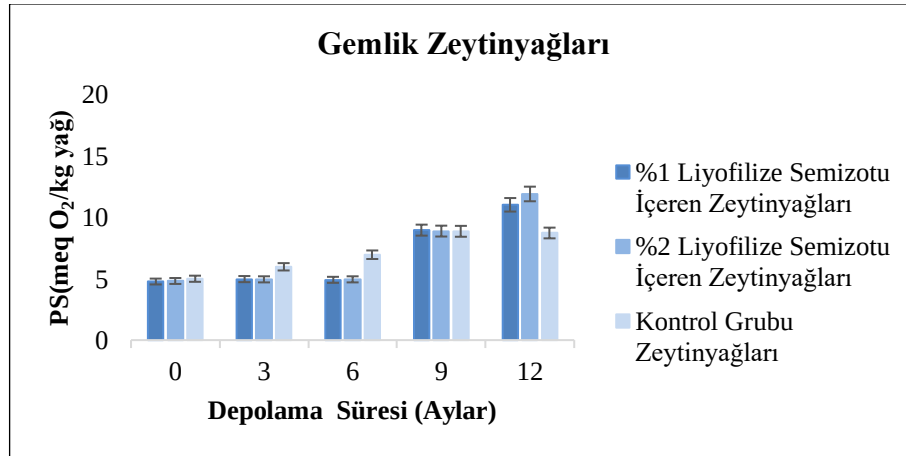


Şekil 4.14 Zeytinyağlarının SYA Değerleri Üzerine Faktörlerin Temel Etki Grafikleri

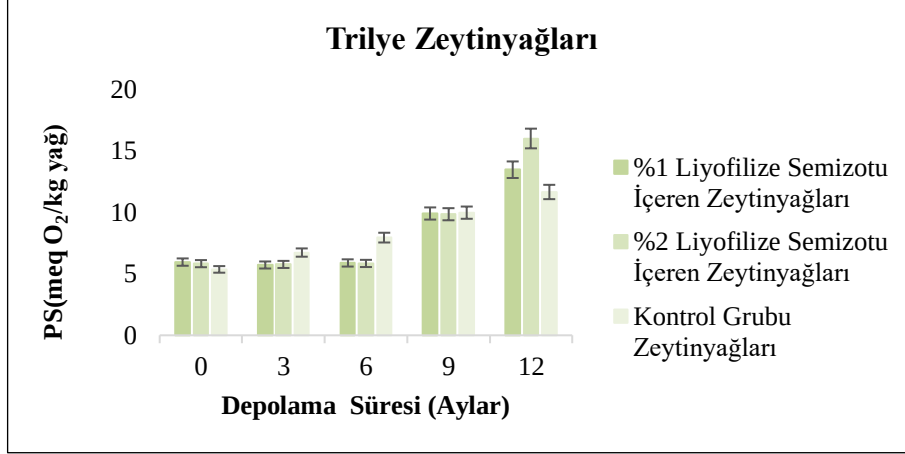
4.4 Zeytinyağı Örneklerinin Peroksit Sayısı Değerleri

PS değeri yemeklik yağların üretimi ve depolanması sırasında gerçekleşen otooksidasyon reaksiyonlarının belirlenmesi için kullanılan bir indekstir. Kontrol grubu zeytinyağlarının başlangıç PS değerleri sırasıyla Gemlik zeytinyağları için 4,99 meq O₂/kg, Trilye zeytinyağları için 5,36 meq O₂/kg ve Domat zeytinyağları için 5,88 meq O₂/kg olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.1). Liyofilize semizotu katkısı içermeyen kontrol grubu zeytinyağlarının PS'leri 12 ay süren depolama boyunca artışlar göstermektedir. Liyofilize semizotu ile katkılanırılan zeytinyağı örneklerinin PS değerleri ise yağ tipinden bağımsız olarak depolamanın 6. ayına kadar farkedilir değişiklikler göstermemektedir. Depolamanın 9. ayından itibaren ise katkılı tüm

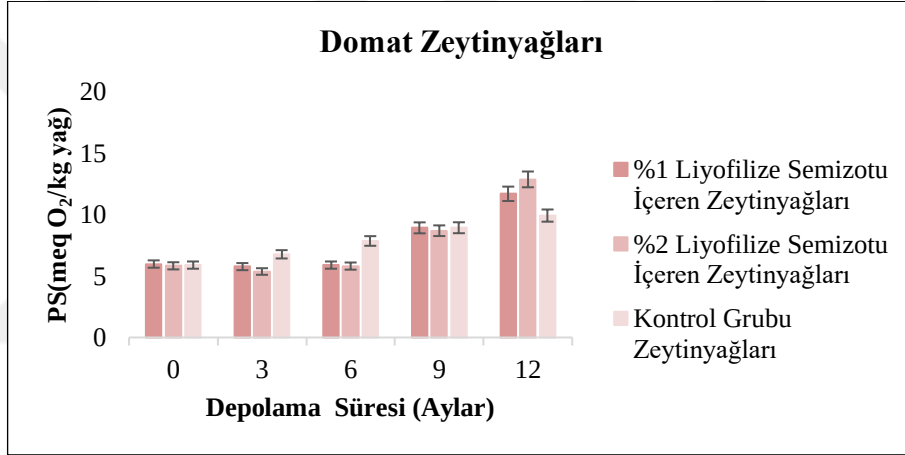
zeytinyağlarının PS'leri oldukça yükselmiştir (Şekil 4.15-17). Benzer trend katkılı zeytinyağı örneklerinin TFM ve TAK değerlerinde de farkedilmiştir. Depolamanın ilk 6 ayında, liyofilize semizotunun içeriğinde bulunan fenolik bileşenlerin çözünür hale geçmesine bağlı olarak hem TFM hem de TAK değerleri yükselmiştir. Fenolik bileşenler antioksidan özellik göstererek depolamanın ilk 6 ayında yağların PS değerlerinin yükselmesini önlemiştir. 6. aydan itibaren antioksidan özelliklere sahip fenolik bileşenlerin parçalanmasının zeytinyağlarının oksidatif stabilitelerini olumsuz yönde etkilediği düşünülmektedir. Depolamanın 12. ayına gelindiğinde özellikle %2 oranında liyofilize semizotu içeren tüm zeytinyağı örneklerinin PS değerlerinin oldukça arttığı gözlemlenmiştir (Şekil 4.15-17). Bu sonuçlar, liyofilize semizotunun içeriğinde bulunan çoklu doymamış yağ asitleri miktarı ile ilişkilendirilebilir. Çoklu doymamış yağ asitleri, oksidatif reaksiyonlara karşı diğer yağ asitlerine kıyasla daha meyillidir. Depolama periyodunun sonuna kadar katkılı ve katkısız tüm zeytinyağlarının PS değerleri TGK'nin limit değer olarak önerdiği 20 meq O₂/kg değerinden daha düşüktür (TGK, 2023). Depolama periyodu boyunca zeytinyağlarının PS değerlerinin yükseldiği daha önceki araştırmalarla tespit edilmiştir (El Yamani vd., 2022; Gargouri vd., 2015; Mousavi vd., 2021).



Şekil 4.15 Gemlik Zeytinyağlarının PS Değerleri



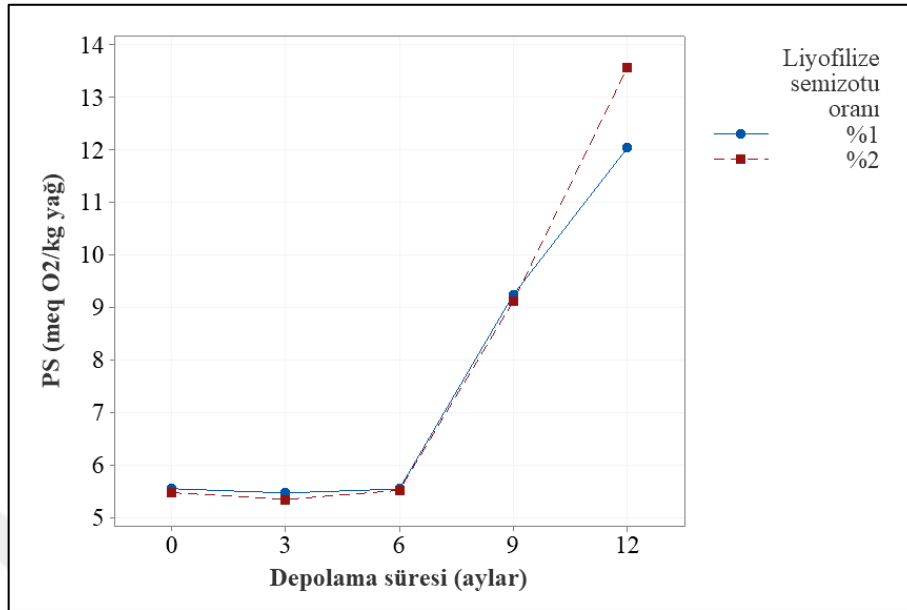
Şekil 4.16 Trilye Zeytinyağlarının PS Değerleri



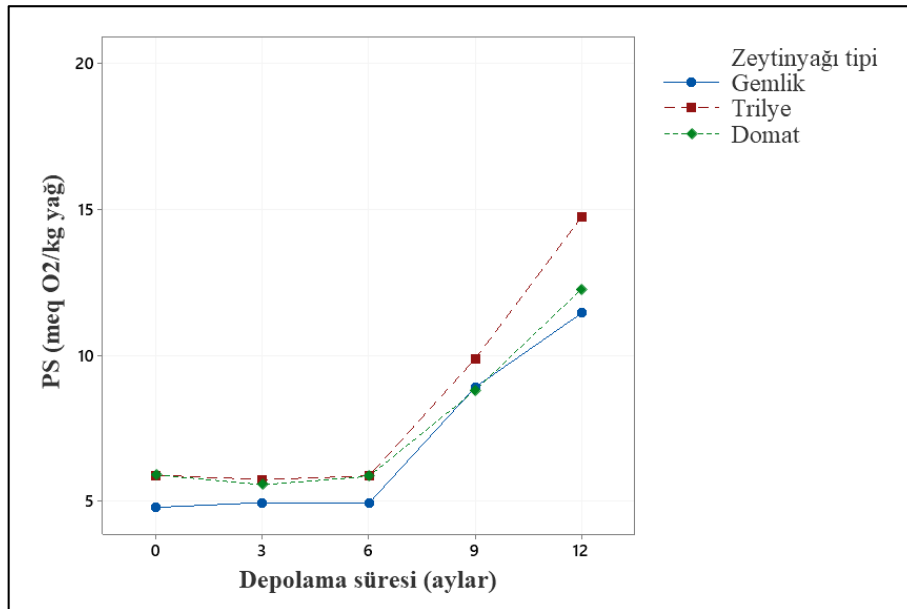
Şekil 4.17 Domat Zeytinyağlarının PS Değerleri

Zeytinyağlarının PS değerlerine ilişkin istatistiksel analiz sonuçları oluşturulan modelin % 95 güven aralığında anlamlı olduğunu belirtmektedir (Çizelge 4.8). Tüm faktörlerin, depolama süresinin liyofilize semizotu oranı ve zeytinyağı tipi ile etkileşimlerinin örneklerin PS değerleri üzerinde farkedilir etkiler yarattığı görülmektedir ($p < 0,05$). Depolama süresinin liyofilize semizotu oranı ve zeytinyağı tipi ile etkileşim grafikleri 6. aydan sonra örneklerin PS değerlerinin yükseldiğini işaret etmektedir (Şekil 4.18 ve 19). Depolamanın 12. ayında, %2 oranında liyofilize semizotu içeren örneklerin PS değerlerinin, %1 oranında liyofilize semizotu ile katkılandırılan örneklerin PS değerlerinden daha yüksek olduğu istatistiksel olarak

saptanmıştır (Şekil 4.18). Depolamanın sonunda Trilye zeytinyağlarının PS'lerinin diğer zeytinyağı tiplerinden daha yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 4.19).



Şekil 4.18 Zeytinyağlarının PS Değerleri Üzerine Faktörlerin (Depolama Süresi-Liyofilize Semizotu Oranı) İnteraksiyon Grafiği



Şekil 4.19 Zeytinyağlarının PS Değerleri Üzerine Faktörlerin (Zeytinyağı Tipi-Depolama Süresi) İnteraksiyon Grafiği

Çizelge 4.1 Zeytinyağı Örneklerinin Bazı Kimyasal Özellikleri

Deneme Sayısı	Örnek Kodu	Zeytin tipi	Depolama Süresi (Ay)	Semizotu Oranı (%)	TFM (mg gallik asit/100g)	TAK (μmol Troloks /g)	SYA (%)	PS (meq O ₂ /kg örnek)
1	G00	Gemlik	0	0	70,14±0,02	22,36±0,04	0,45±0,02	4,99±0,01
2	G01	Gemlik	0	1	70,93±0,03	21,73±0,05	0,47±0,03	4,76±0,03
3	G02	Gemlik	0	2	70,46±0,01	21,85±0,01	0,47±0,03	4,81±0,03
4	T00	Trilye	0	0	31,36±0,02	11,44±0,03	0,55±0,01	5,36±0,04
5	T01	Trilye	0	1	30,93±0,02	11,04±0,04	0,58±0,05	5,95±0,02
6	T02	Trilye	0	2	31,44±0,01	10,53±0,01	0,57±0,04	5,83±0,05
7	D00	Domat	0	0	61,40±0,04	18,96±0,05	0,54±0,03	5,88±0,03
8	D01	Domat	0	1	61,61±0,03	17,22±0,02	0,55±0,02	5,97±0,02
9	D02	Domat	0	2	61,85±0,01	18,09±0,01	0,52±0,01	5,83±0,01
10	G30	Gemlik	3	0	66,17±0,02	20,47±0,03	0,68±0,04	5,96 ±0,03
11	G31	Gemlik	3	1	72,15±0,03	23,38±0,03	0,68±0,03	4,96±0,06
12	G32	Gemlik	3	2	74,13±0,05	26,13±0,02	0,69±0,06	4,94±0,04
13	T30	Trilye	3	0	34,47±0,02	11,47±0,01	0,65±0,06	6,73±0,05
14	T31	Trilye	3	1	52,38±0,02	12,50±0,04	0,67±0,07	5,72±0,03
15	T32	Trilye	3	2	54,50±0,04	13,80±0,05	0,69±0,01	5,76±0,02
16	D30	Domat	3	0	57,50±0,06	21,20±0,01	0,68±0,02	6,76±0,01
17	D31	Domat	3	1	64,64±0,03	22,30±0,02	0,65±0,03	5,76±0,03
18	D32	Domat	3	2	69,23±0,01	23,40±0,04	0,66±0,04	5,36±0,04
19	G60	Gemlik	6	0	63,59±0,05	20,35±0,05	0,70±0,05	6,94±0,01
20	G61	Gemlik	6	1	68,08±0,03	23,18±0,04	0,73±0,01	4,90±0,02

Çizelge 4.1 Zeytinyağı Örneklerinin Bazı Kimyasal Özellikleri (devam)

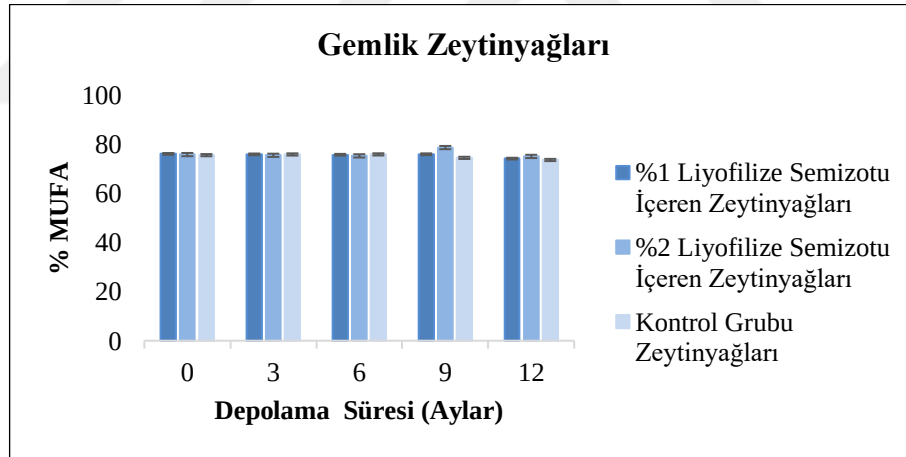
Deneme Sayısı	Örnek Kodu	Zeytin tipi	Depolama Süresi (Ay)	Semizotu Oranı (%)	TFM (mg gallik asit/100g)	TAK (μmol Troloks /g)	SYA (%)	PS (meq O ₂ /kg örnek)
21	G62	Gemlik	6	2	65,51±0,01	22,53±0,05	0,74±0,01	4,94±0,06
22	T60	Trilye	6	0	32,31±0,05	5,39±0,04	0,72±0,02	7,94±0,08
23	T61	Trilye	6	1	37,53±0,02	6,34±0,03	0,74±0,02	5,88±0,05
24	T62	Trilye	6	2	38,32±0,03	7,96±0,01	0,78±0,03	5,84±0,07
25	D60	Domat	6	0	54,99±0,04	17,29±0,02	0,76±0,04	7,85±0,04
26	D61	Domat	6	1	50,97±0,03	16,32±0,02	0,73±0,01	5,88±0,03
27	D62	Domat	6	2	51,97±0,04	16,37±0,01	0,78±0,03	5,80±0,06
28	G90	Gemlik	9	0	21,94±0,01	9,48±0,04	0,80±0,04	8,85±0,04
29	G91	Gemlik	9	1	28,47±0,02	9,42±0,06	0,82±0,01	8,94±0,03
30	G92	Gemlik	9	2	23,79±0,03	10,89±0,03	0,87±0,05	8,86±0,02
31	T30	Trilye	9	0	16,69±0,01	4,36±0,02	0,85±0,02	9,97±0,08
32	T91	Trilye	9	1	15,07±0,04	3,06±0,01	0,88±0,04	9,90±0,07
33	T92	Trilye	9	2	17,62±0,03	3,98±0,05	0,89±0,07	9,84±0,02
34	D90	Domat	9	0	18,68±0,05	10,53±0,06	0,84±0,06	8,92±0,05
35	D91	Domat	9	1	16,31±0,06	10,27±0,07	0,87±0,05	8,91±0,06
36	G92	Domat	9	2	16,18±0,01	10,36±0,06	0,87±0,01	8,68±0,08
37	G120	Gemlik	12	0	15,90±0,02	6,49±0,05	0,92±0,03	8,71±0,07
38	G121	Gemlik	12	1	18,55±0,03	7,47±0,07	0,96±0,04	11,00±0,06
39	G122	Gemlik	12	2	14,27±0,03	6,58±0,06	0,95±0,05	11,88±0,03
40	T120	Trilye	12	0	7,79±0,04	3,27±0,04	0,96±0,02	11,65±0,05
41	T121	Trilye	12	1	7,71±0,05	2,92±0,05	0,96±0,07	13,46±0,05
42	T122	Trilye	12	2	6,11±0,02	2,65±0,07	1,00±0,01	16,00±0,07
43	D120	Domat	12	0	9,80±0,01	5,00±0,06	0,93±0,01	9,91±0,04
44	D121	Domat	12	1	7,54±0,01	4,90±0,05	0,98±0,02	11,68±0,07
45	D122	Domat	12	2	6,71±0,03	4,89±0,08	0,94±0,04	12,85±0,08

4.5 Zeytinyağı Örneklerinin Yağ Asidi Profilleri

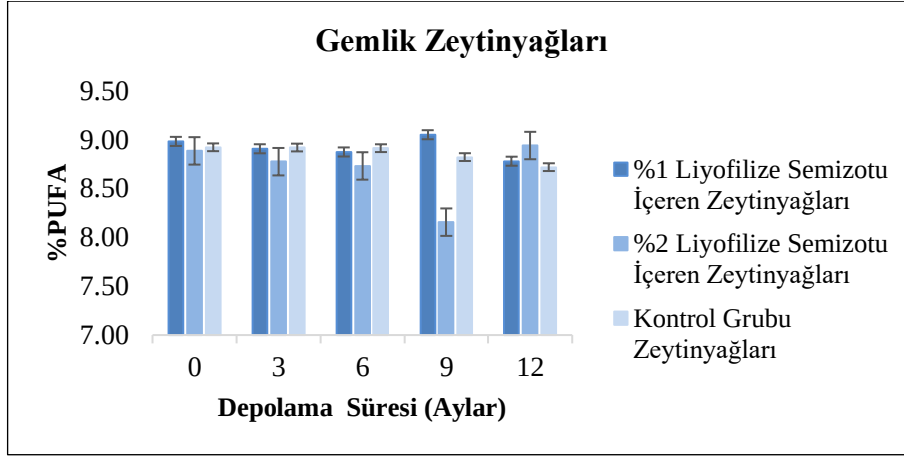
Liyofilize semizotu katkılı ve kontrol grubu zeytinyağı örneklerinin baskın yağ asitleri palmitik, oleik ve linoleik yağ asitleridir (Çizelge 4.2). Zeytinyağlarının, zeytinyağı tipinden bağımsız olarak oleik yağ asidini yüksek konsantrasyonlarda içerdikleri tespit edilmiştir. Tüm zeytinyağı örnekleri Uluslararası Zeytinyağı Komisyonunun önerdiği oleik ve linoleik yağ asidi yüzde oranlarına sahiptir (IOOC, 2015). Trilye tipi zeytinyağlarının nispeten daha yüksek oleik asit yüzdelere sahip olduğu gözlemlenmiştir (%78,48-73). Palmitik asit %14,59-13,83 değerleri ile en yüksek Domat zeytinyağı örneklerinde bulunmuştur. Gemlik zeytinyağları %8,68-7,79 değerleri ile yüksek konsantrasyonlarda linoleik asit içermektedir. Tüm zeytinyağı örneklerinde sadece oleik asidin trans yağ asidi (TFA) formu olan elaidik yağ asidi (C18:1nt) tespit edilmiştir. Depolama süresi ve liyofilize semizotu ile katkılandırma işlemi zeytinyağı örneklerinin trans yağ asidi miktarlarında değişiklikler yaratmamıştır (Çizelge 4.2). Hatay ve Mardin bölgelerinde yetiştirilen Gemlik zeytinlerinden elde edilen zeytinyağlarının yağ asidi profilleri çalışmamızın sonuçları ile benzerlik göstermektedir (Bozdoğan Konuskan ve Mungan, 2016). Ayrıca Gemlik zeytinyağlarının yağ asidi kompozisyonlarının belirlendiği farklı araştırmaların sonuçları da çalışmamızın sonuçları ile uyum içerisindedir (Dağ vd., 2015; Korkmaz, 2023). Domat zeytinyağlarının yağ asidi profilleri daha önceki çalışmaların sonuçları ile uygunluk belirtmektedir (Dağ vd., 2015; Dağdelen vd., 2013; Korkmaz, 2023). Trilye zeytinyağı örneklerinin yağ asitleri kompozisyonları ve miktarları literatürde yer alan diğer araştırmaların sonuçları ile uyumludur (Ok, 2014; Ün ve Ok, 2018). Zeytinyağlarının susam kabuğu ekstraktı ile katkılandırıldığı bir çalışmada, örneklerin fenolik bileşenler miktarının arttığı, buna bağlı olarak antioksidan kapasite değerlerinin yükseldiği ancak yağ asidi profillerinde belirgin bir değişim olmadığı gözlemlenmiştir (Morsy vd., 2022). İtalyan zeytinyağlarının farklı sıcaklıklarda 18 ve 36 ay boyunca depolandığı bir araştırmada, zeytinyağı örneklerinin yağ asidi profillerinin değişiklikler göstermediği tespit edilmiştir (Mousavi vd., 2021). Chemlali zeytinyağlarının 6 ay boyunca oda sıcaklığında depolandığı bir çalışmada, örneklerin doymuş ve doymamış yağ asitleri miktarlarının değişmediği görülmüştür (Gargouri vd., 2015).

Zeytinyağı örneklerinin yağ asidi kompozisyonları Çizelge 4.2’de toplam tekli doymamış yağ asitleri (%MUFA), toplam çoklu doymamış yağ asitleri (%PUFA), ve toplam doymuş yağ asitleri (%SFA) yüzdeleri cinsinden verilmiştir. Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) doymuş yağ asidi tüketimini kontrol altına almak ve aynı zamanda kişilerin günlük beslenmesinde MUFA ve PUFA alımını teşvik etmek için, bitkisel yağların PUFA/SFA oranının minimum 1 olması gerektiğini önermektedir. Katkılı ve katkısız tüm zeytinyağı örneklerinin PUFA/SFA oranları 0,40-0,61 aralığında değişim göstermektedir (Çizelge 4.2).

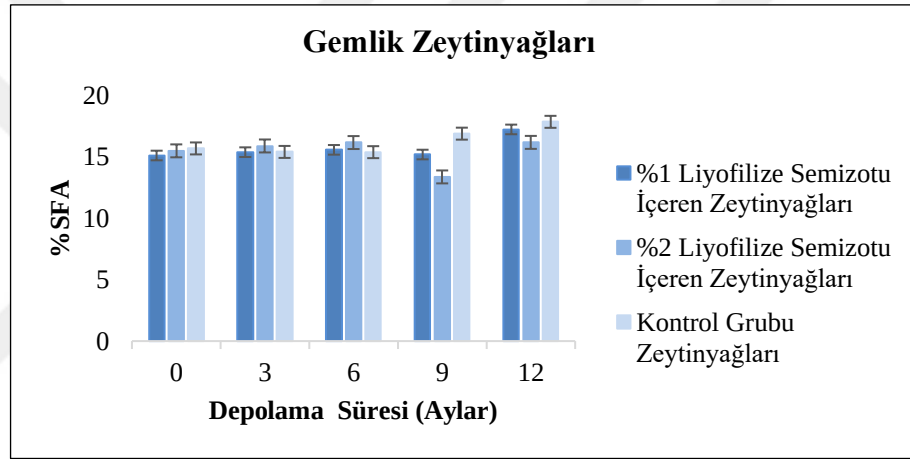
Gemlik zeytinyağlarının MUFA-PUFA-SFA yüzde değerleri depolamanın ilk 6 ayında farkedilir bir değişiklik göstermemektedir (Şekil 4.20-22). %2 oranında semizotu içeren Gemlik zeytinyağının 9. ayda MUFA miktarında biraz artış, SFA ve PUFA yüzdelerinde ise hafif azalmalar olduğu görülmektedir. Depolamanın 12. ayında kontrol grubu Gemlik zeytinyağı örneği, katkılı zeytinyağı örneklerinden daha düşük %MUFA değerlerine sahiptir (Şekil 4.20).



Şekil 4.20 Gemlik Zeytinyağlarının MUFA Yüzdeleri

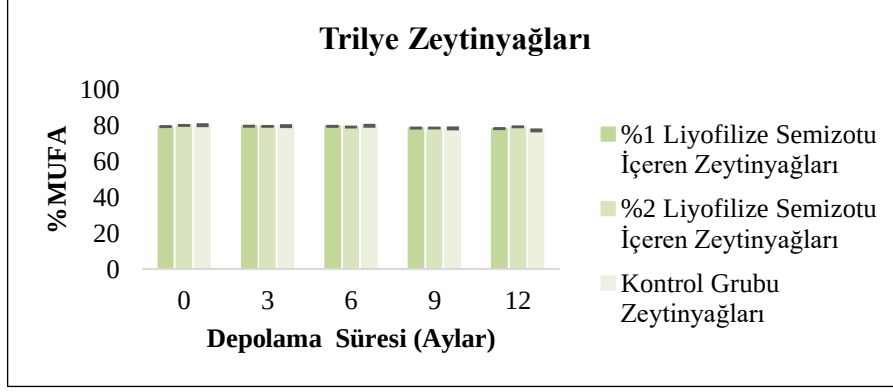


Şekil 4.21 Gemlik Zeytinyağlarının PUFA Yüzdeleri

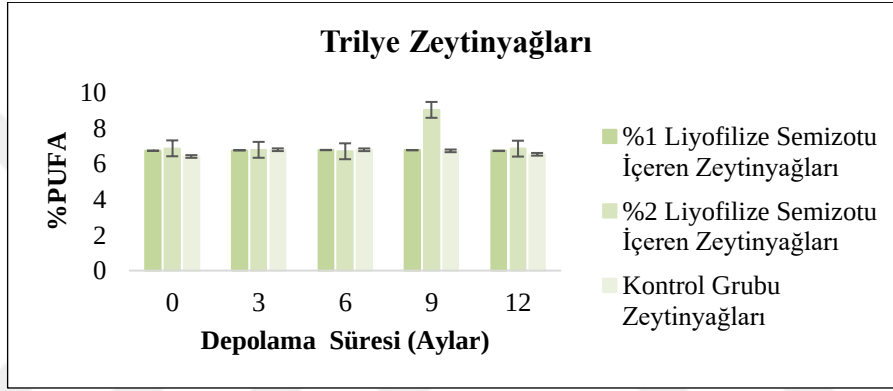


Şekil 4.22 Gemlik Zeytinyağlarının SFA Yüzdeleri

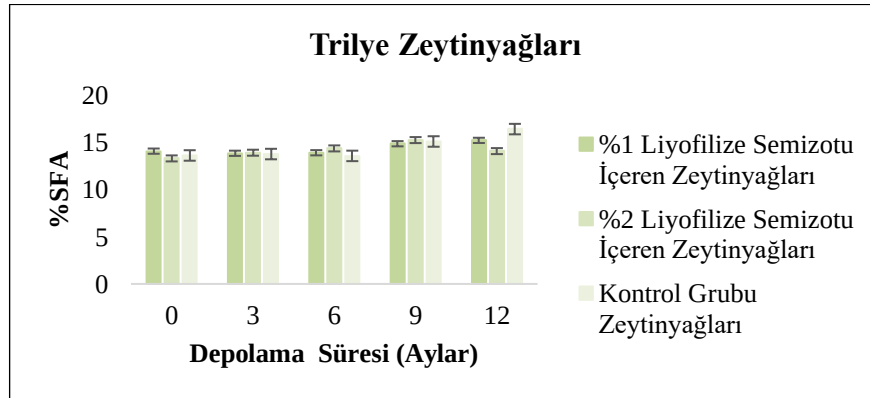
Liyofilize semizotu ile katkılandırılarak depolanan Trilye zeytinyağlarının, MUFA, PUFA ve SFA yüzdeleri 12 ay boyunca keskin değişiklikler göstermemiştir (Şekil 4.23-25). %2 oranında liyofilize semizotu içeren Trilye zeytinyağı örneğinin PUFA yüzdesi 9. ayda bir miktar yükselmiştir (Şekil 4.24). Liyofilize semizotu katkılı ve katkısız Domat zeytinyağlarının 12 aylık depolama süresi boyunca MUFA-PUFA-SFA yüzdelерinde anlamlı değişiklikler gözlemlenmemiştir (Şekil 4.26-28).



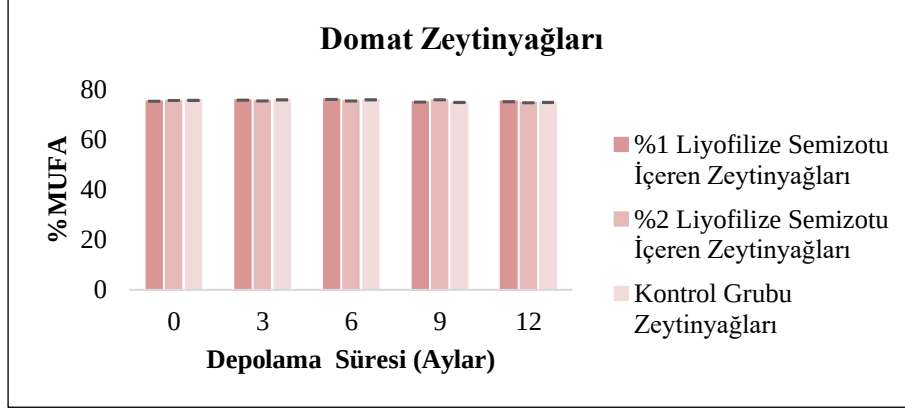
Şekil 4.23 Trilye Zeytinyağlarının MUFA Yüzdeleri



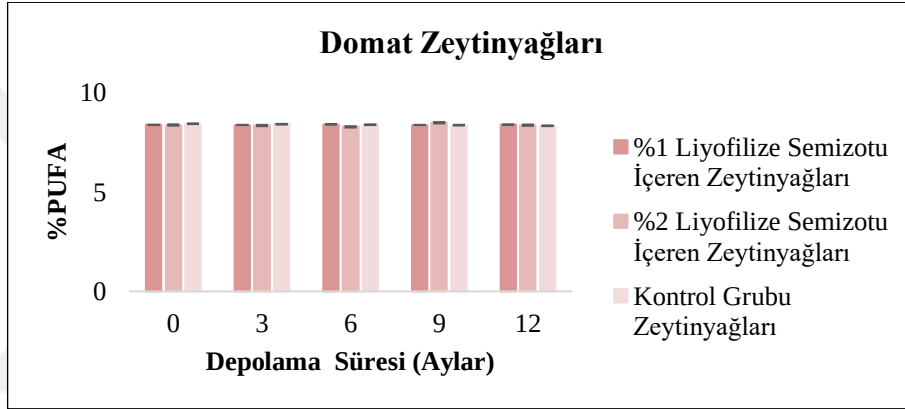
Şekil 4.24 Trilye Zeytinyağlarının PUFA Yüzdeleri



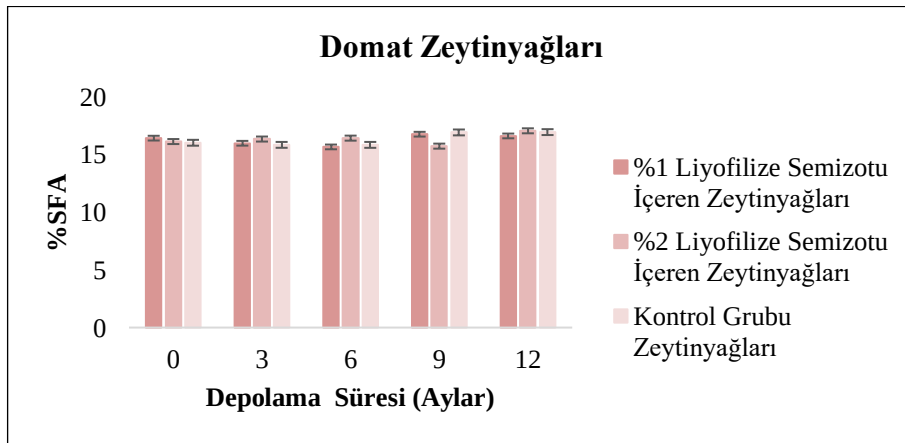
Şekil 4.25 Trilye Zeytinyağlarının SFA Yüzdeleri



Şekil 4.26 Domat Zeytinyağlarının MUFA Yüzdeleri

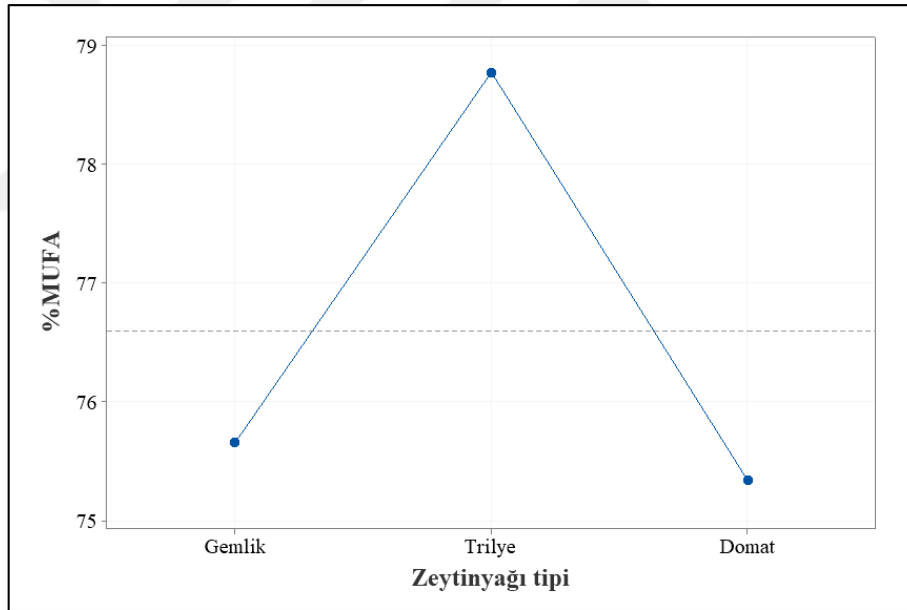


Şekil 4.27 Domat Zeytinyağlarının PUFA Yüzdeleri

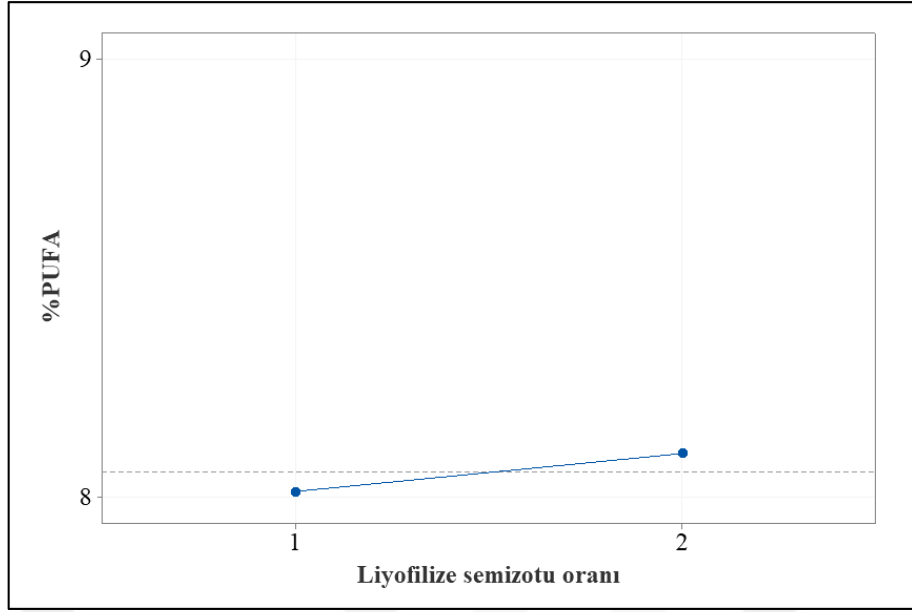


Şekil 4.28 Domat Zeytinyağlarının SFA Yüzdeleri

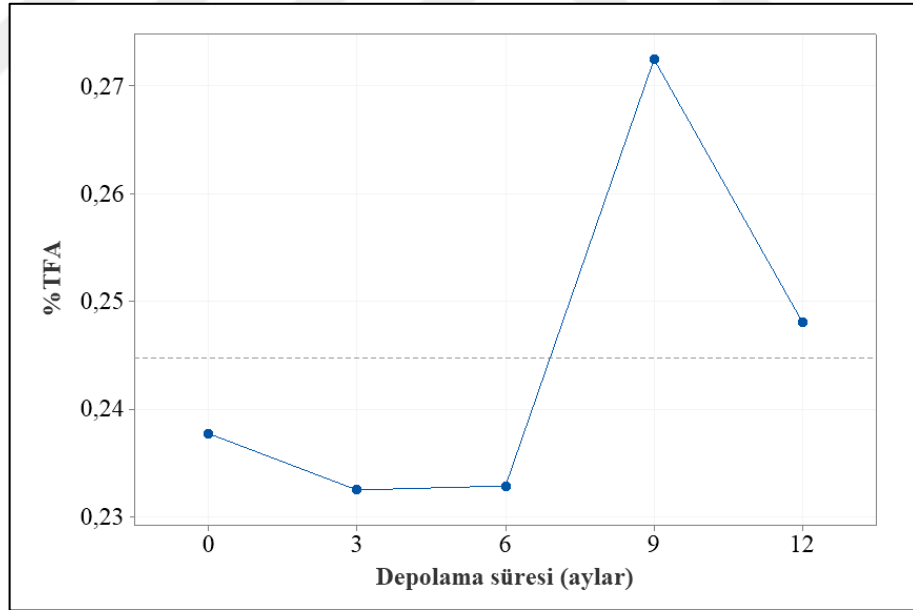
ANOVA tablosu zeytinyağlarının %MUFA-%PUFA-%SFA ve %TFA (C18:1nt) değerleri için oluşturulan tüm modellerin %95 güven aralığında önemli olduğunu göstermektedir (Çizelge 4.8). Zeytinyağı tipinin örneklerin TFA, MUFA ve SFA içerikleri üzerinde önemli etkileri olduğu görülmektedir ($p<0,05$). Zeytinyağı örnekleri arasında en yüksek MUFA konsantrasyonunun Trilye zeytinyağlarında bulunduğu saptanmıştır (Şekil 4.29). Liyofilize semizotu oranı yalnızca örneklerin PUFA yüzdelinde anlamlı etkiler yaratmaktadır ($p<0,05$). Liyofilize semizotu oranının örneklerin PUFA yüzdelerini bir miktar etkilediği temel etki grafiğinde görülmektedir (Şekil 4.30). Depolama süresi ise sadece zeytinyağlarının TFA değerlerini etkilemektedir ($p<0,05$). Depolamanın 9. ayında zeytinyağı örneklerinin TFA yüzdelerinde az da olsa artış mevcuttur (Şekil 4.31). Seçilen faktörler arasındaki ikili etkileşimler zeytinyağı örneklerinin %MUFA-%PUFA-%SFA-%TFA değerleri üzerinde farkedilir bir değişim yaratmamaktadır ($p>0,05$).



Şekil 4.29 Zeytinyağlarının MUFA Değerleri Üzerine Zeytinyağı Tipinin Temel Etki Grafiği



Şekil 4.30 Zeytinyağlarının PUFA Değerleri Üzerine Liyofilize Semizotu Oranının Temel Etki Grafiği



Şekil 4. 31 Zeytinyağlarının TFA Değerleri Üzerine Depolama Süresinin Temel Etki Grafiği

Çizelge 4.2 Zeytinyağı Örneklerinin Baskın Yağ Asitleri Yüzdeleri

Örnek Kodu	Zeytin tipi	Depolama Süresi (ay)	Semizotu Oranı (%)	C16:0 (%)	C18:1nt (%)	C18:1nc (%)	C18:2n6 (%)	MUFA (%)	PUFA (%)	SFA (%)	PUFA/SFA
G00	Gemlik	0	0	13,77±0,01	0,24±0,01	73,58±0,03	8,56±0,02	75,41±0,02	8,93±0,03	15,66±0,05	0,57±0,04
G01	Gemlik	0	1	13,51±0,02	0,24±0,01	74,09±0,02	8,61±0,02	75,93±0,01	8,99±0,02	15,09±0,05	0,60±0,03
G02	Gemlik	0	2	13,72±0,01	0,24±0,02	73,82±0,01	8,53±0,03	75,65±0,03	8,89±0,01	15,46±0,03	0,57±0,03
T00	Trilye	0	0	12,19±0,02	0,23±0,02	78,48±0,02	6,12±0,01	80,02±0,03	6,41±0,03	13,57±0,04	0,47±0,02
T01	Trilye	0	1	12,32±0,03	0,25±0,03	77,65±0,01	6,40±0,04	79,25±0,01	6,73±0,02	14,03±0,02	0,48±0,01
T02	Trilye	0	2	11,59±0,01	0,25±0,01	78,26±0,04	6,53±0,03	79,88±0,03	6,86±0,04	13,26±0,03	0,52±0,06
D00	Domat	0	0	14,14±0,02	0,23±0,02	73,82±0,01	8,05±0,02	75,57±0,04	8,43±0,05	16,00±0,05	0,53±0,04
D01	Domat	0	1	14,21±0,03	0,23±0,03	73,49±0,02	7,99±0,03	75,23±0,05	8,37±0,02	16,40±0,06	0,51±0,02
D02	Domat	0	2	14,24±0,01	0,23±0,03	73,78±0,02	8,01±0,05	75,53±0,05	8,36±0,01	16,11±0,04	0,52±0,03
G30	Gemlik	3	0	13,59±0,02	0,24±0,04	73,88±0,03	8,55±0,01	75,70±0,06	8,92±0,02	15,38±0,03	0,58±0,01
G31	Gemlik	3	1	13,71±0,01	0,24±0,01	73,91±0,01	8,54±0,02	75,73±0,02	8,91±0,03	15,36±0,03	0,58±0,03
G32	Gemlik	3	2	14,22±0,02	0,23±0,02	73,55±0,01	8,44±0,05	75,36±0,01	8,78±0,04	15,86±0,02	0,55±0,01
T30	Trilye	3	0	12,07±0,01	0,24±0,04	77,91±0,02	6,44±0,03	79,50±0,03	6,78±0,05	13,72±0,01	0,49±0,05
T31	Trilye	3	1	12,04±0,02	0,24±0,01	77,85±0,02	6,43±0,02	79,45±0,04	6,75±0,03	13,80±0,05	0,49±0,07
T32	Trilye	3	2	12,19±0,01	0,24±0,02	77,77±0,03	6,43±0,01	79,36±0,03	6,78±0,02	13,86±0,02	0,49±0,02
D30	Domat	3	0	14,03±0,03	0,23±0,03	74,03±0,04	8,05±0,02	75,78±0,02	8,40±0,01	15,82±0,01	0,53±0,03
D31	Domat	3	1	14,15±0,01	0,23±0,01	73,93±0,05	8,02±0,04	75,67±0,01	8,37±0,02	15,96±0,04	0,52±0,02
D32	Domat	3	2	14,37±0,02	0,23±0,02	73,61±0,01	7,96±0,05	75,34±0,04	8,34±0,04	16,32±0,06	0,51±0,01
G60	Gemlik	6	0	13,60±0,01	0,24±0,03	73,91±0,02	8,54±0,02	75,73±0,01	8,92±0,03	15,36±0,05	0,58±0,01
G61	Gemlik	6	1	13,64±0,02	0,24±0,01	73,76±0,03	8,51±0,01	75,58±0,05	8,88±0,05	15,55±0,04	0,57±0,02
G62	Gemlik	6	2	14,43±0,02	0,23±0,03	73,34±0,04	8,37±0,05	75,13±0,06	8,73±0,01	16,14±0,03	0,54±0,04
T60	Trilye	6	0	11,63±0,02	0,24±0,01	78,11±0,03	6,46±0,03	79,70±0,03	6,78±0,01	13,52±0,02	0,50±0,03
T61	Trilye	6	1	12,06±0,01	0,24±0,02	77,79±0,02	6,42±0,02	79,38±0,02	6,77±0,02	13,86±0,01	0,49±0,05
T62	Trilye	6	2	12,46±0,02	0,24±0,02	77,41±0,01	6,35±0,05	78,99±0,02	6,70±0,03	14,31±0,05	0,47±0,05
D60	Domat	6	0	13,99±0,03	0,23±0,01	74,07±0,03	8,02±0,01	75,80±0,03	8,38±0,01	15,82±0,03	0,53±0,04
D61	Domat	6	1	14,16±0,02	0,23±0,03	74,21±0,02	8,04±0,02	75,96±0,04	8,40±0,04	15,64±0,02	0,54±0,04
D62	Domat	6	2	14,59±0,01	0,23±0,02	73,64±0,01	7,92±0,02	75,33±0,05	8,27±0,03	16,40±0,01	0,50±0,02

Çizelge 4.2 Zeytinyağı Örneklerinin Baskın Yağ Asitleri Yüzdeleri (Devam)

Örnek Kodu	Zeytin tipi	Depolama Süresi (ay)	Semizotu Oranı (%)	C16:0 (%)	C18:1nt (%)	C18:1nc (%)	C18:2n6 (%)	MUFA (%)	PUFA (%)	SFA (%)	PUFA/SFA
G90	Gemlik	9	0	13,24±0,05	0,29±0,01	72,47±0,05	8,45±0,01	74,31±0,02	8,82±0,03	16,86±0,06	0,52±0,04
G91	Gemlik	9	1	13,73±0,03	0,30±0,03	73,87±0,02	8,68±0,02	75,78±0,03	9,05±0,04	15,16±0,01	0,60±0,02
G92	Gemlik	9	2	12,32±0,04	0,28±0,02	76,70±0,03	7,80±0,04	78,50±0,04	8,16±0,03	13,35±0,05	0,61±0,01
T90	Trilye	9	0	11,65±0,01	0,27±0,04	76,63±0,01	6,38±0,02	78,23±0,05	6,72±0,02	15,05±0,04	0,45±0,03
T91	Trilye	9	1	11,71±0,02	0,27±0,03	76,81±0,04	6,42±0,03	78,43±0,01	6,76±0,01	14,81±0,03	0,46±0,01
T92	Trilye	9	2	13,59±0,01	0,27±0,02	73,92±0,05	8,63±0,05	75,78±0,06	9,02±0,02	15,19±0,02	0,59±0,06
D90	Domat	9	0	13,75±0,03	0,26±0,01	73,00±0,06	7,98±0,06	74,75±0,04	8,36±0,03	16,90±0,01	0,49±0,07
D91	Domat	9	1	13,89±0,04	0,26±0,03	73,13±0,03	7,99±0,02	74,89±0,03	8,37±0,04	16,74±0,06	0,50±0,03
D92	Domat	9	2	14,12±0,04	0,25±0,01	74,04±0,03	8,11±0,01	75,81±0,02	8,48±0,05	15,71±0,04	0,54±0,01
G120	Gemlik	12	0	13,09±0,01	0,23±0,05	71,69±0,02	8,36±0,06	73,46±0,05	8,72±0,01	17,82±0,03	0,49±0,02
G121	Gemlik	12	1	13,07±0,02	0,24±0,02	72,23±0,01	8,42±0,05	74,01±0,01	8,78±0,03	17,21±0,02	0,51±0,01
G122	Gemlik	12	2	13,25±0,06	0,26±0,03	73,04±0,05	8,58±0,01	74,90±0,06	8,94±0,04	16,15±0,01	0,55±0,05
T120	Trilye	12	0	12,25±0,07	0,23±0,01	75,61±0,04	6,19±0,02	77,12±0,03	6,53±0,05	16,36±0,01	0,40±0,05
T121	Trilye	12	1	11,47±0,05	0,24±0,04	76,55±0,02	6,37±0,03	78,12±0,05	6,72±0,06	15,16±0,02	0,44±0,07
T122	Trilye	12	2	11,40±0,03	0,27±0,02	77,49±0,01	6,50±0,05	79,12±0,06	6,84±0,03	14,03±0,03	0,49±0,08
D120	Domat	12	0	13,75±0,04	0,27±0,04	73,00±0,05	7,96±0,01	74,75±0,03	8,32±0,07	16,93±0,04	0,49±0,06
D121	Domat	12	1	13,83±0,05	0,25±0,02	73,28±0,01	8,00±0,06	75,03±0,04	8,38±0,02	16,59±0,04	0,50±0,01
D122	Domat	12	2	13,57±0,06	0,23±0,01	72,89±0,02	7,98±0,02	74,61±0,05	8,36±0,01	17,04±0,01	0,49±0,03

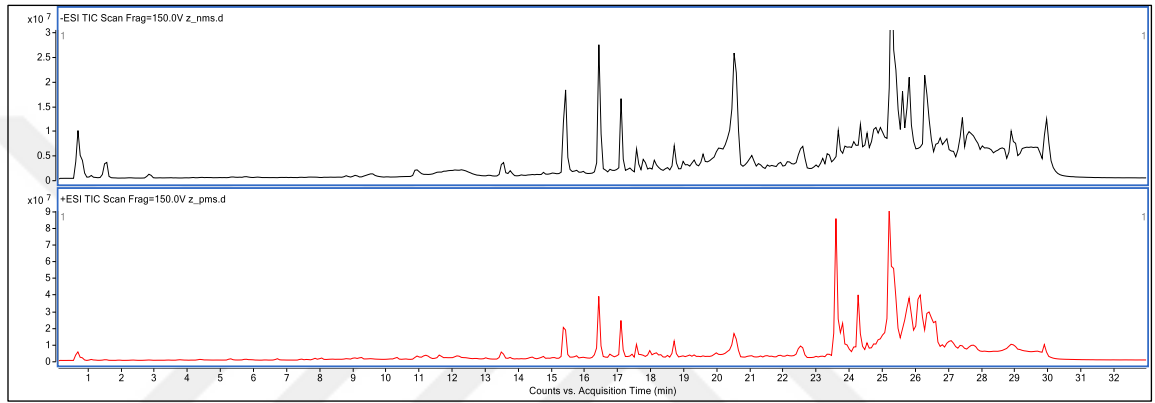
4.6 Zeytinyağı Örneklerinin Metabolomik Bileşenleri

Liyofilize semizotu katkılı ve katkısız zeytinyağı örneklerinde 18 adet fenolik bileşik, 4 adet sterol olmak üzere 22 farklı metabolomik bileşen tespit edilmiştir. Tespit edilen metabolitler zeytinyağlarında yaygın olarak bulunan fenolik bileşenler ve steroller gruplarına aittir. Çizelge 4.3'te zeytinyağı örneklerinde belirlenen metabolitlere ilişkin bilgiler açıklanmıştır.

Çizelge 4.3 Q-TOF/LCMS Cihazı ile Belirlenen Zeytinyağı Metabolomiklerine İlişkin Bilgiler

No	Bileşenler	Kapalı Formül	İyonlaşma Modu	Alıkonma Süresi (dk)	Molekül Kütlesi (g/mol)	Öncü iyon (m/z)
	Gallik asit (iç standart)	C ₇ H ₆ O ₅	(-)	1,60	170,12	169,0142
Fenolik Bileşenler						
1		C ₈ H ₁₀ O ₃	(-)	2,90	154,16	153,0557
2	Tirozol	C ₈ H ₁₀ O ₂	(-)	4,10	138,16	137,0608
3	m-kumarik asit	C ₉ H ₈ O ₃	(-)	8,80	164,04	163,0400
4	Sinapik asit	C ₁₁ H ₁₄ O ₅	(-)	9,50	224,21	225,0768
5	Hidroksitirozol asetat	C ₁₀ H ₁₂ O ₄	(-)	10,90	196,20	195,0663
6	Elenolik asit	C ₁₁ H ₁₄ O ₆	(-)	12,20	242,07	241,0715
7	t-sinnamik asit	C ₉ H ₂ O ₂	(-)	13,80	148,16	187,0975
8	Hidroksitirozole bağlı elenolik asidin dialdehit formu	C ₁₇ H ₂₀ O ₆	(-)	15,70	320,12	319,1000
9	Luteolin	C ₁₅ H ₁₀ O ₆	(-)	17,80	286,24	285,0403
10	Oleokantalik asit	C ₁₇ H ₂₀ O ₅	(-)	17,90	304,34	319,1189
11	1-asetoksipinoresinol	C ₂₂ H ₂₄ O ₈	(-)	18,70	416,40	415,1390
12	Apigenin	C ₁₅ H ₁₀ O ₅	(-)	19,60	270,24	269,0456
13	Oleuropein aglikonun aldehidik formu	C ₁₉ H ₂₂ O ₈	(-)	20,40	378,00	377,1241
14	Oleuropein aglikon	C ₁₉ H ₂₂ O ₈	(+)	20,50	378,40	379,1000
15	Oleuropein aglikonun dialdehidik formu	C ₁₉ H ₂₂ O ₈	(-)	20,50	378,38	377,1236
14	Oleuropein aglikon	C ₁₉ H ₂₂ O ₈	(-)	20,60	378,40	377,1233
16	Ligstrosit türevi	C ₁₉ H ₂₁ O ₇	(-)	21,60	362,00	361,1304
17	Ligstrosit aglikon	C ₁₉ H ₂₂ O ₇	(-)	22,50	362,10	361,1293
18	Ligstrosit aglikonun aldehidik formu	C ₁₉ H ₂₂ O ₇	(-)	22,60	362,00	361,1200
Steroller						
19	Δ ⁵ -Avenasterol	C ₂₉ H ₄₈ O	(-)	25,20	412,70	610,0000
22	Kampesterol	C ₂₈ H ₄₈ O	(-)	26,20	400,70	399,6000
23	β-sitosterol	C ₂₉ H ₅₀ O	(+)	27,10	414,71	457,2875
24	Stigmasterol	C ₂₉ H ₄₈ O	(-)	28,90	412,70	443,6989

Zeytinyağı örneklerinde tespit edilen metabolitler % bağıl miktar üzerinden hesaplanmıştır. Zeytinyağlarına ilişkin Q-TOF/LCMS cihazından elde edilen örnek bir kromatogram Şekil 4.32.'de gösterilmektedir. Liyofilize semizotu oranı, depolama süresi ve zeytinyağı çeşidine göre metabolomik bileşenlerin bağıl yüzdeleri arasında farklılıklar olduğu açığa çıkarılmıştır. Gemlik, Trilye ve Domat zeytinyağlarının fenolik bileşenler ve sterol profilleri daha önceki çalışmalarla benzerlikler içermektedir (Arslan ve Ok, 2020; Dağdelen vd. 2013; Jolayemi vd., 2021; Yorulmaz ve Konuskan, 2017; Yorulmaz vd., 2014).

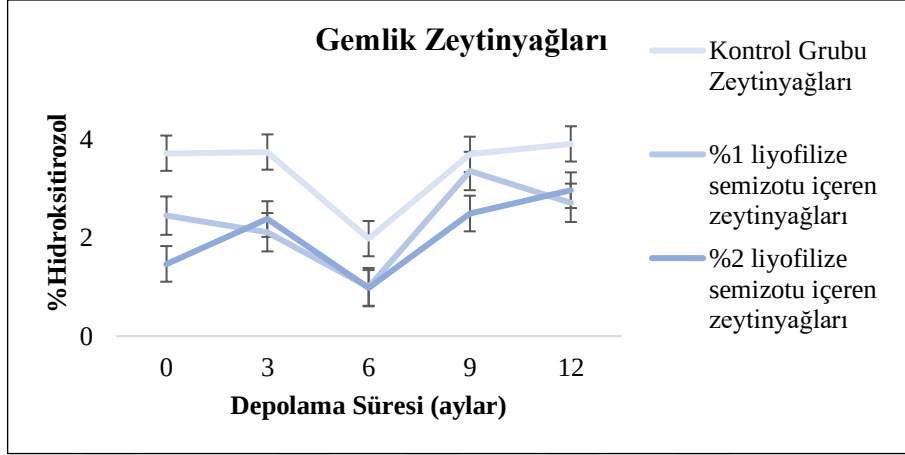


Şekil 4. 32 Zeytinyağı Örnekleri İçin Q-TOF/LCMS Cihazından Elde Edilen Bir Kromatogram

4.6.1 Zeytinyağı Örneklerinin Fenolik Alkol İçerikleri

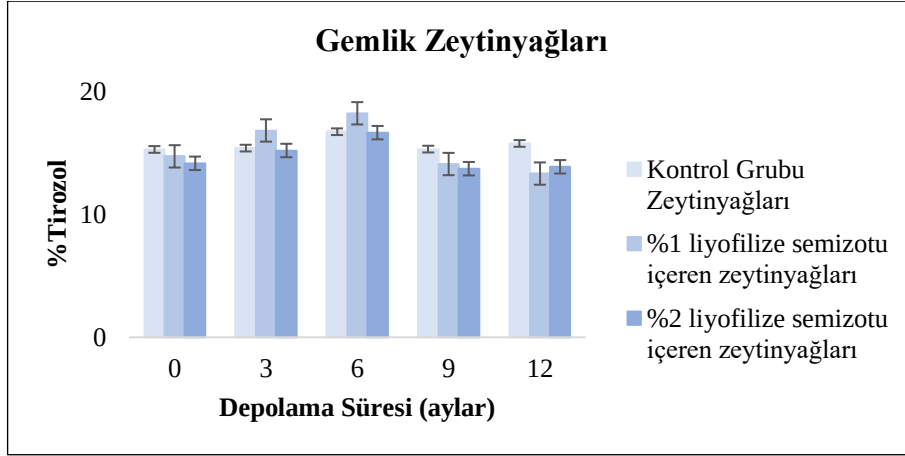
Zeytinyağlarında yüksek miktarlarda bulunan fenolik alkoller hidroksitirozol (3,4-DHPEA) ve tirozol (p-HPEA), hidroksitirozol asetatı (3,4-DHPEA-AC). Bu fenoliklerin miktarları taze zeytinyağlarında düşükken depolama sırasında artışlar göstermektedir. Bu durum fenolik bileşenlerin hidroliziyle açıklanmaktadır (Bianco vd., 1998). Tirozol, hidroksitirozol ve 3,4-DHPEA-AC tüm zeytinyağı örneklerinde saptanmıştır. Depolamanın başlangıcında Gemlik, Trilye ve Domat zeytinyağlarının hidroksitirozol yüzdeleri 0,63-4,55 aralığında değişim göstermektedir (Çizelge 4.4). Zeytinyağlarının hidroksitirozol yüzdeleri depolamanın ilk 6 ayı boyunca azalırken son 6 aya gelindiğinde hidroksitirozol miktarlarında yükselmeler olduğu farkedilmiştir. Bu durum özellikle Gemlik zeytinyağlarında daha belirgin

görülmektedir (Şekil 4.33.). Depolama sırasında hidroksitirozol miktarlarının artması ana sekoiridoitlerin parçalandığının bir göstergesi olarak kabul edilmektedir (Castillo-Luna vd., 2021).

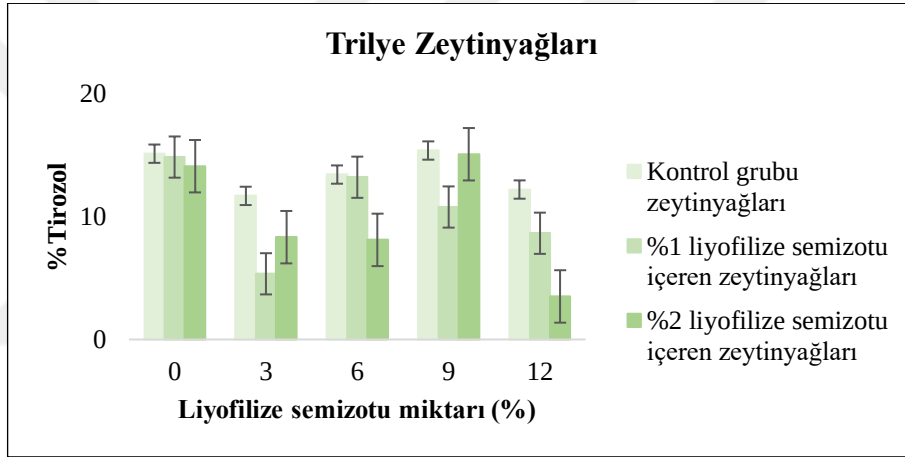


Şekil 4.33 Gemlik Zeytinyağlarının Hidroksitirozol Yüzdeleri

Gemlik, Trilye ve Domat zeytinyağlarının başlangıç tirozol miktarları sırasıyla %15,27, %15,10 ve %14,09 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.4). Trilye ve Gemlik zeytinyağlarının tirozol yüzdeleri depolama periyodu boyunca dalgalanmalar göstermektedir. En yüksek tirozol miktarına (%18,21) depolamanın 6. ayında %1 liyofilize semizotu ile katkılandırılmış Gemlik zeytinyağında rastlanmıştır (Şekil 4.34). En düşük tirozol miktarı ise (%3,5) depolamanın 12. ayında %2 oranında liyofilize semizotu içeren Trilye zeytinyağında görülmüştür (Şekil 4.35).



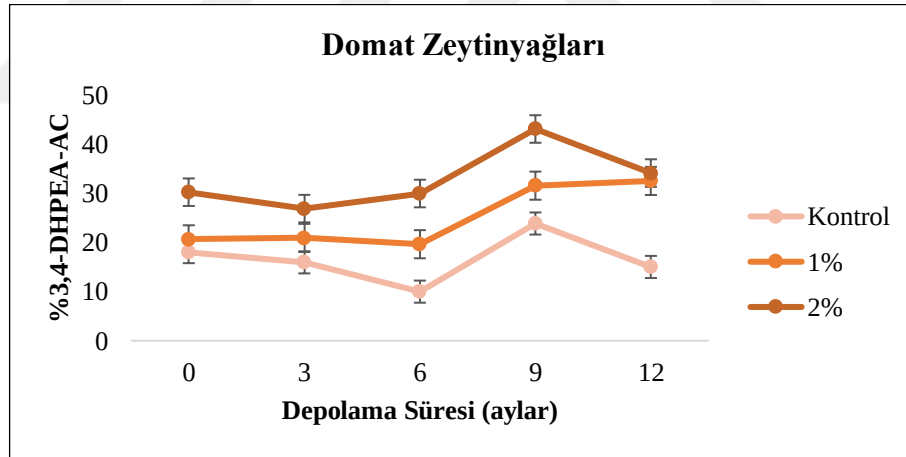
Şekil 4.34 Gemlik Zeytinyağlarının Tirozol Yüzdeleri



Şekil 4.35 Trilye Zeytinyağlarının Tirozol Yüzdeleri

Tunus zeytinyağlarının farklı sıcaklıklarda 18 ay süreyle depolandığı bir çalışmada, tirozol ve hidroksitirozol miktarlarının depolama süresi boyunca azaldığı tespit edilmiştir (Krichene vd., 2015). Yunan zeytinyağlarının oda sıcaklığında en fazla 4 ay depolanmasının önerildiği bir araştırmada, tirozol ve hidroksitirozol miktarlarının depolama süresince azaldığı ortaya çıkarılmıştır (Stefanoudaki vd., 2010). Benzer şekilde analiz edilen zeytinyağı örneklerinin fenolik alkollerinin depolama süresince dalgalanmalar gösterdiği ve 12. aya ulaşıldığında başlangıç miktarlarına kıyasla azalmalar olduğu görülmektedir.

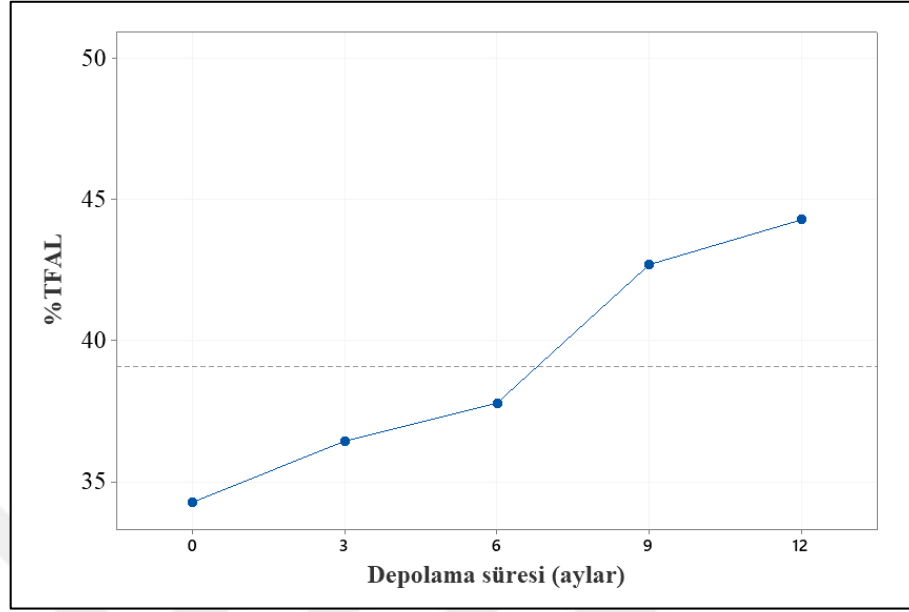
Depolamanın başlangıcında, Gemlik zeytinyağı %6,99, Trilye zeytinyağı %19,32 ve Domat zeytinyağı %18 oranlarında 3,4-DHPEA-AC içermektedir (Çizelge 4.4.). Zeytinyağı tipinden bağımsız olarak kontrol grubu örneklerinin 3,4-DHPEA-AC yüzdeleri depolama süresince azalırken, katkılı zeytinyağı örneklerinde liyofilize semizotu oranı arttıkça 3,4-DHPEA-AC yüzdelerinin arttığı görülmektedir (Çizelge 4.4). Bu artış Domat zeytinyağı örneklerinde daha belirgindir. %2 oranında liyofilize semizotu ile katkılanırılan Domat zeytinyağlarının 3,4-DHPEA-AC miktarları kontrol grubu örneklerine göre daha yüksektir. Depolamanın ilk 6 ayı boyunca tüm örneklerde bulunan 3,4-DHPEA-AC yüzdeleri azalırken, 9. aya gelindiğinde ise bir miktar artış olduğu gözlemlenmiştir. Depolamanın 12. ayında ise %1 ve %2 oranlarında liyofilize semizotu içeren zeytinyağı örnekleri benzer değerlerde 3,4-DHPEA-AC içermektedir (Şekil 4.36). İtalyan zeytinyağlarının fenolik bileşenleri ile duyusal parametreleri arasındaki ilişkinin araştırıldığı bir çalışmada, 3,4-DHPEA-AC'nin zeytinyağlarında acı ve keskin tattan sorumlu olduğu ve depolama süresince miktarının azaldığı ortaya çıkarılmıştır (Esti vd., 2009).



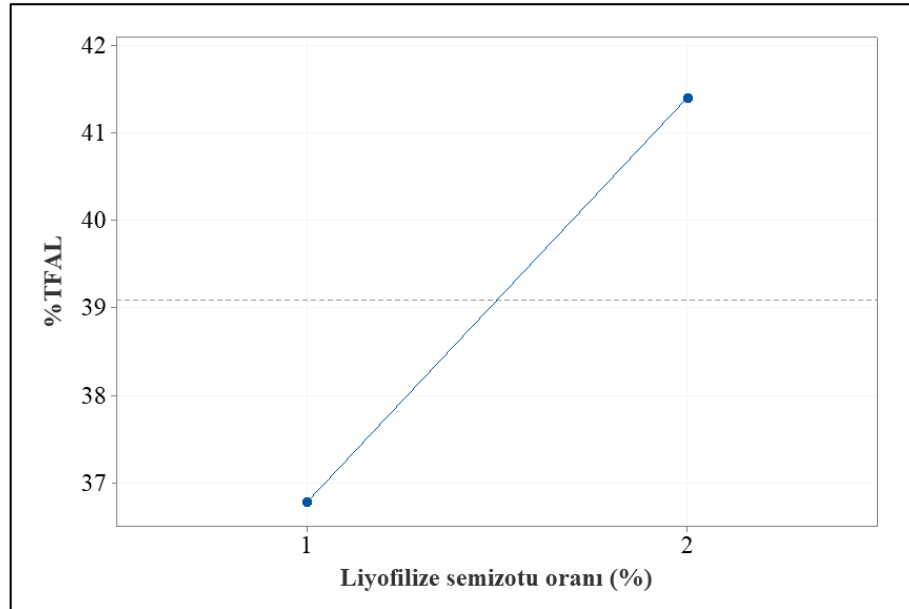
Şekil 4.36 Domat Zeytinyağlarının 3,4-DHPEA-AC Yüzdeleri

Zeytinyağı örneklerinin toplam fenolik alkol (TFAL) değerleri için oluşturulan modelin anlamlı ve tüm faktörlerin zeytinyağlarının TFAL içerikleri üzerinde önemli etkilere sahip oldukları görülmektedir ($p < 0,05$) (Çizelge 4.8). İstatistiksel analiz sonuçları, zeytinyağlarının TFAL miktarlarının depolama süresince artış gösterdiğini işaret etmektedir (Şekil 4.37). Katkılandırma işleminde kullanılan liyofilize semizotu oranının artması TFAL yüzdelерinde artışa sebebiyet vermektedir (Şekil 4.38). Trilye

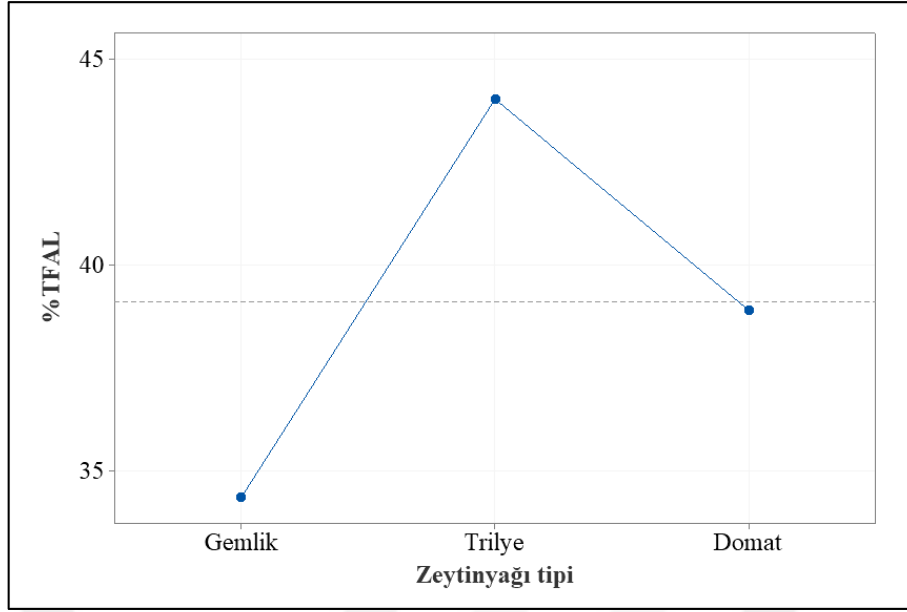
zeytinyağlarının en yüksek TFAL değerlerine sahip oldukları istatistiksel olarak görülmektedir (Şekil 4.39).



Şekil 4.37 Zeytinyağlarının TFAL Değerleri Üzerine Depolama Süresinin Temel Etki Grafiği



Şekil 4.38 Zeytinyağlarının TFAL Değerleri Üzerine Liyofilize Semizotu Oranının Temel Etki Grafiği

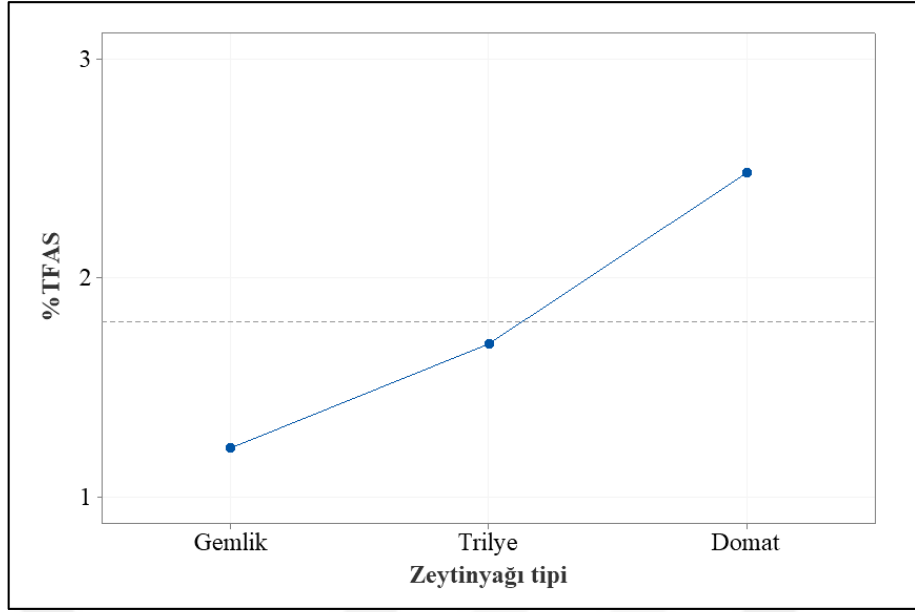


Şekil 4.39 Zeytinyağlarının TFAL Değerleri Üzerine Zeytinyağı Tipinin Temel Etki Grafiği

4.6.2 Zeytinyağı Örneklerinin Fenolik Asit İçerikleri

m-kumarik, sinapinik, t-sinamik asitler zeytinyağlarında tespit edilebilen fenolik asitlerdir. t-sinamik ve m-kumarik asit zeytinyağı örneklerinde sırasıyla %0,19-0,98 ve %0,10-0,44 gibi düşük oranlarda tespit edilmiştir. Domat zeytinyağı örnekleri diğer yağ çeşitlerine göre daha yüksek sinapinik asit (%2,26-1,09) içermektedir (Çizelge 4.4). Gemlik, Trilye ve Domat zeytinyağlarının fenolik asit kompozisyonları daha önceki çalışmalarla benzerlikler içermektedir (Dağdelen vd. 2013; Jolayemi vd., 2021).

Zeytinyağı örneklerinin toplam fenolik asit (TFAS) değerleri için oluşturulan modelin anlamlı ve tüm faktörler arasında sadece zeytinyağı tipinin örneklerin TFAS içerikleri üzerinde önemli etkiye sahip olduğu saptanmıştır ($p < 0,05$) (Çizelge 4.8). İstatistiksel analiz sonuçları, Domat zeytinyağlarının en yüksek, Gemlik zeytinyağlarının ise en düşük TFAS değerlerine sahip olduğunu belirtmektedir (Şekil 4.40).



Şekil 4.40 Zeytinyağlarının TFAS Değerleri Üzerine Zeytinyağı Tipinin Temel Etki Grafiği

Çizelge 4.4 Zeytinyağlarında Bulunan Fenolik Alkollerin ve Fenolik Asitlerin Bağlı Yüzdeleri

Örnek Kodu	Zeytin tipi	Depolama Süresi (ay)	Semizotu Oranı (%)	m-kumarik asit (%)	Sinapinik asit (%)	t-sinamik asit (%)	TFAS (%)	3,4-DHPEA-AC (%)	Hidroksitirozol (%)	Tirozol (%)	TFAL (%)
G00	Gemlik	0	0	0,25±0,02	1,07±0,01	0,25±0,01	1,56±0,03	6,99±0,05	3,72±0,05	15,27±0,05	25,97±0,06
G01	Gemlik	0	1	0,22±0,02	1,02±0,01	0,26±0,01	0,92±0,01	10,00±0,06	2,45±0,04	14,71±0,03	31,58±0,07
G02	Gemlik	0	2	0,16±0,01	0,84±0,02	0,52±0,03	0,97±0,01	20,44±0,07	1,47±0,03	14,14±0,04	32,26±0,05
T00	Trilye	0	0	0,16±0,01	0,33±0,02	1,29±0,02	0,67±0,02	19,32±0,06	1,13±0,01	15,10±0,06	31,47±0,08
T01	Trilye	0	1	0,13±0,01	0,44±0,03	0,84±0,01	0,66±0,02	20,78±0,07	0,57±0,01	14,83±0,05	28,50±0,08
T02	Trilye	0	2	0,11±0,01	0,35±0,02	0,60±0,01	1,51±0,04	22,59±0,06	0,90±0,02	14,09±0,03	27,16±0,09
D00	Domat	0	0	0,44±0,02	2,26±0,04	1,23±0,02	1,03±0,04	18,00±0,07	1,93±0,03	7,84±0,02	30,33±0,06
D01	Domat	0	1	0,30±0,02	1,98±0,01	0,39±0,01	1,17±0,04	20,60±0,05	0,88±0,02	8,52±0,02	30,41±0,05
D02	Domat	0	2	0,28±0,02	1,82±0,01	0,42±0,02	1,03±0,05	30,18±0,08	0,63±0,01	7,81±0,01	36,83±0,06
G30	Gemlik	3	0	0,14±0,01	0,59±0,01	0,19±0,01	1,13±0,05	12,45±0,05	3,74±0,04	15,38±0,03	33,33±0,05
G31	Gemlik	3	1	0,10±0,01	0,73±0,01	0,19±0,01	1,52±0,04	11,40±0,06	2,11±0,03	16,81±0,04	36,05±0,06
G32	Gemlik	3	2	0,11±0,01	0,86±0,02	0,50±0,01	1,48±0,03	17,43±0,07	2,38±0,04	15,19±0,05	34,99±0,06
T30	Trilye	3	0	0,37±0,02	0,40±0,02	0,70±0,01	1,37±0,03	25,71±0,08	5,63±0,05	11,67±0,02	37,37±0,08
T31	Trilye	3	1	0,16±0,01	0,37±0,01	1,39±0,02	0,97±0,02	35,10±0,08	3,75±0,03	5,34±0,05	40,25±0,08
T32	Trilye	3	2	0,25±0,02	0,44±0,02	2,91±0,03	1,06±0,02	28,59±0,06	1,67±0,01	8,32±0,06	36,85±0,09
D30	Domat	3	0	0,34±0,03	1,46±0,04	0,52±0,01	1,79±0,03	15,92±0,05	3,03±0,04	10,44±0,08	35,55±0,07
D31	Domat	3	1	0,28±0,02	1,39±0,02	0,46±0,02	1,46±0,02	20,89±0,06	2,49±0,02	8,33±0,04	43,01±0,05
D32	Domat	3	2	0,24±0,02	2,05±0,02	0,28±0,01	1,21±0,03	26,84±0,07	1,54±0,01	10,46±0,05	43,13±0,06
G60	Gemlik	6	0	0,11±0,01	0,62±0,03	0,25±0,01	1,10±0,01	13,57±0,06	1,98±0,02	16,71±0,06	35,40±0,07
G61	Gemlik	6	1	0,08±0,01	0,70±0,03	0,39±0,01	0,81±0,01	11,20±0,07	1,00±0,01	18,21±0,05	40,45±0,05
G62	Gemlik	6	2	0,10±0,01	0,88±0,02	0,38±0,01	1,42±0,01	19,75±0,06	0,98±0,05	16,64±0,02	36,18±0,06

*TFAL=Toplam Fenolik Alkoller; TFAS=Toplam Fenolik Asitler; 3,4-DHPEA-AC=Hidroksitirozol asetat

Çizelge 4.4 Zeytinyağlarında Bulunan Fenolik Alkollerin ve Fenolik Asitlerin Bağlı Yüzdeleri (Devam)

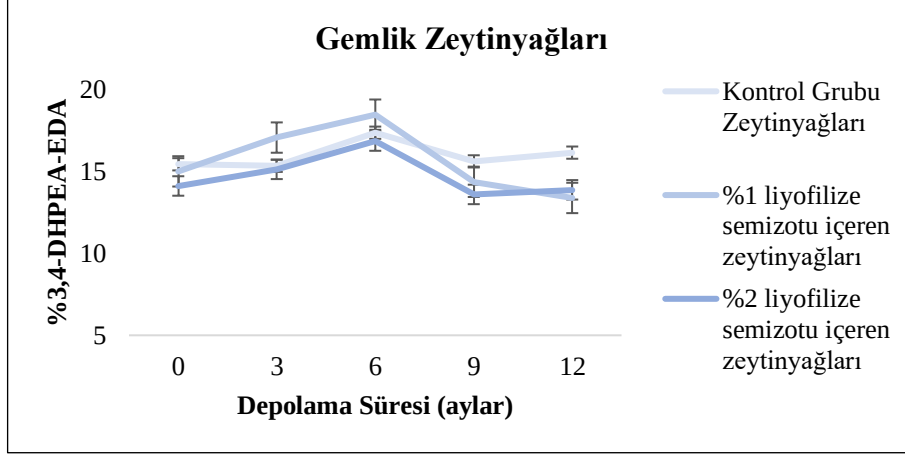
Örnek Kodu	Zeytin tipi	Depolama Süresi (ay)	Semizotu Oranı (%)	m-kumarik asit (%)	Sinapinik asit (%)	t-sinamik asit (%)	TFAS (%)	3,4-DHPEA-AC (%)	Hidroksitirozol (%)	Tirozol (%)	TFAL (%)
T60	Trilye	6	0	0,17±0,07	0,27±0,02	0,77±0,03	1,92±0,01	25,46±0,05	4,26±0,04	13,41±0,05	44,19±0,06
T61	Trilye	6	1	0,13±0,03	0,37±0,03	1,89±0,01	2,39±0,02	23,74±0,07	1,42±0,01	13,19±0,05	38,34±0,04
T62	Trilye	6	2	0,17±0,07	0,48±0,04	0,72±0,02	1,32±0,03	38,90±0,08	1,59±0,01	8,10±0,04	46,41±0,04
D60	Domat	6	0	0,31±0,03	1,74±0,07	0,30±0,01	1,39±0,03	9,97±0,09	2,56±0,02	12,30±0,03	50,91±0,07
D61	Domat	6	1	0,30±0,03	1,91±0,09	0,58±0,05	1,06±0,01	19,61±0,06	2,13±0,02	10,50±0,03	37,58±0,08
D62	Domat	6	2	0,23±0,02	2,12±0,02	0,39±0,03	3,60±0,03	29,91±0,09	1,32±0,01	8,51±0,02	38,58±0,05
G90	Gemlik	9	0	0,13±0,01	0,37±0,03	0,17±0,01	1,36±0,01	12,48±0,08	3,70±0,03	15,30±0,05	48,58±0,04
G91	Gemlik	9	1	0,13±0,01	0,54±0,05	0,36±0,03	1,10±0,01	19,39±0,09	3,36±0,03	14,09±0,04	40,40±0,06
G92	Gemlik	9	2	0,14±0,01	0,46±0,06	0,36±0,02	1,44±0,04	24,05±0,05	2,49±0,04	13,71±0,03	59,03±0,06
T90	Trilye	9	0	0,19±0,01	0,30±0,03	0,61±0,02	3,92±0,03	15,98±0,08	4,05±0,04	15,36±0,05	27,78±0,07
T91	Trilye	9	1	0,20±0,02	0,35±0,05	0,77±0,04	2,33±0,02	32,82±0,08	2,82±0,08	10,77±0,05	29,40±0,05
T92	Trilye	9	2	0,09±0,01	0,77±0,05	0,25±0,02	2,34±0,04	22,71±0,07	2,64±0,06	15,06±0,06	24,83±0,04
D90	Domat	9	0	0,33±0,03	1,08±0,04	0,70±0,03	2,12±0,02	23,81±0,08	3,73±0,06	8,75±0,05	36,29±0,06
D91	Domat	9	1	0,33±0,04	1,32±0,03	0,63±0,04	1,93±0,01	31,51±0,05	2,79±0,09	7,19±0,03	29,10±0,07
D92	Domat	9	2	0,26±0,06	1,22±0,03	0,51±0,05	2,68±0,02	43,02±0,03	1,47±0,07	6,25±0,02	29,99±0,09
G120	Gemlik	12	0	0,13±0,01	0,33±0,01	0,19±0,01	2,12±0,01	8,83±0,03	3,91±0,09	15,76±0,05	31,70±0,08
G121	Gemlik	12	1	0,17±0,01	0,56±0,03	0,39±0,02	2,79±0,02	17,31±0,07	2,71±0,07	13,31±0,03	32,24±0,06
G122	Gemlik	12	2	0,15±0,01	0,62±0,06	0,29±0,03	2,28±0,02	20,02±0,02	2,97±0,09	13,86±0,03	41,49±0,05
T120	Trilye	12	0	0,22±0,02	0,16±0,01	0,42±0,04	2,88±0,02	23,71±0,07	4,55±0,05	12,19±0,02	42,24±0,07
T121	Trilye	12	1	0,35±0,03	0,34±0,04	0,70±0,05	2,52±0,05	39,33±0,03	2,94±0,09	8,64±0,02	38,62±0,08
T122	Trilye	12	2	0,25±0,05	0,38±0,08	0,80±0,05	2,58±0,05	53,27±0,05	2,26±0,06	3,50±0,03	38,84±0,06
D120	Domat	12	0	0,39±0,03	1,09±0,09	0,45±0,04	2,73±0,03	14,99±0,04	3,19±0,09	10,93±0,01	39,74±0,04
D121	Domat	12	1	0,40±0,04	1,50±0,05	0,98±0,03	1,99±0,02	32,47±0,07	2,60±0,06	7,17±0,02	50,74±0,05
D122	Domat	12	2	0,29±0,02	1,44±0,04	0,52±0,03	2,24±0,02	34,07±0,04	1,68±0,08	7,57±0,05	43,32±0,04

*TFAL=Toplam Fenolik Alkoller; TFAS=Toplam Fenolik Asitler; 3,4-DHPEA-AC=Hidroksitirozol asetat

4.6.3 Zeytinyağı Örneklerinin Sekoiridoit İçerikleri

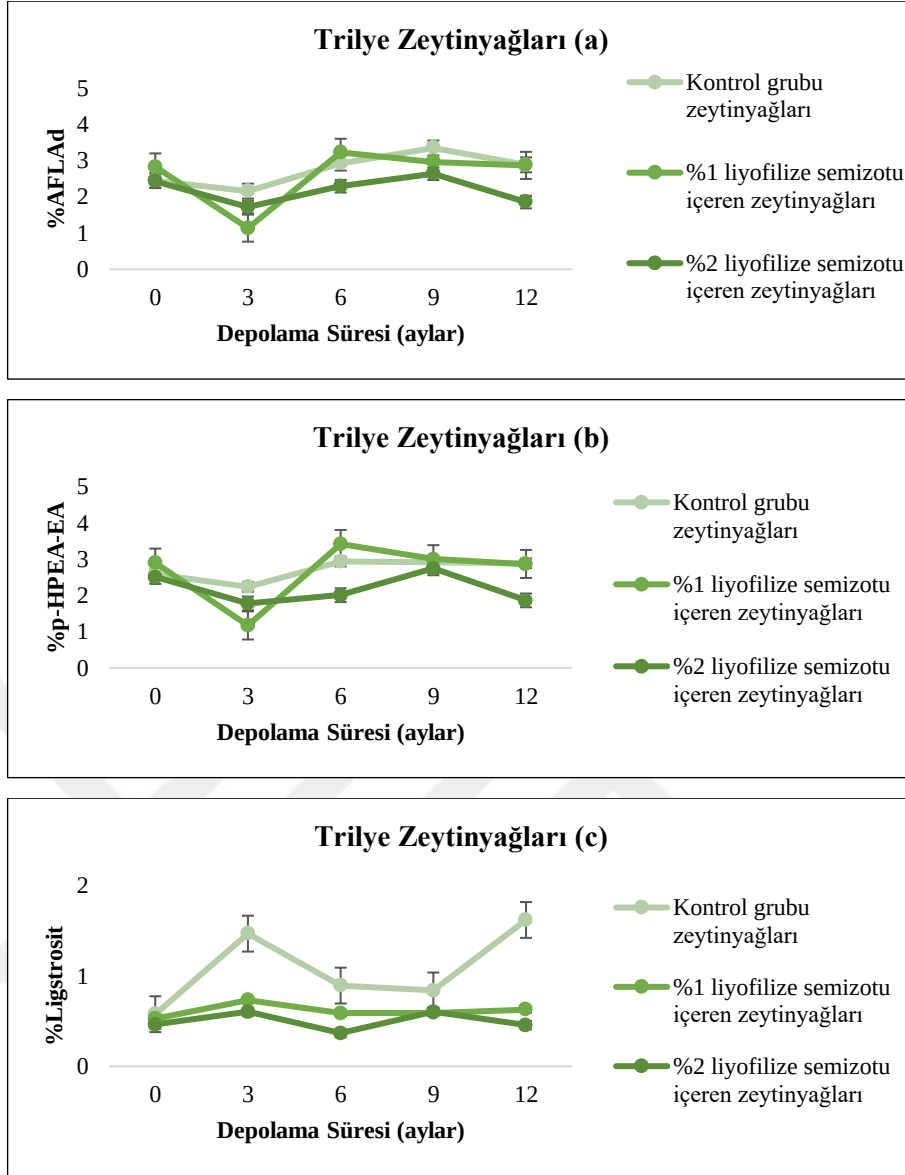
Oleuropein aglikon (3,4-DHPEA-EA), oleuropein aglikonun dialdehidik (DAFOA) ve aldehidik formları (AFOA), ligstrosit, ligstrosit aglikon (p-HPEA-EA), ligstrosit aglikonun aldehidik formu (AFLAd), oleokantalik ve elenolik asitler, elenolik asidin hidroksitirozole bağlı dialdehidik formu (3,4-DHPEA-EDA) zeytinyağı örneklerinde bulunan sekoiridoitler ve türevleridir (Çizelge 4.5). 3,4-DHPEA-EA, aldehidik ve dialdehidik formlarına kıyasla daha yüksek konsantrasyonlarda hesaplanmıştır. Trilye zeytinyağının %3,34 oranıyla en yüksek 3,4-DHPEA-EA miktarına sahip olduğu görülmüştür. Domat zeytinyağı ise en yüksek DAFOA (%3,46) ve AFOA (%1,73) miktarlarını içermektedir (Çizelge 4.5). Liyofilize semizotu ile yapılan katkılandırma işlemi zeytinyağlarının 3,4-DHPEA-EA, DAFOA, AFOA yüzdeleri üzerinde farkedilir bir etki yaratmamıştır. Depolamanın ilk 6 ayında 3,4-DHPEA-EA ve türevlerinde bir miktar azalma, son 6 ayda ise nispi artışlar olduğu gözlemlenmiştir (Çizelge 4.5). İspanyol zeytinyağlarının 10 ay süreyle depolandığı bir çalışmada, örneklerin oleuropein aglikon miktarlarında depolamanın ilk 6 ayında azalmalar, daha sonra ise nispi artışlar olduğu tespit edilmiştir (Lozano-Sánchez vd., 2013).

Depolamanın başlangıcında Gemlik, Trilye ve Domat zeytinyağlarının 3,4-DHPEA-EDA içerikleri sırasıyla %15,43, %15,75 ve %8,41'dir. 3,4-DHPEA-EDA tüm zeytinyağı örneklerinde hidroksitirozol ve elenolik asitten daha yüksek oranlarda bulunmaktadır. Zeytinyağlarının 3,4-DHPEA-EDA yüzdeleri depolamanın ilk 6 ayı boyunca artışlar gösterirken son 6 aya gelindiğinde 3,4-DHPEA-EDA miktarlarında düşüşler olduğu farkedilmiştir (Şekil 4.41). 8 farklı İtalyan zeytinyağının depolama prosesi boyunca uğradığı kimyasal değişimlerin incelendiği bir çalışmada, 3,4-DHPEA-EDA'nın zeytinyağı tipine göre değişim göstererek depolama periyodu boyunca azaldığı saptanmıştır (Vendrell Calatayud vd., 2024).



Şekil 4.41 Gemlik Zeytinyağlarının 4-DHPEA-EDA Yüzdeleri

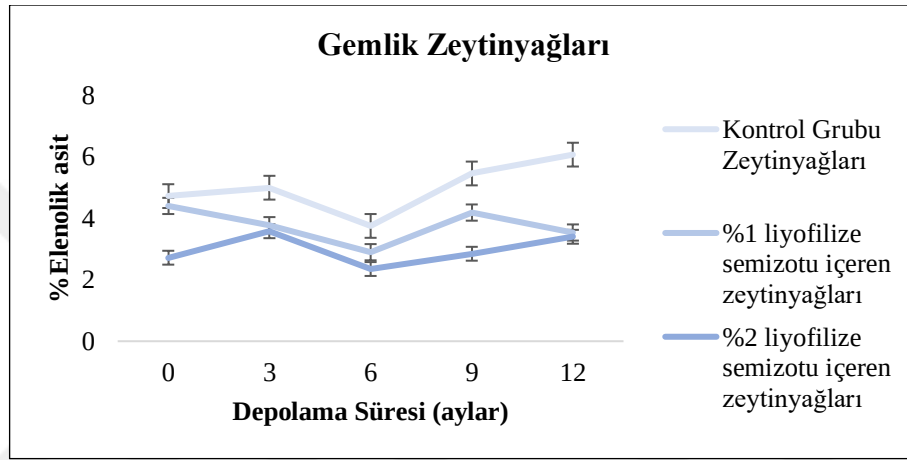
Ligstrosit %0,5-2,06 aralığı ile en yüksek Gemlik zeytinyağlarında bulunmaktadır. Trilye zeytinyağı %2,59 p-HPEA-EA ve %2,45 AFLAd değerleriyle en yüksek ligstrosit türev miktarlarını içermektedir. Trilye zeytinyağlarının p-HPEA-EA ve AFLAd yüzdeleri ilk 3 ayda düşüş, 6. ve 9. aylarda artış, 12. ayda ise tekrar düşüş göstererek dalgalanmaktadır. Kontrol grubu Trilye zeytinyağlarının ligstrosit değerlerinin, ilk 3 ayda artış, 6. ve 9. aylarda stabil, 12. Ayda ise tekrar yükseldiği görülmektedir (Şekil 4.42). Ligstrosit türevlerinin değerlerinde depolama sırasında görülen bu dalgalanmalar, İspanyol zeytinyağlarının 10 ay süreyle depolandığı farklı bir çalışmada da gözlemlenmiştir (Lozano-Sánchez vd., 2013).



Şekil 4.42 Trilite Zeytinyağlarının Aflad (A), P-HPEA-EA(B), Ligstrosit (C) Yüzdeleri

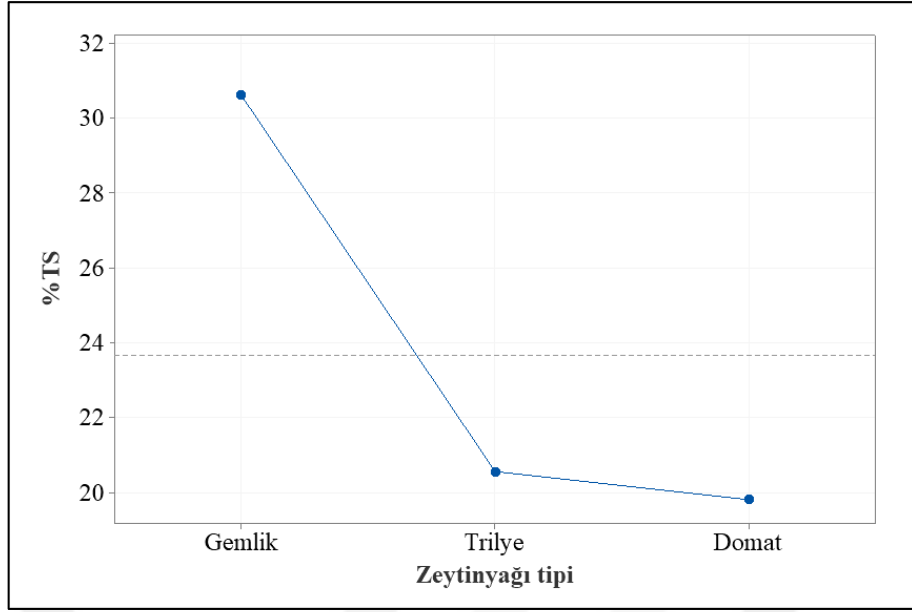
Oleokantalik asit ise tüm zeytinyağlarında düşük oranlarda tespit edilmiş ve depolama boyunca oleokantalik asit miktarları önemli değişiklikler göstermemiştir (Çizelge 4.5). En yüksek oleokantalik asit konsantrasyonu %0,64-1,28 aralığı ile Gemlik zeytinyağlarında tespit edilmiştir. Corbella tipi zeytinyağlarının oleokantalik asit miktarları, elde edilen verilerle benzerlik göstermektedir (Olmo-Cunillera vd., 2023). Depolama sırasında hidroksitirozol ve oleokantalik asit miktarlarının artması ana sekoiridoitlerin parçalandığının bir göstergesi olarak kabul edilir. Bu iki fenolik bileşen depolanmış zeytinyağlarının, eski ve yeni sezon zeytinyağı karışımlarının

tespiti için güvenilir belirteçler olarak önerilmektedir (Castillo-Luna vd., 2021). Elenolik asit, en yüksek Gemlik zeytinyağlarında tespit edilmiş ve kontrol grubu Gemlik zeytinyağı depolama süresince dalgalanmalar göstererek 12. ayda en yüksek değere ulaşmıştır. %1 ve %2 oranında liyofilize semizotu içeren Gemlik zeytinyağlarının elenolik asit yüzdelерinin depolamanın sonunda aynı değerlere ulaştığı görülmektedir (Şekil 4.43). Arbequina tipi zeytinyağlarının 12 ay depolandığı bir araştırmada da elenolik asidin depolama süresi boyunca arttığı ortaya çıkarılmıştır (Caipo vd., 2021).



Şekil 4.43 Gemlik Zeytinyağlarının Elenolik Asit Yüzdeleri

ANOVA tablosu zeytinyağı örneklerinin toplam sekoiridoit (TS) değerleri için oluşturulan modelin %95 güven aralığında önemli olduğunu göstermektedir (Çizelge 4.8). Zeytinyağı tipinin örneklerin TS içerikleri üzerinde önemli etkiye sahip olan tek faktör olduğu saptanmıştır ($p < 0,05$). Temel etki grafiği, Gemlik zeytinyağlarının en yüksek, Domat zeytinyağlarının ise en düşük TS değerlerine sahip olduklarını belirtmektedir (Şekil 4.44).



Şekil 4.44 Zeytinyağlarının TS Değerleri Üzerine Zeytinyağı Tipinin Temel Etki Grafiği

Çizelge 4. 5 Zeytinyağlarında Bulunan Sekoiridoitlerin Bağlı Yüzdeleri

Örnek Kodu	Zeytin tipi	Depolama Süresi (ay)	Semizotu Oranı (%)	Oleuropein aglikon (%)	AFOA (%)	DAFOA (%)	Ligstrosit (%)	p-HPEA-EA (%)	AFLAd (%)	3,4-DHPEA-EDA (%)	Elenolik asit (%)	Oleokantalik asit (%)	TS (%)
G00	Gemlik	0	0	3,02±0,05	0,61±0,01	1,00±0,01	2,06±0,02	2,42±0,04	2,35±0,03	15,43±0,05	4,72±0,04	1,28±0,08	32,89±0,08
G01	Gemlik	0	1	2,91±0,09	0,44±0,04	1,53±0,05	1,52±0,05	1,66±0,03	2,27±0,05	14,99±0,04	4,40±0,04	1,17±0,07	30,90±0,09
G02	Gemlik	0	2	2,64±0,06	0,40±0,04	1,86±0,06	0,77±0,07	2,22±0,02	2,11±0,6	14,10±0,01	2,72±0,07	0,97±0,09	27,79±0,07
T00	Trilye	0	0	3,34±0,04	1,94±0,09	0,47±0,07	0,58±0,05	2,59±0,05	2,45±0,05	15,75±0,05	1,89±0,08	0,16±0,01	29,15±0,05
T01	Trilye	0	1	3,30±0,03	1,45±0,01	0,63±0,06	0,53±0,03	2,90±0,09	2,83±0,08	15,12±0,02	1,71±0,07	0,18±0,01	28,64±0,06
T02	Trilye	0	2	2,94±0,04	0,62±0,02	0,69±0,09	0,46±0,06	2,51±0,05	2,43±0,04	14,54±0,04	1,45±0,05	0,20±0,01	25,83±0,08
D00	Domat	0	0	1,61±0,06	1,73±0,03	3,46±0,04	0,67±0,07	1,01±0,01	1,07±0,03	8,41±0,04	3,42±0,04	0,60±0,01	21,99±0,09
D01	Domat	0	1	1,73±0,03	1,94±0,07	3,39±0,04	0,54±0,05	0,86±0,06	1,30±0,05	9,14±0,01	2,75±0,07	0,52±0,01	22,18±0,08
D02	Domat	0	2	1,69±0,06	1,66±0,06	3,38±0,08	0,38±0,04	1,35±0,05	1,18±0,06	8,30±0,03	2,21±0,02	0,49±0,04	20,63±0,06
G30	Gemlik	3	0	2,80±0,08	0,78±0,07	0,50±0,01	1,04±0,01	2,80±0,02	2,80±0,07	15,33±0,05	4,99±0,09	0,85±0,02	31,90±0,09
G31	Gemlik	3	1	2,96±0,06	0,70±0,07	0,92±0,02	1,01±0,01	3,23±0,02	3,16±0,08	17,06±0,06	3,77±0,07	0,91±0,03	33,72±0,07
G32	Gemlik	3	2	2,62±0,06	0,47±0,04	1,49±0,04	0,68±0,01	2,97±0,07	2,97±0,07	15,12±0,02	3,58±0,08	0,86±0,02	30,75±0,05
T30	Trilye	3	0	0,35±0,03	0,39±0,03	1,16±0,01	1,47±0,04	2,24±0,04	2,16±0,02	11,90±0,01	5,85±0,05	0,59±0,05	26,12±0,06
T31	Trilye	3	1	1,11±0,01	0,14±0,01	0,86±0,06	0,73±0,03	1,17±0,01	1,14±0,01	5,50±0,05	3,45±0,05	0,43±0,03	14,52±0,05
T32	Trilye	3	2	1,50±0,05	0,04±0,01	0,93±0,03	0,60±0,01	1,78±0,07	1,72±0,02	8,51±0,04	1,17±0,07	0,33±0,01	16,57±0,07
D30	Domat	3	0	1,92±0,09	0,26±0,01	2,73±0,07	0,42±0,02	1,77±0,06	1,77±0,02	10,41±0,04	5,02±0,05	0,71±0,02	25,01±0,05
D31	Domat	3	1	1,64±0,06	0,19±0,01	2,54±0,05	0,36±0,02	1,60±0,05	1,59±0,01	8,33±0,03	3,72±0,02	0,61±0,02	20,57±0,07
D32	Domat	3	2	1,95±0,05	0,65±0,02	4,01±0,04	0,30±0,03	1,97±0,09	1,97±0,05	10,60±0,06	2,31±0,03	0,58±0,01	24,33±0,04
G60	Gemlik	6	0	2,56±0,06	1,56±0,05	0,43±0,03	1,01±0,01	2,57±0,08	2,92±0,02	17,35±0,05	3,75±0,07	0,73±0,01	32,87±0,08
G61	Gemlik	6	1	2,65±0,05	2,00±0,02	0,59±0,05	0,64±0,04	3,44±0,06	3,42±0,03	18,45±0,08	2,89±0,08	0,64±0,03	34,71±0,07
G62	Gemlik	6	2	2,37±0,03	1,01±0,01	1,42±0,01	0,50±0,06	3,54±0,05	3,54±0,03	16,84±0,06	2,35±0,03	0,68±0,06	32,26±0,06

*AFOA= oleuropein aglikonun aldehidik formu;DAFOA= oleuropein aglikonun dialdehidik formu,p-HPEA-EA= ligstrosit aglikon;

AFLAd=ligstrosit aglikonun aldehidik formu;3,4DHPEA-EDA=, elenolik asidin hidroksitirozole bağlı dialdehidik formu; TS=Toplam sekoiridoit miktarı

Çizelge 4.5 Zeytinyağlarında Bulunan Sekoiridoitlerin Bağlı Yüzdeleri (Devam)

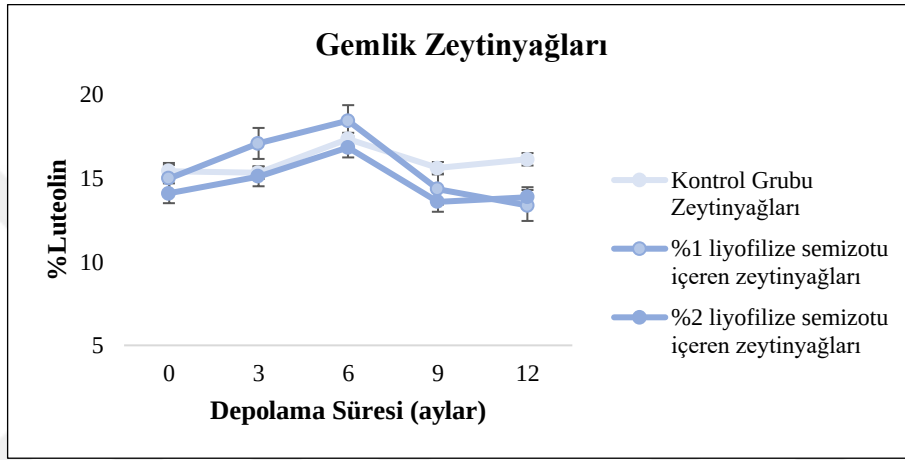
Örnek Kodu	Zeytin tipi	Depolama Süresi (ay)	Semizotu Oranı (%)	Oleuropein aglikon (%)	AFOA (%)	DAFOA (%)	Ligstrosit (%)	p-HPEA-EA (%)	AFLAd (%)	3,4-DHPEA-EDA (%)	Elenolik asit (%)	Oleokantalik asit (%)	TS (%)
T60	Trilye	6	0	2,44±0,01	0,44±0,02	0,51±0,02	0,89±0,01	2,93±0,05	2,93±0,02	13,16±0,03	4,62±0,06	0,42±0,02	28,35±0,05
T61	Trilye	6	1	2,23±0,02	0,41±0,04	0,23±0,02	0,59±0,05	3,42±0,03	3,23±0,03	13,36±0,06	1,42±0,04	0,24±0,02	25,12±0,02
T62	Trilye	6	2	1,42±0,04	0,06±0,01	0,51±0,01	0,37±0,03	2,01±0,02	2,29±0,09	8,24±0,04	0,82±0,02	0,25±0,02	15,96±0,05
D60	Domat	6	0	1,86±0,06	1,32±0,02	2,92±0,02	0,56±0,05	2,11±0,01	2,08±0,08	12,68±0,08	4,60±0,06	0,81±0,01	28,93±0,03
D61	Domat	6	1	1,64±0,04	0,82±0,02	1,97±0,01	0,33±0,03	2,17±0,02	2,11±0,02	10,71±0,07	2,92±0,09	0,62±0,06	23,29±0,02
D62	Domat	6	2	1,25±0,05	0,49±0,04	3,79±0,03	0,23±0,02	1,69±0,01	1,66±0,06	8,55±0,05	1,47±0,07	0,54±0,04	19,67±0,06
G90	Gemlik	9	0	2,24±0,02	0,75±0,05	0,49±0,04	1,11±0,01	3,03±0,03	2,96±0,09	15,60±0,06	5,45±0,05	0,93±0,03	32,57±0,05
G91	Gemlik	9	1	2,21±0,01	0,70±0,04	1,38±0,01	1,12±0,01	3,18±0,01	3,18±0,08	14,36±0,03	4,18±0,08	0,84±0,04	31,17±0,07
G92	Gemlik	9	2	2,00±0,02	0,24±0,02	1,33±0,01	0,60±0,01	2,95±0,02	2,94±0,09	13,59±0,09	2,84±0,04	0,80±0,01	27,29±0,09
T90	Trilye	9	0	2,25±0,05	0,47±0,03	0,51±0,01	0,84±0,04	2,91±0,01	3,35±0,05	15,46±0,06	4,66±0,06	0,46±0,06	30,91±0,08
T91	Trilye	9	1	1,66±0,06	0,20±0,01	0,23±0,02	0,59±0,05	3,00±0,02	2,97±0,07	10,85±0,08	1,80±0,01	0,27±0,01	21,58±0,05
T92	Trilye	9	2	2,22±0,02	0,11±0,01	1,63±0,01	0,60±0,06	2,75±0,03	2,64±0,06	15,01±0,05	3,06±0,03	0,68±0,08	28,70±0,07
D90	Domat	9	0	1,52±0,05	0,16±0,01	2,88±0,02	0,73±0,03	1,50±0,01	1,49±0,09	8,69±0,06	6,71±0,07	1,04±0,04	24,71±0,04
D91	Domat	9	1	1,17±0,07	0,41±0,01	2,10±0,01	0,43±0,04	1,65±0,06	1,64±0,06	7,44±0,07	2,32±0,03	0,68±0,03	17,84±0,08
D92	Domat	9	2	1,01±0,01	0,27±0,02	0,1±0,01	0,39±0,03	1,49±0,04	1,43±0,04	6,28±0,08	1,33±0,01	0,49±0,04	12,69±0,06
G120	Gemlik	12	0	2,51±0,05	0,73±0,03	0,53±0,02	1,29±0,01	3,22±0,03	3,22±0,03	16,14±0,04	6,07±0,06	1,12±0,01	34,83±0,08
G121	Gemlik	12	1	2,06±0,06	0,24±0,02	0,92±0,0	0,92±0,02	3,22±0,02	3,22±0,02	13,37±0,07	3,53±0,05	1,09±0,01	28,58±0,05
G122	Gemlik	12	2	2,01±0,01	0,12±0,01	1,41±0,04	1,07±0,01	2,99±0,03	2,99±0,02	13,87±0,08	3,40±0,04	1,02±0,01	28,88±0,08
T120	Trilye	12	0	1,85±0,05	0,44±0,04	0,47±0,03	1,62±0,02	2,89±0,05	2,88±0,08	12,24±0,04	5,13±0,01	0,71±0,01	28,23±0,03
T121	Trilye	12	1	1,26±0,06	0,13±0,01	0,27±0,02	0,63±0,03	2,87±0,06	2,87±0,07	8,73±0,07	1,81±0,01	0,43±0,03	18,99±0,08
T122	Trilye	12	2	0,61±0,08	0,04±0,01	0,37±0,03	0,45±0,04	1,86±0,08	1,86±0,06	3,51±0,05	0,89±0,01	0,26±0,02	9,85±0,09
D120	Domat	12	0	1,65±0,06	0,57±0,04	2,91±0,02	1,30±0,01	1,83±0,08	1,83±0,03	11,25±0,02	6,76±0,07	1,27±0,01	29,38±0,09
D121	Domat	12	1	1,38±0,05	0,19±0,01	2,45±0,05	0,46±0,04	1,91±0,09	1,91±0,09	7,29±0,09	1,98±0,08	0,85±0,05	18,44±0,08
D122	Domat	12	2	1,32±0,03	0,52±0,02	2,66±0,06	0,36±0,03	2,08±0,08	2,08±0,08	7,77±0,07	1,18±0,01	0,65±0,01	18,62±0,06

*AFOA= oleuropein aglikonun aldehidik formu;DAFOA= oleuropein aglikonun dialdehidik formu,p-HPEA-EA= ligstrosit aglikon;

AFLAd=ligstrosit aglikonun aldehidik formu;3,4DHPEA-EDA=, elenolik asidin hidroksitirozole bağlı dialdehidik formu; TS=Toplam sekoiridoit miktarı

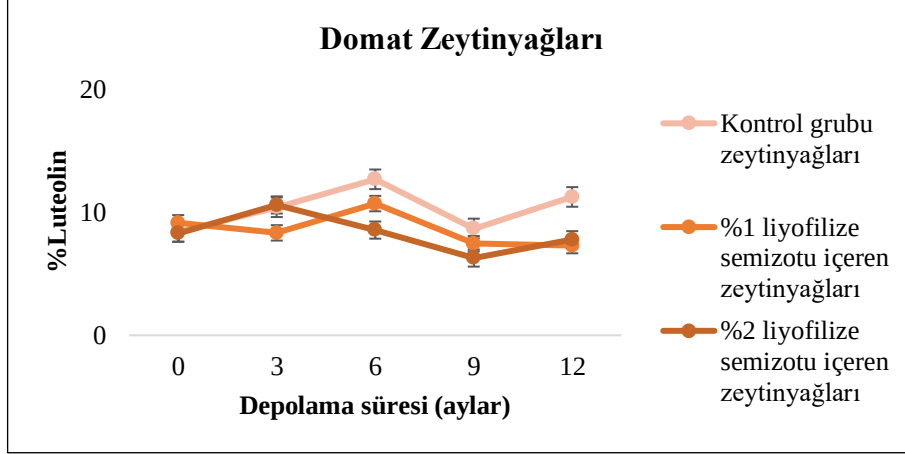
4.6.4 Zeytinyağı Örneklerinin Flavonoid İçerikleri

Luteolin ve apigenin zeytinyağı örneklerinde tespit edilen flavonoidlerdir. Zeytinyağı örneklerinin luteolin yüzdeleri %6,28-18,45 aralığında değişmektedir (Çizelge 4.6). %1 ve %2 oranlarında liyofilize semizotu içeren Gemlik zeytinyağlarının luteolin yüzdeleri, depolamanın 3. ayında artarken kontrol grubu zeytinyağının luteolin miktarı azalmaktadır. Gemlik zeytinyağı örnekleri 6. ayda luteolin konsantrasyonu açısından artış göstermiş, ancak 9. aydan itibaren tekrar düşüşe geçmiştir (Şekil 4.45).

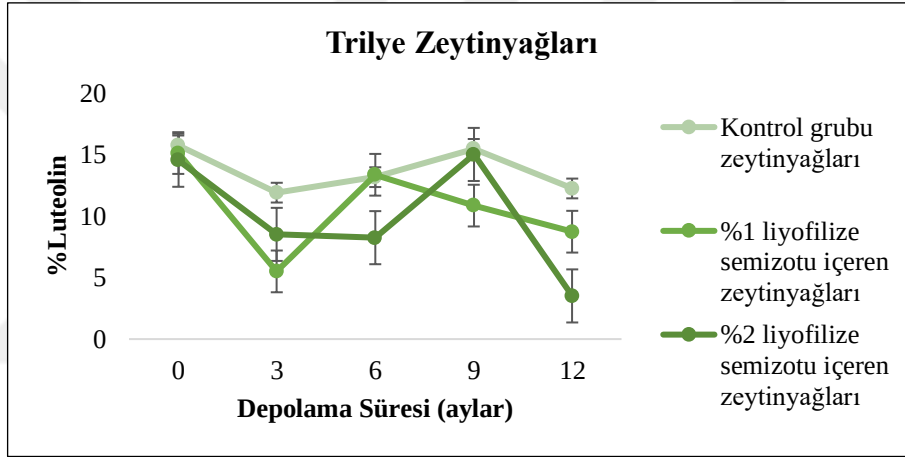


Şekil 4.45 Gemlik Zeytinyağlarının Luteolin Yüzdeleri

Domat zeytinyağlarının luteolin içerikleri ilk 6 ayda bir miktar yükselirken, 9. ayda azalma, 12. ayda ise nispi bir yükselme göstermiştir (Şekil 4.46). Trilye zeytinyağlarının luteolin miktarları, depolama süresince inişler ve çıkışlar göstermiş ancak depolamanın sonuna gelindiğinde tüm örneklerin luteolin miktarlarının başlangıç değerlerinin altına indiği ortaya çıkarılmıştır (Şekil 4.47).

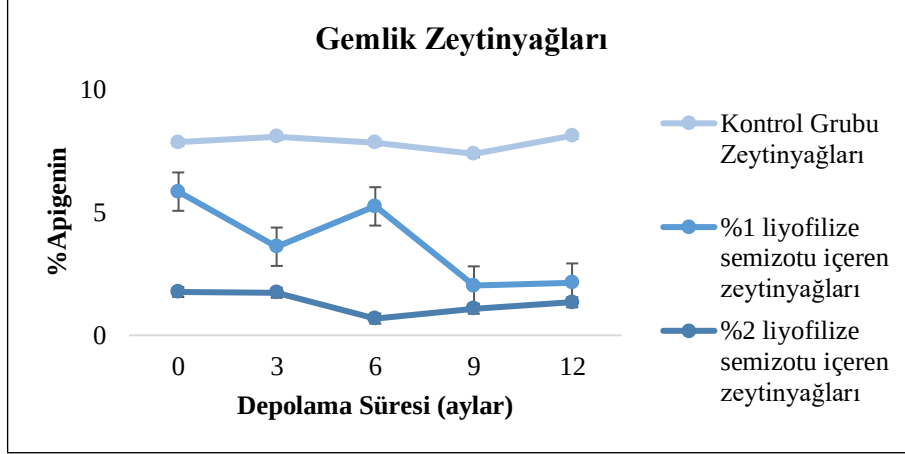


Şekil 4.46 Domat Zeytinyağlarının Luteolin Yüzdeleri



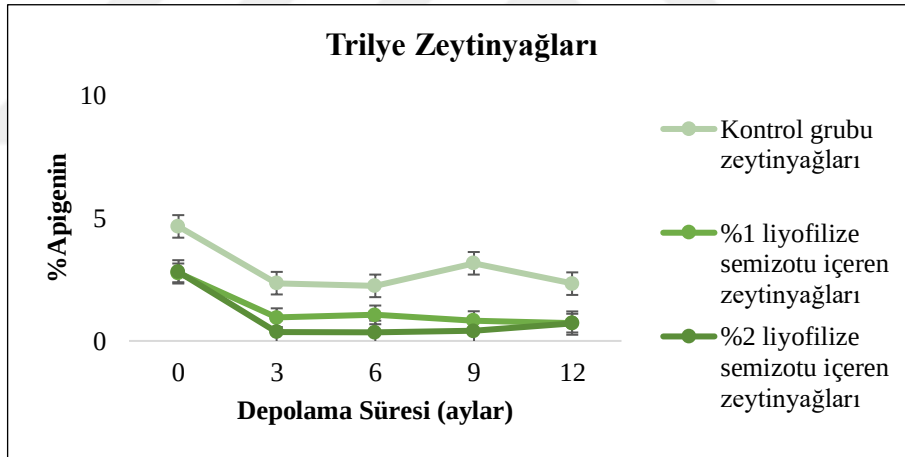
Şekil 4.47 Trilye Zeytinyağlarının Luteolin Yüzdeleri

Katkılı ve katkısız tüm zeytinyağı örneklerinin apigenin miktarları %0,35-11,06 arasında değişmektedir. Liyofilize semizotu katkısı içermeyen ve %2 oranında liyofilize semizotu içeren Gemlik zeytinyağlarının apigenin değerleri 12 ay süren depolama süresince önemli değişiklikler göstermemiştir (Şekil 4.48).



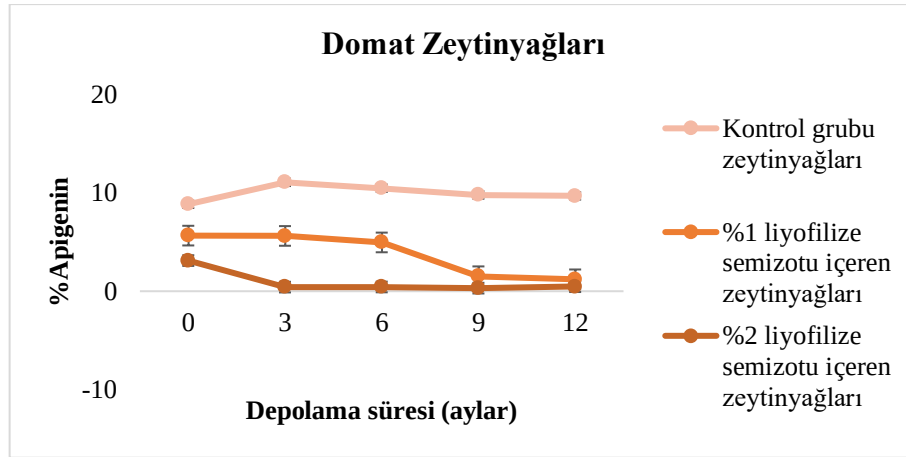
Şekil 4.48 Gemlik Zeytinyağlarının Apigenin Yüzdeleri

Trilye zeytinyağlarının apigenin değerleri depolamanın ilk 3 ayında azalırken 9. aya kadar kısmen sabit kalmış, 12. ayda ise başlangıç değerinin altına düşmüştür (Şekil 4.49).



Şekil 4.49 Trilye Zeytinyağlarının Apigenin Yüzdeleri

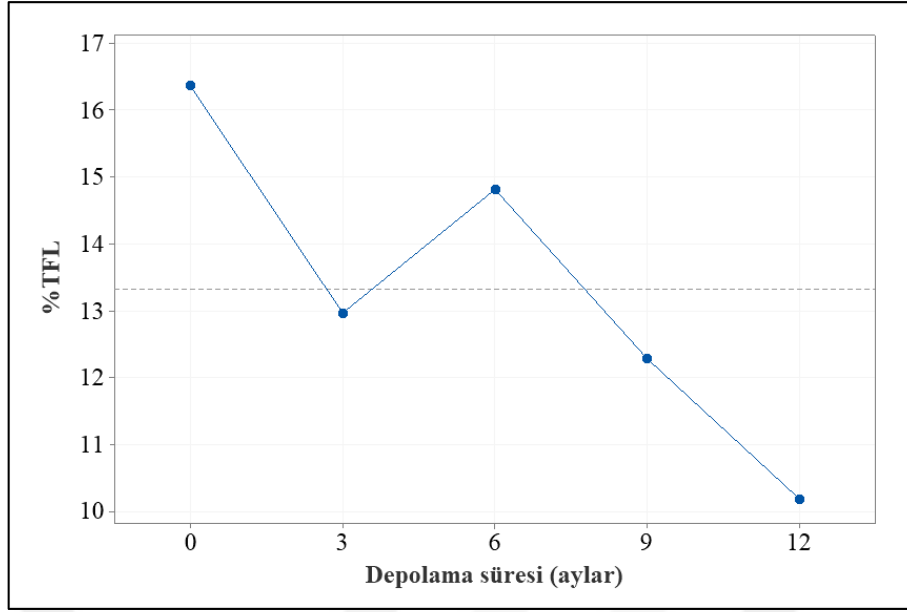
Depolamanın tüm aylarında, liyofilize semizotu ile katkılanırılan Domat zeytinyağlarının apigenin değerleri, kontrol grubu örneklerinin apigenin miktarlarından daha düşüktür. Katkısız Domat zeytinyağlarının apigenin değerleri depolama boyunca ciddi farklılıklar göstermemiştir (Şekil 4.50).



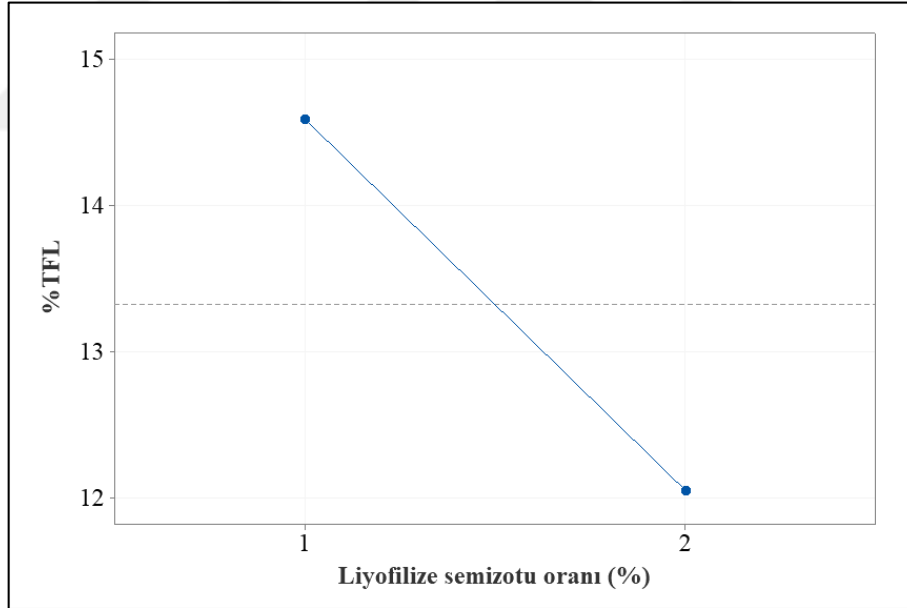
Şekil 4.50 Domat Zeytinyağlarının Apigenin Yüzdeleri

İtalyan zeytinyağlarının farklı sıcaklıklarda depolandığı bir araştırmada, luteolin ve apigenin konsantrasyonlarının depolama süresince azaldığı tespit edilmiştir. +4 °C’de gerçekleştirilen depolama işleminde, luteolinin apigenine göre daha fazla parçalandığı gözlemlenmiştir (Mousavi vd., 2021). Bu çalışmanın flavonoid sonuçları da depolama süresince luteolinin apigenine göre daha fazla azaldığı göstermektedir.

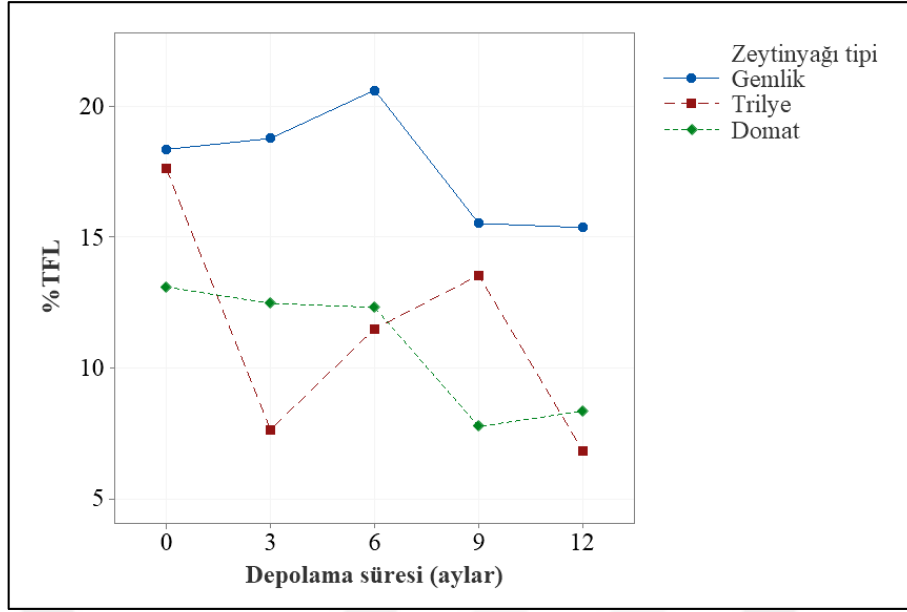
Yapılan varyans analizi zeytinyağı örneklerinin toplam flavonoid (TFL) değerleri için oluşturulan modelin anlamlı olduğunu belirtmektedir (Çizelge 4.8). Tüm faktörlerin, zeytinyağı tipi ve depolama süresi etkileşiminin zeytinyağlarının TFL içerikleri üzerinde kayda değer etkilere sahip oldukları saptanmıştır ($p<0,05$). İstatistiksel analiz sonuçları, zeytinyağlarının TFL miktarlarının depolama süresince dalgalanarak, 12. ayda en düşük yüzdelere ulaştığını göstermektedir (Şekil 4.51). Katkılandırma işleminde kullanılan liyofilize semizotu oranının artması zeytinyağı örneklerinin TFL yüzdelinde azalmalara neden olmuştur (Şekil 4.52). Gemlik zeytinyağının depolamanın 6. ayında en yüksek TFL değerine ulaştığı görülürken, Trilye zeytinyağı depolama periyodunu en düşük TFL değerleri ile tamamlamaktadır (Şekil 4.53).



Şekil 4.51 Zeytinyağlarının TFL Değerleri Üzerine Depolama Süresinin Temel Etki Grafiği



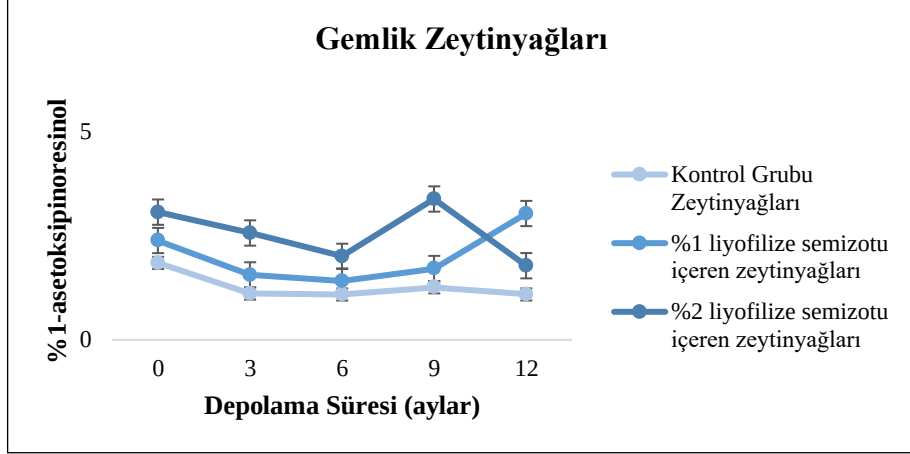
Şekil 4.52 Zeytinyağlarının TFL Değerleri Üzerine Liyofilize Semizotu Oranının Temel Etki Grafiği



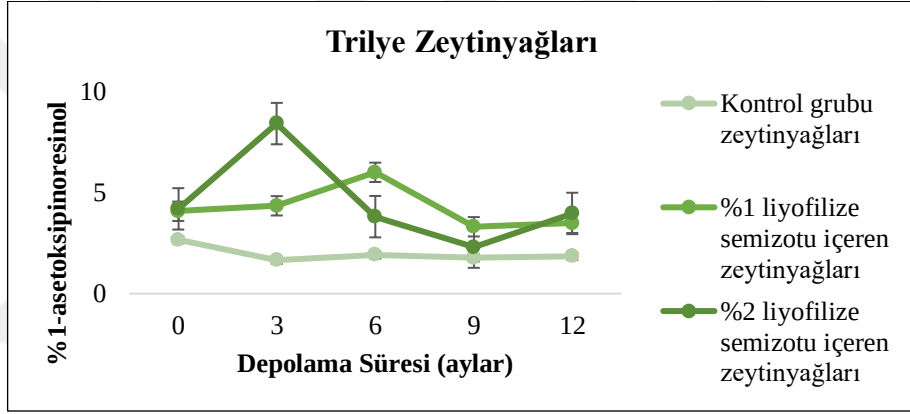
Şekil 4.53 Zeytinyağlarının TFL Değerleri Üzerine Seçilen Faktörlerin (Depolama Süresi-Zeytinyağı Tipi) Etkileşim Grafığı

4.6.5 Zeytinyağı Örneklerinin Lignan İçerikleri

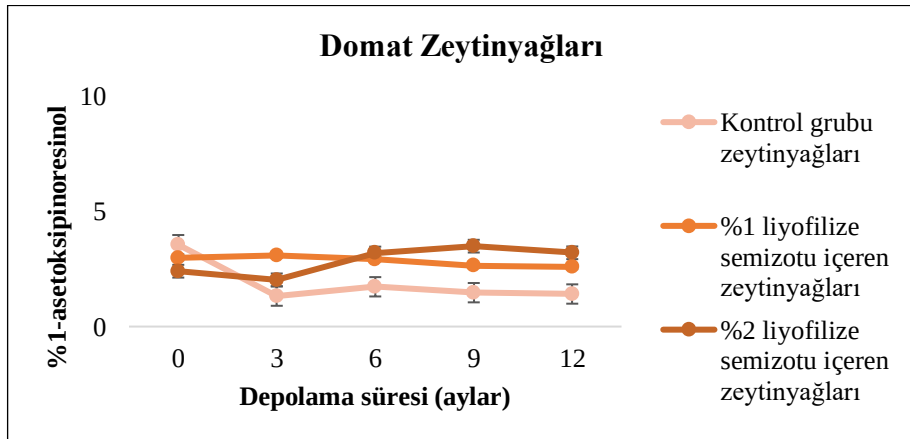
Zeytinyağında bulunan lignanlar arasında tek tespit edilebilen bileşik 1-asetoksinopinoresinol'dür (Çizelge 4.6). Zeytinyağı tipinden bağımsız olarak, 1-asetoksinopinoresinol yüzdeleri depolama süresince değişim göstermemiştir. %1 oranında liyofilize semizotu içeren Gemlik zeytinyağının 1-asetoksinopinoresinol oranı depolamanın 12. ayında keskin şekilde artmaktadır (Şekil 4.54). %1 oranında liyofilize semizotu içeren Trilye zeytinyağının 1-asetoksinopinoresinol miktarı 3 aylık depolama süresince yükselirken ilerleyen aylarda bir miktar azalarak 12. ayda başlangıç seviyesine ulaşmıştır (Şekil 4.55). %1 oranında liyofilize semizotu içeren Domat zeytinyağının 1-asetoksinopinoresinol yüzdesi depolama ayları boyunca farkedilir değişiklikler sergilememiştir (Şekil 4.56). Picual, Hojiblanca ve Arbequina zeytinyağlarının 30 °C'de depolandığı bir çalışmada, 350 gün süren depolama periyodu boyunca 1-asetoksinopinoresinol miktarlarının değişmediği ortaya çıkarılmıştır (Brenes vd., 2001). Zeytinyağlarının lignan içeriklerine ilişkin oluşturulan modelin %95 güven aralığında anlamlı olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$) (Çizelge 4.8).



Şekil 4.54 Gemlik Zeytinyağlarının 1-Asetoksinopinoresinol Yüzdeleri



Şekil 4.55 Trilye Zeytinyağlarının 1-Asetoksinopinoresinol Yüzdeleri



Şekil 4.56 Domat Zeytinyağlarının 1-Asetoksinopinoresinol Yüzdeleri

Çizelge 4.6 Zeytinyağlarında Bulunan Lignan ve Flavonoidlerin Bağlı Yüzdeleri

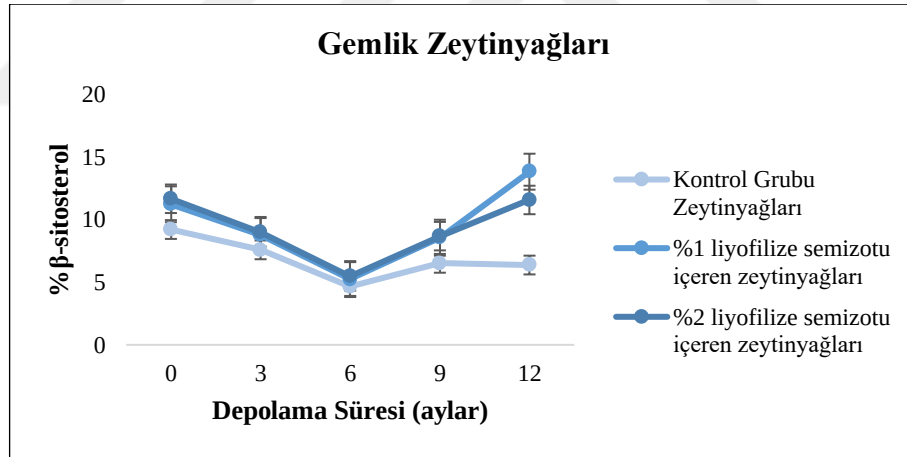
Örnek Kodu	Zeytin tipi	Depolama Süresi (ay)	Semizotu Oranı (%)	Luteolin (%)	Apigenin (%)	1-asetoksipinoresinol (%)	TFL (%)
G00	Gemlik	0	0	15,43±0,04	7,85±0,05	1,84±0,01	23,28±0,07
G01	Gemlik	0	1	14,99±0,04	5,84±0,04	2,38±0,02	23,41±0,06
G02	Gemlik	0	2	14,10±0,01	1,76±0,06	3,06±0,03	25,19±0,09
T00	Trilye	0	0	15,75±0,05	4,66±0,04	2,66±0,02	22,98±0,08
T01	Trilye	0	1	15,12±0,02	2,77±0,02	4,07±0,03	24,25±0,05
T02	Trilye	0	2	14,54±0,04	2,81±0,01	4,19±0,03	20,83±0,08
D00	Domat	0	0	8,41±0,08	8,83±0,03	3,55±0,02	20,69±0,06
D01	Domat	0	1	9,14±0,09	5,65±0,05	2,96±0,02	23,69±0,07
D02	Domat	0	2	8,30±0,08	3,11±0,03	2,40±0,02	16,38±0,04
G30	Gemlik	3	0	15,33±0,05	8,08±0,01	1,11±0,01	15,52±0,05
G31	Gemlik	3	1	17,09±0,03	3,60±0,03	1,56±0,01	15,87±0,08
G32	Gemlik	3	2	15,12±0,02	1,73±0,01	2,56±0,02	16,85±0,06
T30	Trilye	3	0	11,90±0,09	2,35±0,02	1,65±0,01	17,52±0,07
T31	Trilye	3	1	5,50±0,05	0,95±0,01	4,34±0,03	14,67±0,06
T32	Trilye	3	2	8,51±0,06	0,36±0,01	8,41±0,04	15,22±0,05
D30	Domat	3	0	10,41±0,04	11,06±0,05	1,32±0,01	20,40±0,04
D31	Domat	3	1	8,33±0,03	5,62±0,06	3,08±0,02	14,25±0,03
D32	Domat	3	2	10,60±0,06	0,42±0,02	2,02±0,01	15,40±0,04
G60	Gemlik	6	0	17,35±0,07	7,84±0,07	1,09±0,01	18,62±0,08
G61	Gemlik	6	1	18,45±0,08	5,24±0,05	1,41±0,02	14,57±0,07
G62	Gemlik	6	2	16,84±0,06	0,68±0,05	2,00±0,04	17,89±0,08
T60	Trilye	6	0	13,16±0,03	2,24±0,04	1,91±0,01	6,45±0,05
T61	Trilye	6	1	13,36±0,06	1,06±0,03	6,00±0,05	14,42±0,02
T62	Trilye	6	2	8,24±0,02	0,35±0,01	3,81±0,03	11,68±0,06
D60	Domat	6	0	12,68±0,08	10,46±0,04	1,72±0,01	9,45±0,05
D61	Domat	6	1	10,71±0,07	4,95±0,02	2,92±0,02	17,35±0,07
D62	Domat	6	2	8,55±0,05	0,43±0,01	3,18±0,03	8,87±0,08
G90	Gemlik	9	0	15,60±0,06	7,37±0,03	1,26±0,01	8,59±0,09
G91	Gemlik	9	1	14,36±0,03	2,02±0,01	1,71±0,02	15,42±0,05
G92	Gemlik	9	2	13,59±0,05	1,08±0,01	3,37±0,03	4,23±0,04
T90	Trilye	9	0	15,46±0,04	3,15±0,01	1,77±0,01	17,24±0,07
T91	Trilye	9	1	10,85±0,01	0,83±0,01	3,31±0,03	21,47±0,04
T92	Trilye	9	2	15,01±0,05	0,41±0,01	2,30±0,02	23,14±0,03
D90	Domat	9	0	8,69±0,06	9,77±0,04	1,47±0,01	18,46±0,08
D91	Domat	9	1	7,44±0,04	1,52±0,01	2,63±0,02	20,93±0,09
D92	Domat	9	2	6,28±0,08	0,31±0,01	3,48±0,03	14,79±0,07
G120	Gemlik	12	0	16,14±0,06	8,12±0,02	1,09±0,01	13,94±0,09
G121	Gemlik	12	1	13,37±0,03	2,14±0,01	3,03±0,02	15,66±0,06
G122	Gemlik	12	2	13,87±0,08	1,34±0,01	1,78±0,01	8,97±0,09
T120	Trilye	12	0	12,24±0,02	2,33±0,02	1,85±0,01	8,51±0,05
T121	Trilye	12	1	8,73±0,07	0,72±0,02	3,48±0,02	11,41±0,04
T122	Trilye	12	2	3,51±0,05	0,72±0,02	3,96±0,02	11,01±0,05
D120	Domat	12	0	11,25±0,02	9,68±0,05	1,41±0,01	8,99±0,08
D121	Domat	12	1	7,29±0,07	1,21±0,01	2,58±0,02	6,59±0,05
D122	Domat	12	2	7,77±0,07	0,46±0,01	3,19±0,03	8,23±0,08

*TFL=Toplam Flavonoidler

4.6.6 Zeytinyağı Örneklerinin Sterol İçerikleri

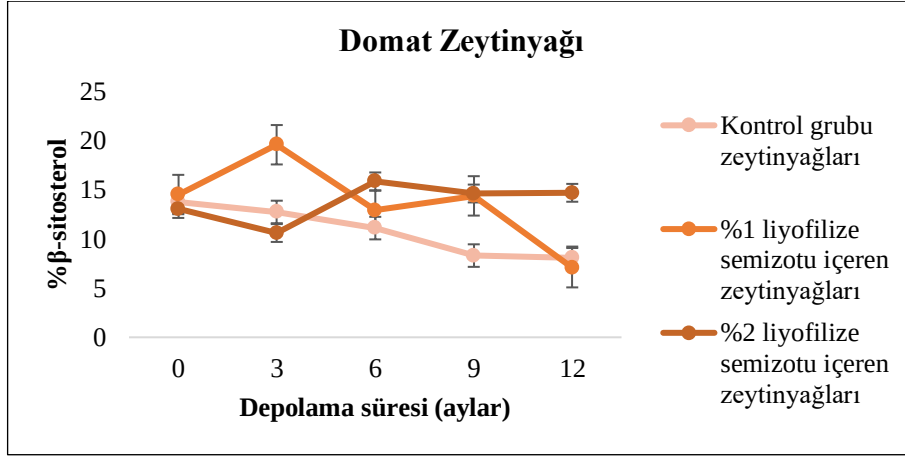
Zeytinyağı örneklerinde tespit edilen sterollerin % bağıl miktarları Çizelge 4.7’de gösterilmektedir. Kampesterol, Δ^5 -avenasterol, β -sitosterol ve stigmasterol zeytinyağı örneklerinde tespit edilebilen sterollerdir (Çizelge 4.7.). Gemlik, Domat ve Trilye zeytinyağları sterol kompozisyonu açısından daha önceki çalışmalarla paralellik göstermektedir (Arslan ve Ok, 2020; Yorulmaz ve Konuskan, 2017; Yorulmaz vd., 2014).

Tüm zeytinyağı örneklerinde yüksek oranda β -sitosterol’ün bulunduğu tespit edilmiştir. Depolamanın başlangıcında, Gemlik zeytinyağı %9,20, Trilye zeytinyağı %6,37 ve Domat zeytinyağı %13,74 değerlerinde β -sitosterol içermektedir. Katkılı ve kontrol grubu Gemlik zeytinyağlarının β -sitosterol içerikleri depolamanın ilk 6 ayında azalmaktadır. 9. aydan sonra ise katkılı Gemlik zeytinyağı örneklerinin β -sitosterol içerikleri yükselmektedir (Şekil 4.57).



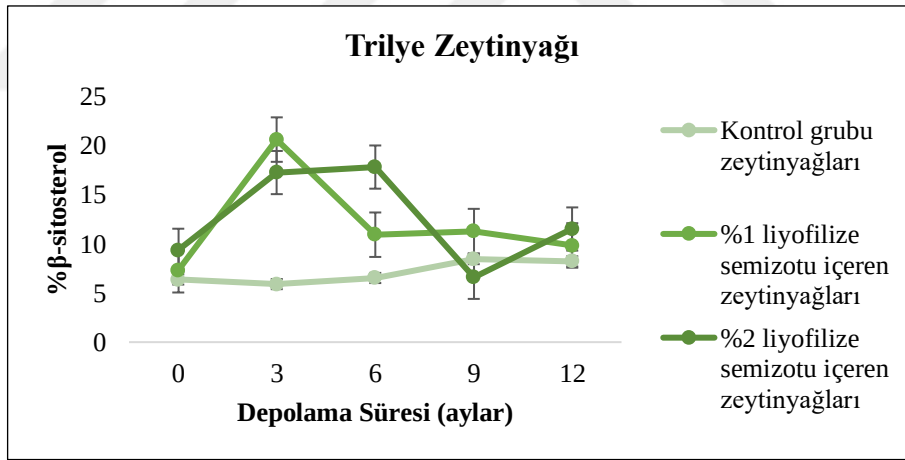
Şekil 4.57 Gemlik Zeytinyağlarının B-Sitosterol Yüzdeleri

Domat zeytinyağlarının liyofilize semizotu ile katkılandırılarak depolanması β -sitosterol değerlerinde dalgalanmalara sebebiyet vermiştir. Kontrol grubu Domat zeytinyağlarının β -sitosterol içerikleri ise depolama süresince nispi düşüşler göstermiştir (Şekil 4.58).



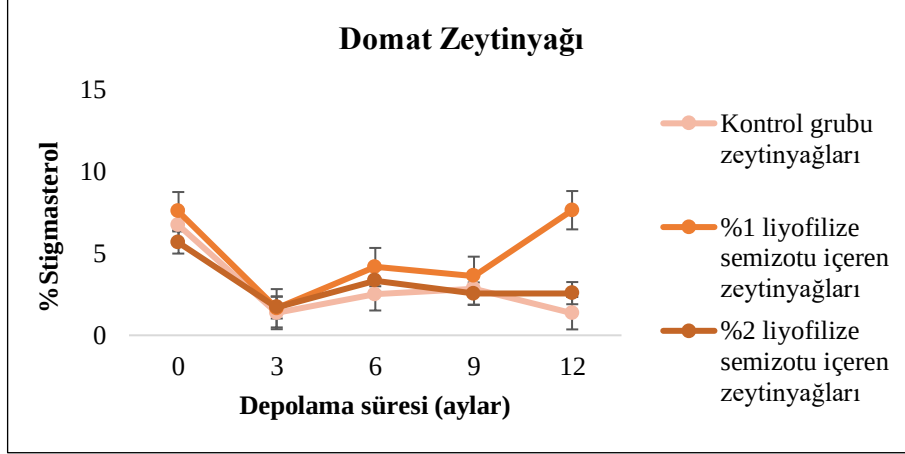
Şekil 4.58 Domat Zeytinyağlarının B-Sitosterol Yüzdeleri

Liyofilize semizotu ile katkılandırılan Trilye zeytinyağlarının β -sitosterol değerleri depolamanın ilk 3 ayında yükselirken kalan aylarda dalgalanmalar göstermiştir. Kontrol grubu Trilye zeytinyağlarının β -sitosterol içeriklerinde ise depolama süresince nispi artışlar olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.59).



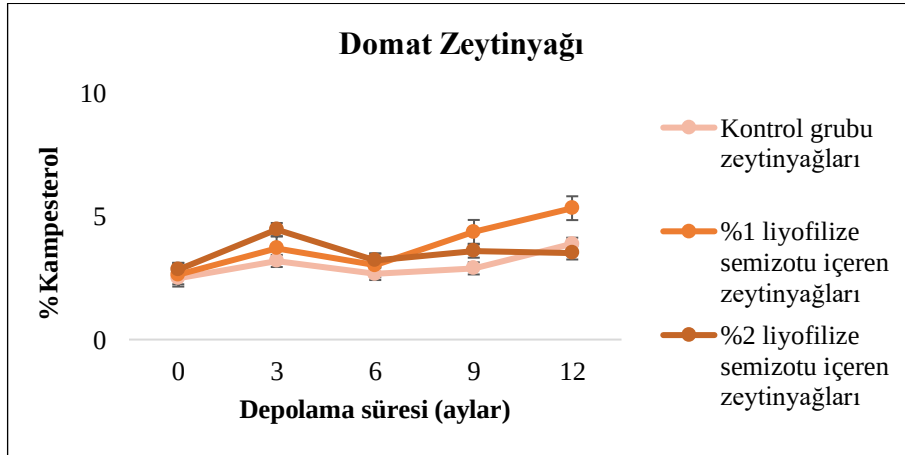
Şekil 4.59 Trilye Zeytinyağlarının B-Sitosterol Yüzdeleri

Stigmasterol en yüksek Domat zeytinyağlarında tespit edilmiştir (%1,35-7,63). Katkılı ve katkısız Domat zeytinyağlarının stigmasterol miktarları depolamanın ilk 3 ayında azalmış, 6. ayda ise bu değerlerde bir miktar artış olduğu görülmüştür. %1 oranında liyofilize semizotu içeren Domat zeytinyağının stigmasterol miktarı, 12. ayda keskin bir yükselme göstererek başlangıç seviyesine yaklaşmıştır (Şekil 4.60).



Şekil 4.60 Domat Zeytinyağlarının Stigmasterol Yüzdeleri

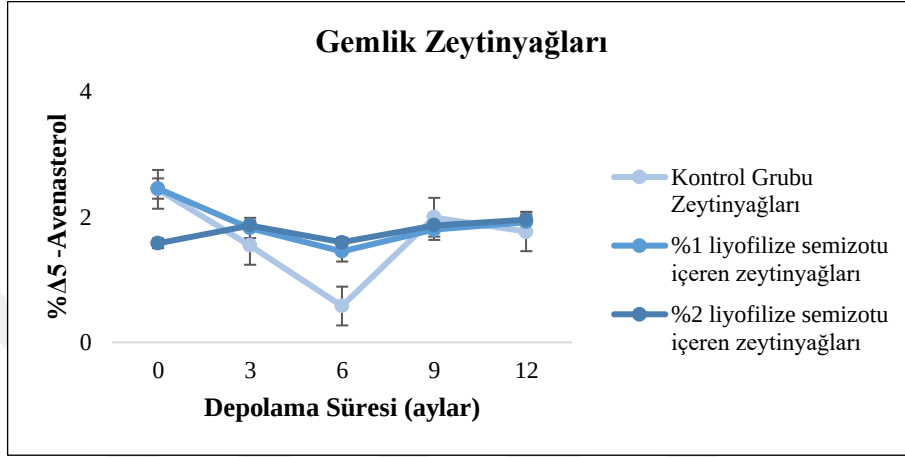
Domat zeytinyağları diğer zeytinyağı çeşitlerine göre nispeten daha yüksek kampesterol içermektedir (%0,56-5,34). Tüm Domat zeytinyağlarının kampesterol miktarları depolamanın ilk 3 ayında nispi olarak artmış, 6. ayda ise nispi olarak azalmıştır. %1 oranında liyofilize semizotu içeren ve kontrol grubu Domat zeytinyağı örneklerinin kampesterol yüzdeleri 12. ayda bir miktar artış göstermektedir (Şekil 4.61).



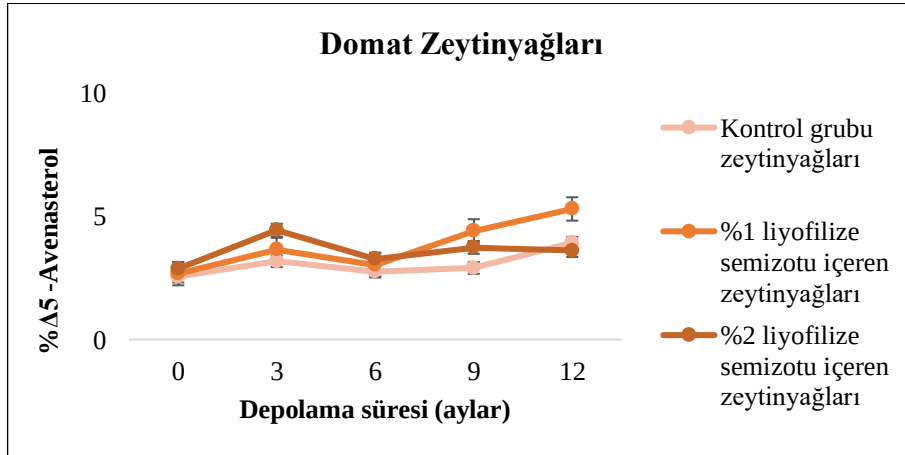
Şekil 4.61 Domat Zeytinyağlarının Kampesterol Yüzdeleri

Gemlik ve Domat zeytinyağlarının $\Delta 5$ -Avenasterol içeriklerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. %1 ve %2 oranlarında liyofilize semizotu içeren Gemlik zeytinyağlarının $\Delta 5$ -Avenasterol değerleri depolamanın 3. ayından sonra farkedilir

değişimler göstermemektedir. 12. aya gelindiğinde ise katkılı ve kontrol grubu Gemlik zeytinyağlarının $\Delta 5$ -Avenasterol miktarları birbirlerine oldukça yakın değerlerdedirler (Şekil 4.62). Tüm Domat zeytinyağlarının $\Delta 5$ -Avenasterol miktarları depolamanın ilk 3 ayında nispi olarak artmış, 6. ayda ise nispi olarak azalmıştır. %1 oranında liyofilize semizotu içeren ve katkısız Domat zeytinyağı örneklerinin $\Delta 5$ -Avenasterol yüzdeleri 12. ayda bir miktar artış göstermektedir (Şekil 4.63).



Şekil 4. 62 Gemlik Zeytinyağlarının $\Delta 5$ -Avenasterol Yüzdeleri

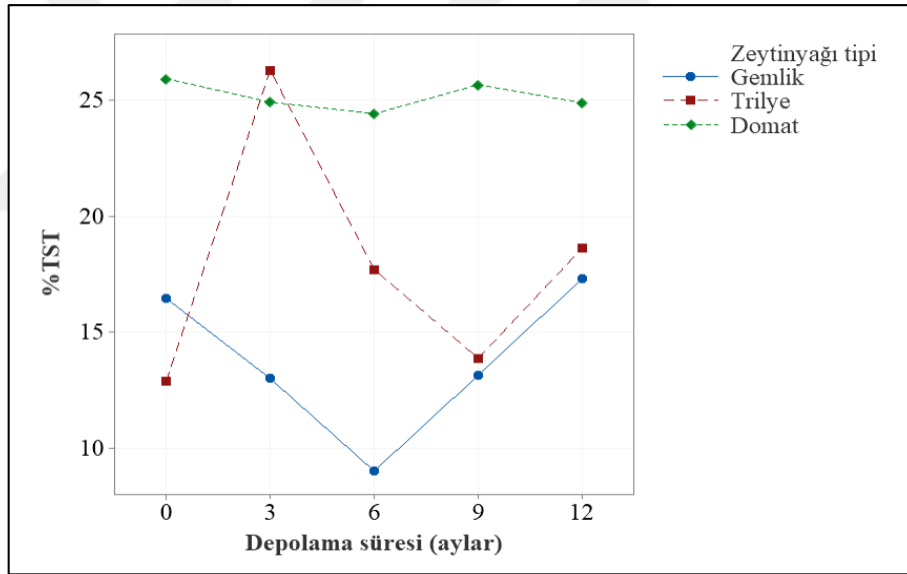


Şekil 4.63 Domat Zeytinyağlarının $\Delta 5$ -Avenasterol Yüzdeleri

İtalyan zeytinyağlarının farklı sıcaklıklarda ve sürelerde depolandığı bir araştırmada, yağ örneklerinin stigmasterol, kampesterol ve β -sitosterol miktarlarının azaldığı görülmüştür (Mousavi vd., 2021). İspanyol zeytinyağlarının 30 °C'de depolandığı bir

Çalışmada, depolama süresince genel olarak örneklerin sterol içeriklerinin değışim göstermediğı yalnızca stigmasterol miktarlarında artışlar olduğu tespit edilmiştir. Bu durum depolama sırasında sitosterollerin hidrolizi sonucu açığa çıkmaktadır (Gutiérrez ve Fernández, 2002).

Zeytinyağlarının toplam sterol (TST) değerleri için oluşturulan modelin ise %95 güven aralığında önemli olduğu ANOVA tablosunda görölmektedir (Çizelge 4.8). Zeytinyağı tipi, depolama süresi ve bu iki faktörün etkileşimi örneklerin TST içerikleri üzerinde önemli etkilere sahiptir ($p<0,05$). Depolamanın 6. ayında Trilye zeytinyağı en yüksek TST değerine ulaşırken, Gemlik zeytinyağının en düşük TST değerine sahip olduğu görölmektedir. 12 ay süren depolama işleminin sonunda Domat zeytinyağı en yüksek TST yüzdelere ulaşmıştır. Gemlik ve Trilye zeytinyağları ise birbirlerine yakın TST seviyeleri ile depolama sürecini tamamlamışlardır (Şekil 4.64).



Şekil 4.64 Zeytinyağlarının TST Değerleri Üzerine Faktörlerin (Depolama Süresi-Zeytinyağı Tipi) Etkileşim Grafiğı

Çizelge 4. 7 Zeytinyağlarında Bulunan Sterollerin Bağlı Yüzdeleri

Örnek Kodu	Zeytin tipi	Depolama Süresi (ay)	Semizotu Oranı (%)	$\Delta 5$ -Avenasterol (%)	Kampesterol (%)	β -sitosterol (%)	Stigmasterol (%)	TST (%)
G00	Gemlik	0	0	2,44±0,02	2,42±0,02	9,20±0,02	0,38±0,01	14,45±0,05
G01	Gemlik	0	1	2,45±0,04	2,38±0,02	11,22±0,02	1,17±0,01	17,23±0,03
G02	Gemlik	0	2	1,58±0,01	1,59±0,01	11,66±0,06	0,88±0,02	15,71±0,07
T00	Trilye	0	0	0,68±0,01	0,70±0,01	6,37±0,07	2,69±0,06	10,44±0,04
T01	Trilye	0	1	1,25±0,01	1,23±0,01	7,30±0,03	2,02±0,07	11,79±0,09
T02	Trilye	0	2	1,00±0,01	0,99±0,01	9,33±0,09	2,66±0,06	13,99±0,08
D00	Domat	0	0	2,56±0,02	2,49±0,02	13,75±0,07	6,72±0,05	25,52±0,05
D01	Domat	0	1	2,68±0,02	2,64±0,06	14,51±0,04	7,57±0,07	27,39±0,07
D02	Domat	0	2	2,88±0,02	2,84±0,08	13,04±0,03	5,66±0,06	24,42±0,08
G30	Gemlik	3	0	1,55±0,01	1,55±0,01	7,58±0,05	0,41±0,04	11,09±0,06
G31	Gemlik	3	1	1,83±0,01	1,81±0,08	8,77±0,08	0,27±0,03	12,68±0,08
G32	Gemlik	3	2	1,87±0,01	1,88±0,08	8,98±0,09	0,65±0,02	13,38±0,03
T30	Trilye	3	0	2,92±0,02	2,79±0,07	5,90±0,05	1,89±0,01	13,50±0,05
T31	Trilye	3	1	2,43±0,02	2,51±0,05	20,58±0,08	3,06±0,03	28,58±0,06
T32	Trilye	3	2	2,01±0,01	1,45±0,04	17,23±0,07	3,27±0,02	23,97±0,09
D30	Domat	3	0	3,18±0,03	3,20±0,03	12,74±0,02	1,36±0,01	20,48±0,04
D31	Domat	3	1	3,66±0,03	3,71±0,07	19,57±0,09	1,65±0,05	28,59±0,06
D32	Domat	3	2	4,45±0,04	4,47±0,04	10,60±0,06	1,70±0,01	21,22±0,05
G60	Gemlik	6	0	0,58±0,01	0,56±0,05	4,65±0,05	1,81±0,01	7,61±0,06
G61	Gemlik	6	1%	1,45±0,01	1,40±0,04	5,25±0,04	0,51±0,02	8,61±0,08
G62	Gemlik	6	2%	1,59±0,01	1,59±0,09	5,46±0,06	0,84±0,04	9,48±0,09

*TST=Toplam sterol miktarı

Çizelge 4.7 Zeytinyağlarında Bulunan Sterollerin Bağlı Yüzdeleri (Devam)

Örnek Kodu	Zeytin tipi	Depolama Süresi (ay)	Semizotu Oranı (%)	Δ^5 -Avenasterol (%)	Kampesterol (%)	β -sitosterol (%)	Stigmasterol (%)	TST (%)
T60	Trilye	6	0	1,63±0,03	1,60±0,02	6,52±0,05	0,25±0,01	10,00±0,05
T61	Trilye	6	1	1,01±0,01	0,96±0,01	10,92±0,06	0,85±0,01	13,74±0,07
T62	Trilye	6	2	1,75±0,05	1,70±0,01	17,79±0,08	0,45±0,02	21,69±0,06
D60	Domat	6	0	2,76±0,02	2,67±0,02	11,10±0,07	2,50±0,05	19,03±0,09
D61	Domat	6	1	3,04±0,03	3,01±0,03	12,90±0,08	4,16±0,04	23,11±0,03
D62	Domat	6	2	3,27±0,04	3,23±0,03	15,84±0,05	3,34±0,03	25,68±0,06
G90	Gemlik	9	0	2,00±0,02	1,88±0,01	6,51±0,06	0,67±0,01	11,05±0,05
G91	Gemlik	9	1	1,80±0,01	1,74±0,04	8,55±0,08	0,79±0,09	12,88±0,08
G92	Gemlik	9	2	1,87±0,01	1,86±0,04	8,68±0,06	1,04±0,01	13,45±0,04
T90	Trilye	9	0	1,71±0,01	1,69±0,06	8,44±0,04	0,37±0,02	12,21±0,03
T91	Trilye	9	1	1,90±0,01	1,88±0,08	11,29±0,02	0,65±0,05	15,71±0,02
T92	Trilye	9	2	1,20±0,02	1,18±0,01	6,59±0,05	3,11±0,02	12,08±0,08
D90	Domat	9	0	2,91±0,03	2,89±0,09	8,30±0,03	2,84±0,02	16,95±0,09
D91	Domat	9	1	4,42±0,04	4,38±0,04	14,37±0,07	3,63±0,03	26,79±0,06
D92	Domat	9	2	3,74±0,03	3,60±0,06	14,61±0,06	2,55±0,02	24,50±0,05
G120	Gemlik	12	0	1,76±0,06	1,73±0,07	6,37±0,03	0,81±0,01	10,68±0,03
G121	Gemlik	12	1	1,92±0,05	1,89±0,05	13,82±0,08	0,79±0,09	18,42±0,04
G122	Gemlik	12	2	1,96±0,06	1,95±0,05	11,56±0,05	0,75±0,07	16,22±0,06
T120	Trilye	12	0	2,65±0,05	2,57±0,07	8,21±0,02	0,68±0,08	14,10±0,04
T121	Trilye	12	1	2,43±0,04	2,34±0,04	9,83±0,09	1,18±0,01	15,78±0,05
T122	Trilye	12	2	1,95±0,05	1,91±0,09	11,49±0,04	6,12±0,06	21,48±0,07
D120	Domat	12	0	3,93±0,03	3,89±0,03	8,07±0,08	1,35±0,05	17,25±0,05
D121	Domat	12	1	5,31±0,05	5,34±0,04	7,07±0,09	7,63±0,07	25,35±0,03
D122	Domat	12	2	3,62±0,06	3,52±0,05	14,68±0,04	2,57±0,06	24,39±0,09

*TST=Toplam sterol miktarı

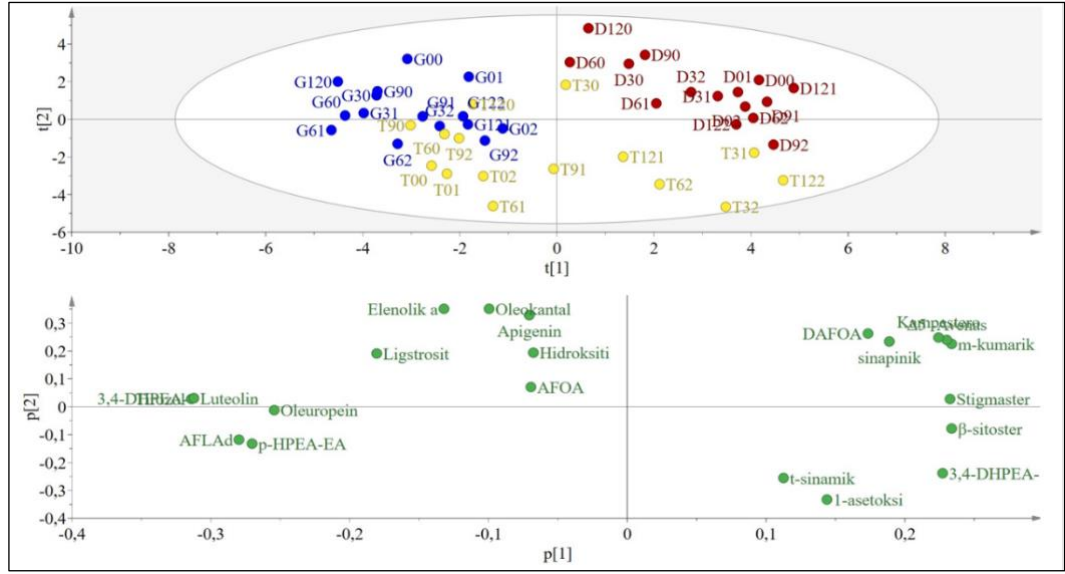
Çizelge 4. 8 Zeytinyağı Örneklerinin Kimyasal ve Metabolomik Bileşenleri için Oluşturulan ANOVA Çizelgesi

	TFM	TAK	%SYA	PS	%TFA	%MUFA	%PUFA	%SFA	%TFAS	%TFAL	%TS	%TFL	%TL	%TST
Modelin p değeri	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,06	0,00
R²	0,99	0,99	0,99	0,99	0,93	0,92	0,92	0,94	0,93	0,93	0,92	0,96	0,78	0,96
R_{adj}²	0,99	0,99	0,99	0,99	0,73	0,72	0,69	0,77	0,75	0,74	0,71	0,85	0,22	0,86
Q²	0,99	0,97	0,95	0,97	0,00	0,00	0,00	0,10	0,01	0,00	0,00	0,40	0,00	0,44
Faktörlerin p değerleri														
Zeytinyağı Tipi (ZT)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Liyofilize semizotu oranı (LSO)	0,00	0,01	0,15	0,05	0,92	0,88	0,00	0,48	0,99	0,00	0,15	0,00	0,54	0,71
Depolama süresi (DS)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,64	0,08	0,08	0,00	0,17	0,00	0,80	0,05
Etkileşimlerin p değerleri														
ZT*LSO	0,02	0,06	0,43	0,30	0,46	0,66	0,30	0,78	0,75	0,31	0,92	0,37	0,90	0,26
ZT*DS	0,00	0,00	0,06	0,00	0,56	0,24	0,59	0,11	0,11	0,18	0,10	0,03	0,43	0,02
LSO*DS	0,02	0,03	0,31	0,00	0,47	0,89	0,84	0,21	0,10	0,55	0,65	0,15	0,76	0,15

*TFM=Toplam Fenolik Madde; TAK=Toplam Antioksidan Kapasite; SYA=Serbest Yağ Asitliği; PS=Peroksit Sayısı; TFA=Trans Yağ Asitleri; MUFA=Tekli Doymamış Yağ Asitleri; PUFA= Çoklu Doymamış Yağ Asitleri; SFA= Doymuş Yağ Asitleri; TFAS=Toplam Fenolik Asitler; TFAL=Toplam Fenolik Alkoller; TS=Toplam Sekoiridoitler; TFL=Toplam Flavonoidler; TL=Toplam Lignanlar; TST=Toplam Steroller

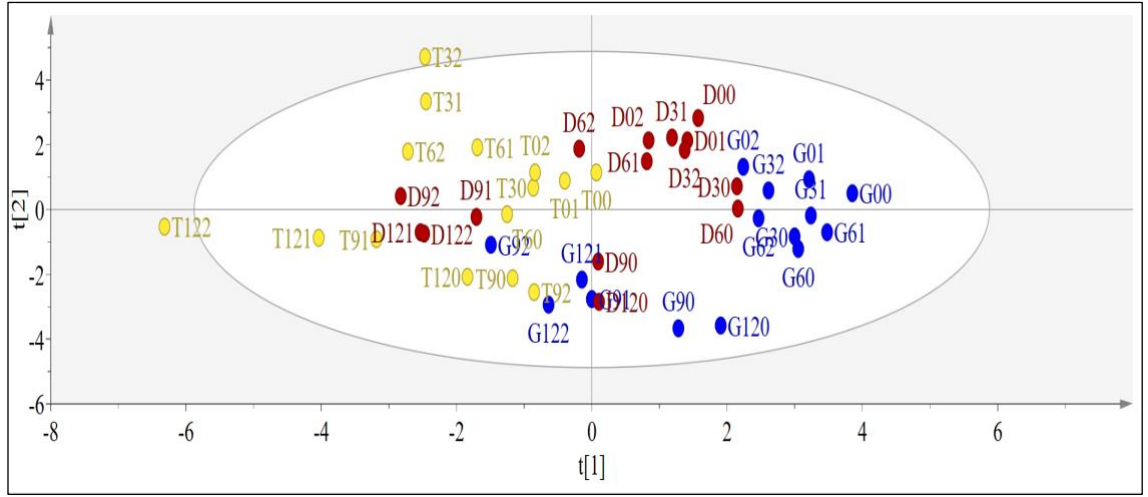
4.7 Zeytinyağı Örneklerinin Temel Bileşenler Analizi

Zeytinyağı örneklerine liyofilize semizotu ile yapılan katkılandırma işleminin etkilerinin ve depolama süresince oluşan değişimlerin daha iyi analiz edilebilmesi ve zeytinyağlarının gruplandırılabilmesi için elde edilen verilere temel bileşenler analizi (TBA) uygulanmıştır. Metabolomik veriler kullanılarak oluşturulan TBA modelinin bileşen sayısı 7 ve $R^2=0,93$, $Q^2=0,60$ olarak bulunmuştur. TBA modeli örnekler arasında zeytinyağı tipine göre bir ayrım olduğunu göstermektedir (Şekil 4.65). Domat zeytinyağları elipsin sağ üst tarafında yer alırken, Gemlik zeytinyağları sol üst kısımda toplanmıştır. Trilye zeytinyağları ise elipsin alt kısmında sağ ve sol çeyreğe yayılmış haldedir. Depolama süresi ve liyofilize semizotu oranına bağlı bir gruplanma gözlemlenmemiştir. Domat zeytinyağları daha yüksek DAFAO, sinapinik, kampesterol ve stigmasterol değerlerine sahip olduğu için diğer örneklerden ayrılmıştır. Gemlik zeytinyağları, elenolik ve oleokantalik asit, apigenin, hidroksitirozol, ligstrosit ve AFAO yüzdelerindeki farklılıklar nedeniyle çoğunlukla elipsin sol üst tarafında yer almışlardır. Trilye zeytinyağları ise, β -sitosterol, AFLAd, p-HPEA-EA, t-sinamik asit, p-HPEA-EA-AC, 1-asetoksinopinoresinol miktarlarına bağlı olarak grafiğin alt kısmında kümelenmiştir (Şekil 4.65).



Şekil 4. 65 Metabolomik Verilerle Oluşturulan TBA Modelinin Dağılım Grafiği Ve Ağırlık Düzlemi (Domat Zeytinyağları: Kırmızı, Gemlik Zeytinyağları: Mavi, Trilye Zeytinyağları: Sarı Renkle Gösterilmektedir)

Temel bileşenler analizi, elde edilen tüm verilerin modele dahil edilmesiyle tekrar uygulanmıştır. Elde edilen bu TBA modelinin bileşen sayısı 8, $R^2 = 0,98$ ve $Q^2 = 0,63$ olarak hesaplanmıştır. Zeytinyağı örnekleri, zeytinyağı tipine bağlı olarak bir miktar bir gruplanmıştır. Gemlik ve Domat zeytinyağları çoğunlukla elipsin sağ kısmında yer alırken, Trilye zeytinyağları elipsin sol üst ve alt kısımlarına dağılarak yerleşmiştir (Şekil 4.66).



Şekil 4.66 Elde Edilen Tüm Verilerle Oluşturulan TBA Modelinin Dağılım Grafiği
(Domat Zeytinyağları: Kırmızı, Gemlik Zeytinyağları: Mavi, Trilye Zeytinyağları:
Sarı Renkle Gösterilmektedir)

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada, 3 farklı tipteki soğuk sıkım zeytinyağlarının (Gemlik, Trilye, Domat), değişen oranlarda liyofilize semizotu (%1-2) ile katkılandırılarak 12 ay boyunca depolanması işlemi gerçekleştirilmiştir. Depolama periyodu boyunca belirli aralıklarla (0-3-6-9-12 ay) örneklerin toplam fenolik madde içerikleri, antioksidan kapasite değerleri, serbest yağ asitliği miktarları, yağ asidi profilleri, peroksit sayısı değerleri ve metabolomik bileşenleri izlenmiştir. Zeytinyağı tipinin, liyofilize semizotu oranının ve depolama süresinin örneklerin kimyasal ve metabolomik özelliklerini etkileyen önemli faktörler oldukları yapılan varyans analizi ile ortaya çıkarılmıştır. Metabolomik verilerle oluşturulan temel bileşenler analizi ise zeytinyağlarının çoğunlukla zeytinyağı tipine göre kümelandiklerini işaret etmektedir. Depolamanın ilk 6 ayında, liyofilize semizotu ile yapılan katkılandırma işlemi zeytinyağı tipinden bağımsız olarak örneklerin TFM ve TAK değerlerinde artışlara olanak sağlamıştır. Özellikle %1 oranında liyofilize semizotu içeren Gemlik zeytinyağlarının, depolamanın 6. ayında en yüksek TFM ve TAK değerlerine sahip olduğu saptanmıştır. Katkılı ve katkısız zeytinyağı örneklerinin serbest yağ asitliği ve peroksit değerleri depolama süresince çoğunlukla limit gösterilen değerlerin altındadır. Tüm zeytinyağı örneklerinde trans yağ asidi olarak elaidik asidin varlığı tespit edilmiştir. Liyofilize semizotu ile yapılan katkılandırma işlemi trans yağ asidi yüzdelerini değiştirmemiştir. Zeytinyağı örnekleri, zeytinyağı çeşidine göre değişmekle birlikte yüksek oranlarda MUFA içermektedir. Katkılandırılmış zeytinyağı örneklerinin yağ asidi profilleri depolama süresine ve liyofilize semizotu oranına göre değişimler göstermemiştir. Metabolomik bileşenler grubunda farklı fenolik asitler, fenolik alkoller, sekoiridoitler, flavanoidler ve steroller belirlenmiştir. Zeytinyağında bulunan lignanlar arasında tek tespit edilebilen bileşik 1-asetoksinopinoresinol'dür. Metabolomik bileşenlerin zeytinyağı tipine ve depolama süresine göre değiştiği gözlemlenmiştir. Özellikle Trilye zeytinyağlarının toplam fenolik alkollerinin 6. aydan sonra artışlar gösterdiği tespit edilmiştir. Zeytinyağı örneklerinde bulunan sekoiridoitlerin bağıl yüzdelerinin zeytinyağı çeşidine göre farklılaştığı belirlenmiştir. 12 ay süren depolama periyodu sonunda örneklerin sterol içeriklerinin yükseldiği görülmüştür. Elde edilen bulgular, %1 oranında liyofilize semizotu ile katkılandırılan zeytinyağlarının en fazla 6 ay süreyle depolanmasının kimyasal ve metabolomik parametreler açısından uygun

olduğunu göstermektedir. Seçilen her 3 zeytinyağının belirtilen şekilde depolanmasının mümkün olduğu görülmektedir. Ancak yapılan katkılandırma işleminin en çok Trilye zeytinyağlarının kimyasal ve metabolomik özelliklerini iyileştirdiğine dikkat çekilmelidir. Zeytinyağlarının liyofilize semizotu ile katkılandırılarak depolanması işleminin farklı hasat yıllarına ait zeytinyağlarına uygulanması çalışmanın sonuçlarını daha fazla destekleyecektir. Ayrıca farklı metabolomik bileşenlerin araştırılması ve seçilen zeytinyağı tiplerinin çeşitlendirilerek depolama işleminin farklı koşullarda tekrarlanması çalışmanın zeytinyağı endüstrisinde uygulanabilmesi açısından daha güvenilir verilerin elde edilmesine katkı sağlayacaktır.



KAYNAKLAR

- Aktaş, A.B.** (2022). Metabolomic Applications in Food Science and Nutrition. Daştan, S.D., Daştan, T. (ed.). *Nova Science Publishers*, 241-249, Newyork.
- Alawiye, T. T., & Babalola, O. O.** (2021). Metabolomics: Current application and prospects in crop production. *Biologia*, 76(1), 227-239.
- Álvarez-Rivera, G., Toro-Urbe, S., Ibañez, E., Cifuentes, A., & Bueno, M.** (2019). *Omics| Foodomics: Overview*.
- Amanpour, A., Kelebek, H., & Selli, S.** (2019). LC-DAD-ESI-MS/MS-based phenolic profiling and antioxidant activity in Turkish cv. Nizip Yaglik olive oils from different maturity olives. *Journal of Mass Spectrometry*, 54(3), 227-238.
- Antoniadi, L., Angelis, A., Stathopoulos, P., Bata, E. M., Papoutsaki, Z., Halabalaki, M., & Skaltsounis, L. A.** (2022). Oxidized forms of olive oil secoiridoids: Semisynthesis, identification and correlation with quality parameters. *Planta Medica*, 88(09/10), 805-813.
- AOCS** (1993). Method Ca 5a-40. Determination of Free Fatty Acid Content, In Official Methods and Recommended Practices of the AOCS (3rd ed.) Champaign: The American Oil Chemists' Society.
- AOCS.** (2009). AOCS Official Method Cd 8b-90, Peroxide Value Acetic Acid-Isooctane Method. In Official Methods and Recommended Practices of the AOCS (3rd ed.) Champaign: The American Oil Chemists' Society.
- Arslan, D., & Ok, S.** (2020). Characterization of Turkish olive oils in details. *Food Reviews International*, 36(2), 168-192.
- Armutcu, F., Namuslu, M., Yüksel, R., & Kaya, M.** (2013). Zeytinyağı ve sağlık: Biyoaktif bileşenleri, antioksidan özellikleri ve klinik etkileri. *Konuralp Medical Journal*, 5(1), 60-68.
- Aslan, T.,** 2023. Nizip ve Mardin'de Yetiştirilen Bazı Yağlık Zeytin (*Olea Europaea* L.) Çeşitlerinden Üretilen Natürel Sızma Zeytinyağlarının Depolama Sırasında Kalite Özelliklerinde Meydana Gelen Değişimlerin Belirlenmesi. *Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü* (Yüksek Lisans Tezi), 70s, Şanlıurfa.
- Aybaba, Ş.** (2010). Gemlik zeytin çeşidinde dal eğme ile birlikte yapraktan bor ve çinko uygulamalarının meyve verimi ve kalite üzerine etkisi. Çukurova Üniversitesi, Adana.

- Balkir, P., Kemahlioglu, K., & Yucel, U.** (2021). Foodomics: A new approach in food quality and safety. *Trends in Food Science & Technology*, 108, 49-57.
- Başaran, E., Aras, S. & Cansaran-Duman, D.** (2010). Genomik, proteomik, metabolomik kavramlarına genel bakış ve uygulama alanları. *Türk Hijyen ve Deneyisel Biyoloji Dergisi*, 67(2), 85-96. *isi*, 42(1), 52-58.
- Bayram, B., & Özçelik, B.** (2012). Zeytinyağının biyoaktif bileşenleri ve sağlık üzerine yararları. *Akademik Gıda*, 10(1), 77-84.
- Bayram, B., Özçelik, B., Grimm, S., Roeder, T., Schrader, C., Ernst, I. M., & Rimbach, G.** (2012). A diet rich in olive oil phenolics reduces oxidative stress in the heart of SAMP8 mice by induction of Nrf2-dependent gene expression. *Rejuvenation Research*, 15(1), 71-81.
- Bayramer, G.** (2015). Türkiye'nin sofralık zeytin ve zeytinyağı ihracatındaki sorunların değerlendirilmesi, Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Yüksek Lisans Tezi), 160s, Aydın.
- Bayyığıt, İ., & Acıbuca, V.** (2023). Kaliteli Zeytinyağı Üretiminde Zeytin Üreticilerinin Rolü. *International Congresses of Turkish Science and Technology Publishing*, 553-556.
- Bayyığıt, İ.** (2023). Mardin Koşullarında bazı organik gübrelerin zeytinyağı verim ve kalitesi üzerine etkileri. *Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü* (Doktora Tezi), 156s, Şanlıurfa.
- Bermudez, B., Lopez, S., Ortega, A., M. Varela, L., M. Pacheco, Y., Abia, R., & JG Muriana, F.** (2011). Oleic acid in olive oil: from a metabolic framework toward a clinical perspective. *Current pharmaceutical design*, 17(8), 831.
- Bianco, A., Mazzei, R. A., Melchioni, C., Romeo, G., Scarpati, M. L., Soriero, A., & Uccella, N.** (1998). Microcomponents of olive oil—III. Glucosides of 2 (3, 4-dihydroxy-phenyl) ethanol. *Food Chemistry*, 63(4), 461-464.
- Biçer Oymak, B.** (2015). *Altı Sigma yönteminin zeytinyağı sektöründe bir uygulaması*. Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü (Yüksek Lisans Tezi), 118s, Aydın.
- Bigliardi, B., & Galati, F.** (2013). Innovation trends in the food industry: The case of functional foods. *Trends in Food Science & Technology*, 31(2), 118-129.
- Boskou, D.** (2015). Olive fruit, table olives, and olive oil bioactive constituents. In *Olive and olive oil bioactive constituents* (pp. 1-30). AOCS Press.

- Brenes, M., García, A., García, P., & Garrido, A.** (2001). Acid hydrolysis of secoiridoid aglycons during storage of virgin olive oil. *Journal of agricultural and food chemistry*, 49(11), 5609-5614.
- Bulut, S.** (2018). Lykia'da zeytinyağı ve şarap üretimi üzerine bir ön değerlendirme. *Cedrus*, (6).
- Burunkaya, B., Selli, S., & Kelebek, H.** (2021). Sarı Kantaron (*Hypericum perforatum* L.) fenoliklerinin karakterizasyonu, antioksidan ve antimikrobiyal potansiyelinin belirlenmesi. *Çukurova tarım ve gıda bilimleri dergisi*, 36(2), 309-324.
- Bozdoğan Konuskan, D., & Mungan, B.** (2016). Effects of variety, maturation and growing region on chemical properties, fatty acid and sterol compositions of virgin olive oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 93(11), 1499-1508.
- Brala, C. J., Benčić, D., Šindrak, Z., Barbarić, M., & Uršić, S.** (2015). Labeled extra virgin olive oil as food supplement; phenolic compounds in oils from some autochthonous Croatian olives. *Grasas y aceites*, 66(4), e099-e099.
- Caboni, P., Maxia, D., Scano, P., Addis, M., Dedola, A., Pes, M., ... & Pirisi, A.** (2019). A gas chromatography-mass spectrometry untargeted metabolomics approach to discriminate Fiore Sardo cheese produced from raw or thermized ovine milk. *Journal of Dairy Science*, 102(6), 5005-5018.
- Caipo, L., Sandoval, A., Sepúlveda, B., Fuentes, E., Valenzuela, R., Metherel, A. H., & Romero, N.** (2021). Effect of storage conditions on the quality of arbequina extra virgin olive oil and the impact on the composition of flavor-related compounds (phenols and volatiles). *Foods*, 10(9), 2161.
- Canik, T., Öztürk, A. İ., & Özer, Ö. G. D. T.** (2020). Zeytinyağı kalitesini etkileyen faktörler. 4. *Çukurova Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi*, Çukurova Üniversitesi, 21-23 Şubat, Adana.
- Cankurt, M., Tunahoğlu R., Çobanoğlu F., Armağan G.** (2011). Sofralık Zeytinde Tüketim Tercihlerimiz, 2. *Zeytinyağı ve Sofralık Zeytin Sempozyumu*, Yaşar Üniversitesi, İzmir.
- Caruso, G., Gucci, R., Urbani, S., Esposto, S., Taticchi, A., Di Maio, I., Selvaggini, R., Servili, M.** (2014). Effect of different irrigation volumes during fruit development on quality of virgin olive oil of cv. Frantoio. *Agricultural water management*, 134, 94-103.

- Castillo-Luna, A., Criado-Navarro, I., Ledesma-Escobar, C. A., López-Bascón, M. A., & Priego-Capote, F.** (2021). The decrease in the health benefits of extra virgin olive oil during storage is conditioned by the initial phenolic profile. *Food Chemistry*, 336, 127730.
- Clodoveo, M. L.** (2012). Malaxation: Influence on virgin olive oil quality. Past, present and future—An overview. *Trends in Food Science & Technology*, 25(1), 13-23.
- Çevik, Ş., Özkan, G., & Kiralan, M.** (2015). Çeşit, olgunluk ve yoğurma şartlarının zeytinyağı verimi, bazı kalite parametreleri ve aroma profili üzerine etkisi. *Akademik Gıda*, 13(4), 335-347.
- Dağ, C., Demirtaş, I., Özdemir, I., Bekiroğlu, S., & Ertaş, E.** (2015). Biochemical characterization of Turkish extra virgin olive oils from six different olive varieties of identical growing conditions. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 92, 1349-1356.
- Dağdelen, A., Tümen, G., Özcan, M. M., & Dündar, E.** (2013). Phenolics profiles of olive fruits (*Olea europaea* L.) and oils from Ayvalık, Domat and Gemlik varieties at different ripening stages. *Food chemistry*, 136(1), 41-45.
- De Bruno, A., Romeo, R., Piscopo, A., & Poiana, M.** (2021). Antioxidant quantification in different portions obtained during olive oil extraction process in an olive oil press mill. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(3), 1119-1126.
- Dıraman, H., & Tüğen, A.** (2022). Helal bir gıda kaynağı olarak: Natürel zeytinyağlarında taklit ve tağşiş tespit çalışmaları. *Helal ve Etik Araştırmalar Dergisi*, 4(2), 43-68.
- Didin, M., Sakarya, S. Z., Konuşkan, D. B., Doğan, M., Duman, A. D., & Aydın, Z.** (2021). Zeytinyağının farklı materyallerle filtrasyonunun yağ asitleri kompozisyonu ve bazı kalite özelliklerine etkisi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 26(2), 443-451.
- Di Giovacchino, L.** (2013). Technological aspects. *Handbook of olive oil: Analysis and properties*, 57-96.
- El Chami A, Conte P, Hassoun G, Piga A.** (2023). Effect of Region of Cultivation, Tree Age and Harvest Time on the Quality of Lebanese Virgin Olive Oil. *Italian Journal of Food Science*, 35 (1): 57-71

- El Yamani, M., Boussakouran, A., & Rharrabti, Y.** (2022). Effect of storage time and conditions on the quality characteristics of ‘Moroccan Picholine’olive oil. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 39, 102244.
- Ertas, Y., & Sanlier, N.** (2014). Beslenme ve Metabolomikler. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 42(1), 52-58.
- Esti, M., Contini, M., Moneta, E., & Sinesio, F.** (2009). Phenolics compounds and temporal perception of bitterness and pungency in extra-virgin olive oils: Changes occurring throughout storage. *Food Chemistry*, 113(4), 1095-1100.
- Ferranti, P.** (2018). The future of analytical chemistry in foodomics. *Current Opinion in Food Science*, 22, 102-108.
- Flores, M. I. A., Romero-González, R., Frenich, A. G., & Vidal, J. L. M.** (2012). Analysis of phenolic compounds in olive oil by solid-phase extraction and ultra high performance liquid chromatography–tandem mass spectrometry. *Food chemistry*, 134(4), 2465-2472.
- Franco, M. N., Galeano-Díaz, T., López, Ó., Fernández-Bolaños, J. G., Sánchez, J., De Miguel, C., Gil, V., Martín-Vertedor, D.** (2014). Phenolic compounds and antioxidant capacity of virgin olive oil. *Food chemistry*, 163, 289-298.
- Gargouri, B., Zribi, A., & Bouaziz, M.** (2015). Effect of containers on the quality of Chemlali olive oil during storage. *Journal of Food Science and Technology*, 52, 1948-1959.
- Gemicioğlu, Y.** (2016). Türkiye'de zeytinyağı üretiminde kullanılan yöntemler ve makine sistemlerinin varlığı. *Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü* (Yüksek Lisans Tezi), 41s, Tekirdağ.
- Gil-Solsona, R., Raro, M., Sales, C., Lacalle, L., Diaz, R., Ibanez, M., Beltran, J., Sancho, J. V., Hernandez, F. J.** (2016). Metabolomic approach for Extra virgin olive oil origin discrimination making use of ultra-high performance liquid chromatography–Quadrupole time-of-flight mass spectrometry. *Food Control*, 70, 350-359.
- Giuliani, A., Cerretani, L., & Cichelli, A.** (2011). Chlorophylls in olive and in olive oil: chemistry and occurrences. *Critical reviews in food science and nutrition*, 51(7), 678-690.
- Gharby, S.** (2022). Olive oil: extraction technology, chemical composition, and enrichment using natural additives. In *Olive Cultivation*. IntechOpen.

- Ghisoni, S., Lucini, L., Angilletta, F., Rocchetti, G., Farinelli, D., Tombesi, S., & Trevisan, M.** (2019). Discrimination of extra-virgin-olive oils from different cultivars and geographical origins by untargeted metabolomics. *Food Research International*, 121, 746-753.
- Gorrochategui, E., Jaumot, J., Lacorte, S., & Tauler, R.** (2016). Data analysis strategies for targeted and untargeted LC-MS metabolomic studies: Overview and workflow. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 82, 425-442.
- Greenacre, M., Groenen, P. J., Hastie, T., d'Enza, A. I., Markos, A., & Tuzhilina, E.** (2022). Principal component analysis. *Nature Reviews Methods Primers*, 2(1), 100.
- Gutiérrez, F., & Fernández, J. L.** (2002). Determinant parameters and components in the storage of virgin olive oil. Prediction of storage time beyond which the oil is no longer of “extra” quality. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(3), 571-577.
- Gülal, T.** (2015). Zeytinyağı üretim tekniklerinin tarihsel gelişimi ve birbirleriyle karşılaştırılması. *Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü* (Yüksek Lisans Tezi), 47s, Bursa.
- Gündüz, G., ve Konuşkan, D. B.** (2022). The effect of variety and maturity on quality criteria and sensory properties of Hatay olive oil. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 10(9), 1620-1626.
- Güngören, M., Saydam, S., & Karataş, F.** (2017). Farklı yörelerdeki yabancı semizotu (*Portulaca oleracea* L.) ile kültür ortamında yetiştirilmiş semizotunun in vitro antioksidatif kapasitesinin belirlenmesi. *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 29(2), 15-22.
- Günther, H.** (2013). *NMR spectroscopy: basic principles, concepts and applications in chemistry*. John Wiley & Sons, 1-9.
- International Olive Oil Council (IOOC).** *Decision COI/T.15/NC No 3/Rev. 8; Trade Standard Applying to Olive Oil and Olive-Pomace Oil*. International Olive Oil Council: Madrid, Spain, 2015.
- Irmak, Ş., Güngör, F. Ö., & Susamcı, E.** (2010). Bazı sofralık zeytin çeşitlerimizin toplam fenolik madde miktarları ve işleme tekniklerinin bu bileşikler üzerine etkileri. *Zeytin bilimi*, 1(2), 57-64.
- İlyasoğlu, H., & Özçelik, B.** (2011). Zeytinyağının aroma bileşenlerine göre kemometrik yöntemlerle tanımlanması. *İTÜDERGİSİ/d*, 10(2).

- İlyasoğlu, H., Özçelik, B., Van Hoed, V., & Verhe, R.** (2010). Characterization of Aegean olive oils by their minor compounds. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 87, 627-636.
- İsmaili, H., Lani, V., Ruci B.** (2019). Olive Age Influence on the Oil Quality. *A.J.Sci.O* 2019. Vol 6(3) p 321-326
- Jabeur, H., Zribi, A., Abdelhedi, R., & Bouaziz, M.** (2015). Effect of olive storage conditions on Chemlali olive oil quality and the effective role of fatty acids alkyl esters in checking olive oils authenticity. *Food chemistry*, 169, 289-296.
- Jolayemi, O. S., Tokatli, F., & Ozen, B.** (2016). Effects of malaxation temperature and harvest time on the chemical characteristics of olive oils. *Food Chemistry*, 211, 776-783.
- Jolayemi, O. S., Tokatli, F., & Ozen, B.** (2021). UV–Vis spectroscopy for the estimation of variety and chemical parameters of olive oils. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(5), 4138-4149
- Kabaran, S.** (2019). Olive oil: antioxidant compounds and their potential effects over health. *Functional Food*, 1-19.
- Kaplan, O., & Çelebier, M.** (2020). Metabolomik Çalışmaların Dünü, Bugünü ve Yarını. *Türkiye Klinikleri. Tıp Bilimleri Dergisi*, 40(3), 366-374.
- Kara, H. H., Kıralan, M., Çalıkoğlu, E., & Bayrak, A.** (2018). Ege bölgesi zeytinyağlarının fenolik bileşenleri. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 6(1), 07-15.
- Kara, O. O.** (2021). Sofralık Zeytinde Kalite Özellikleri ve Kaliteyi Etkileyen Faktörler. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 10(2), 84-93.
- Kaya, H., Hakan, M., Güloğlu, U., Sefer, F., Çetin, Ö., Mete, N., & Uluçay, N.** (2023). “Beylik” Zeytin Çeşidi. *Meyve Bilimi*, 10(Özel Sayı), 37-40.
- Kılıç, S.** (2020). Kazdağları bölgesine ait zeytin, zeytin yaprağı ve zeytinyağlarının element tayini ve metot validasyonu. *Eurasian Journal of Biological and Chemical Sciences*, 3(1), 48-54.
- Kıralan, M.** (2010). Türk zeytinyağlarının zeytin çeşitlerine göre aroma profillerinin belirlenmesi. *Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Doktora Tezi)*, 159s, Ankara.
- Khdaire, A. I., Ayoub, S., & Abu-Rumman, G.** (2015). Effect of pressing techniques on olive oil quality. *Am. J. Food Technol*, 10, 176-183.

- Klisović, D., Novoselić, A., Režek Jambrak, A., & Brkić Bubola, K.** (2021). The utilisation solutions of olive mill by-products in the terms of sustainable olive oil production: a review. *International Journal of Food Science & Technology*, 56(10), 4851-4860.
- Konca, Y., Beyzi, S. B., Karabacak, M., & Yaylak, E.** (2015). Bıldırcın Rasyonlarına Farklı Seviyelerde Semizotu Tohumu (*Portulaca Oleracea* L.) İlavesinin Karkas, Kan Lipid Profili ve Antioksidan Özellikler Üzerine Etkisi. *Tavukçuluk Araştırma Dergisi*, 12(2), 1-6.
- Korkmaz, A.** (2023). Characterization and comparison of extra virgin olive oils of Turkish olive cultivars. *Molecules*, 28(3), 1483.
- Köklü, N., Büyüköztürk, Ş., & Çokluk-Bökeoğlu, Ö.** (2007). Sosyal Bilimler İçin İstatistik. *Pegem Yayıncılık*. Ankara.
- Köseoğlu, O., Sevim, D., & Kadiroğlu, P.** (2019). Effects of filtration on the quality properties of extra virgin olive oils during storage. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 96(3), 291-301.
- Krichene, D., Salvador, M. D., & Fregapane, G.** (2015). Stability of virgin olive oil phenolic compounds during long-term storage (18 months) at temperatures of 5–50 C. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63(30), 6779-6786.
- Kurita, T.** (2019). Principal component analysis (PCA). *Computer vision: a reference guide*, 1-4.
- Küçük, H., & Adabalı, M. M.** (2024). Zeytin tarihi. *Beslenme Bilimleri Alanında Uluslararası Araştırmalar I*, 35, Antalya.
- Lee, J. E., Lee, B. J., Hwang, J. A., Ko, K. S., Chung, J. O., Kim, E. H., Lee, S. J., Hong, Y. S.** (2011). Metabolic dependence of green tea on plucking positions revisited: A metabolomic study. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(19), 10579-10585.
- Liu, Z., Rochfort, S., & Cocks, B.** (2018). Milk lipidomics: What we know and what we don't. *Progress in lipid research*, 71, 70-85.
- Li, M., Li, W., Wu, J., Zheng, Y., Shao, J., Li, Q., & Yang, M.** (2020). Quantitative lipidomics reveals alterations in donkey milk lipids according to lactation. *Food Chemistry*, 310, 125866.

Li, S., Tian, Y., Jiang, P., Lin, Y., Liu, X., & Yang, H. (2021). Recent advances in the application of metabolomics for food safety control and food quality analyses. *Critical reviews in food science and nutrition*, 61(9), 1448-1469.

López-Miranda, J., Pérez-Jiménez, F., Ros, E., De Caterina, R., Badimón, L., Covas, M. I., Escrich, E., Ordovás, J. M., Abiá, R., Alarcón de la Lastra, C., Battino, M., Corella, D., Chamorro-Quirós, J., Delgado-Lista, J., Giugliano, D., Esposito, K., Estruch, R., Fernandez-Real, J. M., Gaforio, J. J., La Vecchia, C., Lairon, D., López-Segura, F., Mata, P., Menéndez, J. A., Muriana, F. J., Osada, J., Panagiotakos, J. A., D. B., Paniagua, Pérez-Martínez, P., Perona, J., Peinado, M. A., Pineda-Priego, M., Poulsen, H. E., Quiles, J. L., Ramírez-Tortosa, M. C., Ruano, J., Serra-Majem, L., Solá, R., Solanas, M., Solfrizzi, V., de la Torre-Fornell, R., Trichopoulou, A., Uceda, M., Villalba-Montoro, J. M., Villar-Ortiz, J. R., Visioli, F., Yiannakouris, N. (2010). Olive oil and health: summary of the II international conference on olive oil and health consensus report, Jaén and Córdoba (Spain) 2008. *Nutrition, metabolism and cardiovascular diseases*, 20(4), 284-294.

Lopez, S., Bermudez, B., Montserrat-de la Paz, S., Pacheco, Y. M., Ortega-Gomez, A., Varela, L. M., Lemus-Conejo, A., Millan-Linares, M. C., Rosillo, M. A., Abia, R., Muriana, F. J. (2021). Oleic acid—the main component of olive oil on postprandial metabolic processes. In *Olive oil and olive oil in health and disease prevention*, Academic Press (pp. 639-649).

Lozano-Sánchez, J., Bendini, A., Quirantes-Piné, R., Cerretani, L., Segura-Carretero, A., & Fernández-Gutiérrez, A. (2013). Monitoring the bioactive compounds status of extra-virgin olive oil and storage by-products over the shelf life. *Food Control*, 30(2), 606-615.

Luong, D. V., Tam, N. Q., Xuan, D. T. T., & Tai, N. T. (2019). NMR based metabolomic approach for evaluation of Vietnamese honey. *Vietnam Journal of Chemistry*, 57(6), 712-716.

Masoodi, M. H., Ahmad, B., Mir, S. R., Zargar, B. A., & Tabasum, N. (2011). *Portulaca oleracea* L. a review. *Journal of Pharmacy Research*, 4(9), 3044-3048.

Meral, Y., & Şahin, A. (2013). Tüketicilerin coğrafi işaretli ürün algısı: Gemlik zeytini örneği. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 16(4), 16-24.

- Miniotti, K. S., & Georgiou, C. A.** (2010). Comparison of different tests used in mapping the Greek virgin olive oil production for the determination of its total antioxidant capacity. *Grasas y aceites*, 61(1), 45-51.
- Mohamed, M. B., Rocchetti, G., Montesano, D., Ali, S. B., Guasmi, F., Grati-Kamoun, N., & Lucini, L.** (2018). Discrimination of Tunisian and Italian extra-virgin olive oils according to their phenolic and sterolic fingerprints. *Food Research International*, 106, 920-927.
- Montesano, D., Rocchetti, G., Cossignani, L., Senizza, B., Pollini, L., Lucini, L., & Blasi, F.** (2019). Untargeted metabolomics to evaluate the stability of extra-virgin olive oil with added *Lycium barbarum* carotenoids during storage. *Foods*, 8(6), 179.
- Morales, M. T., & Przybylski, R.** (2013). Olive oil oxidation. In *Handbook of olive oil: analysis and properties* (pp. 479-522). Boston, MA: Springer US.
- Morsy, M. K., Sami, R., Algarni, E., Al-Mushhin, A. A., Benajiba, N., Almasoudi, A. G., & Mekawi, E.** (2022). Phytochemical profile and antioxidant activity of sesame seed (*Sesamum indicum*) by-products for stability and shelf life improvement of refined olive oil. *Antioxidants*, 11(2), 338.
- Mozzi, F., Ortiz, M. E., Bleckwedel, J., De Vuyst, L., & Pescuma, M.** (2013). Metabolomics as a tool for the comprehensive understanding of fermented and functional foods with lactic acid bacteria. *Food Research International*, 54(1), 1152-1161.
- Mousavi, S., Mariotti, R., Stanzione, V., Pandolfi, S., Mastio, V., Baldoni, L., & Cultrera, N. G.** (2021). Evolution of extra virgin olive oil quality under different storage conditions. *Foods*, 10(8), 1945.
- Murillo-Cruz, M. C., Rodrigues, N., Dias, M. I., Bermejo-Román, R., Veloso, A. C., Pereira, J. A., & Peres, A. M.** (2022). Monovarietal olive oils fortified with carotenoids: Physicochemical and sensory trends and taste sensor evaluation. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 99(12), 1113-1126.
- Muroya, S., Oe, M., Ojima, K., & Watanabe, A.** (2019). Metabolomic approach to key metabolites characterizing postmortem aged loin muscle of Japanese Black (Wagyu) cattle. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, 32(8), 1172.
- Nas, S., Gökalp, H. Y., & Ünsal, M.** (2001). Bitkisel Yağ Teknolojisi (3. Baskı). *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Matbaası*, Denizli.

- Oğraş, Ş. Ş., Kaban, G., & Kaya, M.** (2016). The effects of geographic region, cultivar and harvest year on fatty acid composition of olive oil. *Journal of Oleo Science*, 65(11), 889-895.
- Ok, S.** (2014). Fast screening of Turkish olive oil by NMR spectroscopy for geographical determination and discrimination purposes. *Grasas y Aceites*, 65(2), e024-e024.
- Olmo-Cunillera, A., Pérez, M., López-Yerena, A., Abuhabib, M. M., Ninot, A., Romero-Aroca, A., & Lamuela-Raventós, R. M.** (2023). Oleacein and Oleocanthal: Key Metabolites in the Stability of Extra Virgin Olive Oil. *Antioxidants*, 12(9), 1776.
- Olmo-García, L., Bajoub, A., Monasterio, R. P., Fernández-Gutiérrez, A., & Carrasco-Pancorbo, A.** (2017). Metabolic profiling approach to determine phenolic compounds of virgin olive oil by direct injection and liquid chromatography coupled to mass spectrometry. *Food chemistry*, 231, 374-385.
- Ötleş, S., & Özyurt, V. H.** (2012). Oleuropein ve önemi. *Zeytin Bilimi*, 3(1), 59-71.
- Özen, N. D., & Mutlu, T. K.** (2019). Hasat döneminin beylik zeytini ve zeytinyağının kalite kriterlerine etkisinin belirlenmesi. *Ç.Ü Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 37-1.
- Özdoğan, D. ve Tunaloğlu, R.** (2017). Zeytinyağında kalite. *Zeytin Bilimi Dergisi*. 7 (1), 25-31.
- Parkinson, L., & Cicerale, S.** (2016). The health benefiting mechanisms of virgin olive oil phenolic compounds. *Molecules*, 21(12), 1734.
- Pedan, V., Popp, M., Rohn, S., Nyfeler, M., & Bongartz, A.** (2019). Characterization of phenolic compounds and their contribution to sensory properties of olive oil. *Molecules*, 24(11), 2041.
- Pehlivan, Ö. Ü. T.** (2022). Tarladan sofraya değerli bir ürün olan zeytinyağı ve kalitesinin korunması. *Sosyal, Beşerî ve İdari Bilimler, Artikel Akademi*. 265.
- Pérez, A. G., León, L., Pascual, M., de la Rosa, R., Belaj, A., & Sanz, C.** (2019). Analysis of olive (*Olea europaea* L.) genetic resources in relation to the content of vitamin E in virgin olive oil. *Antioxidants*, 8(8), 242.
- Petropoulos, S. A., Karkanis, A., Fernandes, Â., Barros, L., Ferreira, I. C., Ntatsi, G., Petrotos, K., Lykas, C., Khah, E.** (2015). Chemical composition and yield of six genotypes of common purslane (*Portulaca oleracea* L.): An alternative source of omega-3 fatty acids. *Plant foods for human nutrition*, 70, 420-426.

- Popescu, C., Manea, S., Vladut, V., Caba, I., Covaliu, I. C., Abbas, H., Dune, A., Lupuleasa, D.** (2018). Study on *Portulaca Oleracea* native species as vegetal source of Omega-3 and Omega-6 fatty acids. *membranes*, 19, 21.
- Psychogios, N., Hau, D. D., Peng, J., Guo, A. C., Mandal, R., Bouatra, S., Sinelnikov, I., Krishnamurthy, R., Eisner, R., Gautam, B., Young, N., Xia, J., Knox, C., Dong, E., Huang, P., Hollander, Z., Pedersen, T. L., Smith, S. R., Bamforth, F., Greiner, R., Mcmanus, B., Newman, J. W., Goodfriend, T., Wishart, D. S.** (2011). The human serum metabolome. *Plos one*, 6(2), e16957.
- Ramos-Escudero, F., Morales, M. T., & Asuero, A. G.** (2015). Characterization of bioactive compounds from monovarietal virgin olive oils: Relationship between phenolic compounds-antioxidant capacities. *International Journal of Food Properties*, 18(2), 348-358.
- Ribbenstedt, A., Ziarrusta, H., & Benskin, J. P.** (2018). Development, characterization and comparisons of targeted and non-targeted metabolomics methods. *PLoS One*, 13(11), e0207082
- Rivas, A., Sanchez-Ortiz, A., Jimenez, B., García-Moyano, J., & Lorenzo, M. L.** (2013). Phenolic acid content and sensory properties of two Spanish monovarietal virgin olive oils. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 115(6), 621-630.
- Rizwan, S., Benincasa, C., Mehmood, K., Anjum, S., Mehmood, Z., Alizai, G. H., Azam, M., Perri, E., Sajjad, A.** (2019). Fatty acids and phenolic profiles of extravirgin olive oils from selected Italian cultivars introduced in Southwestern Province of Pakistan. *Journal of oleo science*, 68(1), 33-43.
- Roberts, L. D., Souza, A. L., Gerszten, R. E., & Clish, C. B.** (2012). Targeted metabolomics. *Current protocols in molecular biology*, 98(1), 30-2.
- Romeo, F. V., & Muzzalupo, I.** (2015). Technological aspects: Table olive and olive oil processing. *Agricultural and Food Biotechnology of Olea europaea and Stone Fruit*; Muzzalupo, I., Micali, S., Eds, 109-160.
- Sales, C., Cervera, M. I., Gil, R., Portolés, T., Pitarch, E., & Beltran, J.** (2017). Quality classification of Spanish olive oils by untargeted gas chromatography coupled to hybrid quadrupole-time of flight mass spectrometry with atmospheric pressure chemical ionization and metabolomics-based statistical approach. *Food chemistry*, 216, 365-373.

- Sanimah, S., & Sarip, J.** (2015). Metabolomic analysis of Carica papaya variety Eksotika and Sekaki. *J. Trop. Agric. and Fd. Sc.* 43(2) (2015): 103 – 117.
- Satkın, B., & Aktas, A. B.** (2024). The optimisation of processing and storage conditions of lyophilised purslane-fortified yoghurts by central composite design. *International Journal of Dairy Technology*, 77(2), 282-291.
- Serrano, A., De la Rosa, R., Sánchez-Ortiz, A., Cano, J., Pérez, A. G., Sanz, C., Calderón, R. A., Velasco, L., León, L.** (2021). Chemical components influencing oxidative stability and sensorial properties of extra virgin olive oil and effect of genotype and location on their expression. *LWT*, 136, 110257.
- Servili, M., Sordini, B., Esposto, S., Urbani, S., Veneziani, G., Maio, I. D., Selvaggini, R., Taticchi, A.** (2013). Biological activities of phenolic compounds of extra virgin olive oil. *Antioxidants*, 3(1), 1-23.
- Sevim, D., Köseoğlu, O., ve Çetin, Ö.** (2016). Bazı Önemli Zeytin Çeşitlerinden Elde Edilen Yağların Minör Bileşenlerinin ve Antioksidan Seviyelerinin Belirlenmesi. *Zeytin Bilimi*, 6(1): 1-8.
- Sevim, D., Varol, N., & Köseoğlu, O.** (2022). Küresel iklim değişikliğinin zeytin yetiştiriciliği ve zeytinyağı üzerine etkileri. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 36(2), 415-432.
- Sicari, V.** (2017). Antioxidant potential of extra virgin olive oils extracted from three different varieties cultivated in the Italian province of Reggio Calabria. *Journal of Applied Botany & Food Quality*, 90.
- Stefanoudaki, E., Williams, M., & Harwood, J.** (2010). Changes in virgin olive oil characteristics during different storage conditions. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 112(8), 906-914.
- Tarchoune, I., Sgherri, C., Eddouzi, J., Zinnai, A., Quartacci, M. F., & Zarrouk, M.** (2019). Olive leaf addition increases olive oil nutraceutical properties. *Molecules*, 24(3), 545.
- Tasioula-Margari, M., & Tsabolatidou, E.** (2015). Extraction, separation, and identification of phenolic compounds in virgin olive oil by HPLC-DAD and HPLC-MS. *Antioxidants*, 4(3), 548-562.
- Termentzi, A., Halabalaki, M., & Skaltsounis, A. L.** (2015). From drupes to olive oil: an exploration of olive key metabolites. In *Olive and Olive Oil Bioactive Constituents* (pp. 147-177). AOCS Press.

- TGK**, 2023. Türk Gıda Kodeksi Zeytinyağı ve Prina Yağı Analiz Metotları Tebliği, Teblig no. 2023/20, Resmî Gazete, S. 32353.
- Topuz, H., & Durmuşoğlu, E.** (2012). Farklı hasat zamanlarının *Bactrocera oleae* (Gmelin, 1790) (Diptera: Tephritidae) zararıyla, zeytinyağı verim ve kalitesine etkileri. *Turkish Journal of Entomology*, 36(3), 345-362.
- Tsimidou, M. Z.** (2010). Squalene and tocopherols in olive oil: importance and methods of analysis. *In Olives and olive oil in health and disease prevention*, Academic Press. (pp. 561-567).
- Tunç, M., & Ünlü, A.** (2015). Zeytinyağı üretim atıksularının özellikleri, çevresel etkileri ve arıtım Teknolojileri. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4(2), 44-74.
- Tunçtürk, R.** (2013). Fonksiyonel gıda olarak tüketilen semizotunun (*Portulaca oleracea* L.) tıbbi bitki olarak değerlendirilmesi. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, (1), 101-103.
- Ün, İ., & Ok, S.** (2018). Analysis of olive oil for authentication and shelf life determination. *Journal of food science and technology*, 55, 2476-2487.
- Uddin, M., Juraimi, A. S., Hossain, M. S., Nahar, M., Un, A., Ali, M., & Rahman, M. M.** (2014). Purslane weed (*Portulaca oleracea*): a prospective plant source of nutrition, omega-3 fatty acid, and antioxidant attributes. *The Scientific World Journal*, 2014.
- Varlı, İ.** (2022). Mut (Mersin) yöresi zeytinyağlarının sınıflandırılması ve sahteciliğin/tağşişin tespiti için kemometrik veri analiz yaklaşımına dayalı basit ve hızlı senkron floresans spektroskopisi yöntemlerinin geliştirilmesi. *Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Yüksek Lisans Tezi)*, 169s, Konya.
- Vendrell Calatayud, M., Li, X., Brizzolara, S., Tonutti, P., & Wang, S. C.** (2024). Storage effect on olive oil phenols: cultivar-specific responses. *Frontiers in Nutrition*, 11, 1382551.
- Veneziani, G., Esposto, S., Taticchi, A., Urbani, S., Selvaggini, R., Di Maio, I., Sordini, B., Servili, M.** (2017). Cooling treatment of olive paste during the oil processing: Impact on the yield and extra virgin olive oil quality. *Food chemistry*, 221, 107-113.
- Yorulmaz, A., Yavuz, H., & Tekin, A.** (2014). Characterization of Turkish olive oils by triacylglycerol structures and sterol profiles. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 91(12), 2077-2090.

- Yorulmaz, H. O., & Konuskan, D. B.** (2017). Antioxidant activity, sterol and fatty acid compositions of Turkish olive oils as an indicator of variety and ripening degree. *Journal of food science and technology*, 54, 4067-4077.
- Zincircioğlu N.** (2018). Domat Zeytin Çeşidinde Meyve-Yaprak Besin Elementleri Değişimlerinin İncelenmesi. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 55(2).
- Xie, C., Zhong, D., Yu, K., & Chen, X.** (2012). Recent advances in metabolite identification and quantitative bioanalysis by LC–Q-TOF MS. *Bioanalysis*, 4(8), 937-959.
- Wei, W., Sun, C., Jiang, W., Zhang, X., Hong, Y., Jin, Q., & Yang, Z.** (2019). Triacylglycerols fingerprint of edible vegetable oils by ultra-performance liquid chromatography-Q-ToF-MS. *Lwt*, 112, 108261.
- Wu, H., Huang, W., Chen, Z., Chen, Z., Shi, J., Kong, Q., Sun, S., Jiang, X., Chen, D., Yan, S.** (2019). GC–MS-based metabolomic study reveals dynamic changes of chemical compositions during black tea processing. *Food Research International*, 120, 330-338.