



T.C.
NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**ZEYTİN YAĞI ÜRETİMİNDE ENZİM İLAVESİ İLE MİKRODALGA VE
ULTRASONİKASYON TEKNOLOJİLERİNİN BAZI KALİTE
PARAMETRELERİ VE YAĞ VERİMİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

Ayşenur ACAR
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

07-2017

KONYA

Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Ayşenur ACAR tarafından hazırlanan “Zeytin Yağı Üretiminde Enzim İlavesi İle Mikrodalga ve Ultrasonikasyon Teknolojilerinin Bazı Kalite Parametreleri ve Yağ Verimi Üzerine Etkileri” adlı tez çalışması 24/07/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri**İmza****Başkan**

Yrd. Doc. Dr. Hasan Hüseyin KARA

**Danışman**

Doç. Dr. Derya ARSLAN DANACIOĞLU

**Üye**

Yrd. Doc. Dr. Fatma Nur ARSLAN



Yukarıdaki sonucu onaylarım.
Prof. Dr. Ahmet COŞKUN
FBE Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Ayşenur ACAR

05/07/2017

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ZEYTİN YAĞI ÜRETİMİNDE ENZİM İLAVESİ İLE MİKRODALGA VE ULTRASONİKASYON TEKNOLOJİLERİNİN BAZI KALİTE PARAMETRELERİ VE YAĞ VERİMİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Ayşenur ACAR

**Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Doç. Dr. Derya ARSLAN DANACIOĞLU

2017, 84 Sayfa

Jüri

Doç. Dr. Derya ARSLAN DANACIOĞLU

Yrd. Doç. Dr. Hasan Hüseyin KARA

Yrd. Doç. Dr. Fatma Nur ARSLAN

Zeytin yağında bulunan fenolik bileşenler biyoaktif moleküllerdir ve Akdeniz diyetinde kalp damar hastalıkları ile kanserin daha az görülmesinde etkili oldukları bilinmektedir. Ayrıca, oksidatif stabilite ve zeytin yağı fenolikleri arasındaki bağlantı iyi bilinmektedir. Zeytin meyvesinden kaynaklanan iç faktörler ve zeytin yağı prosesi gibi üretim koşullarına bağlı olarak zeytin yağının fenolik profili değişmektedir. Bu nedenle zeytin yağında verim, kalite ve fenolik bileşen içeriğini artırmaya yönelik çeşitli uygulamalar

geliştirilmiştir. Bu anlamda, gıda işleme endüstrisinde ultrason uygulaması yardımcı ve önu açık bir teknoloji olarak düşünölmektedir.

Bu çalışmada, söz konusu teknolojilerin zeytin yağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Zeytin ezmesine uygulanan mikrodalga, ultrason ve enzim ilavesi geleneksel uygulama ile karşılaştırarak etkisi değerlendirilmektedir. Bunun yanında zeytin yağı ekstraksiyonunda son yıllarda uygulanmaya başlanan farklı yeni teknolojik işlemlerin, zeytinlerin geleneksel metodla ekstraksiyonu sırasında oluşan kayıpların önüne geçilmesi, uygulama şekilleri ve aynı zamanda zeytin yağının kimyasal özellikleri üzerindeki etkileri hakkında bilgi verilmektedir. Ayrıca, zeytin yağı işleme prosesindeki yoğurma aşamasında ultrason (yüksek frekanslı ses dalgaları) ve mikrodalga uygulaması ile ürünün fenolik bileşen konsantrasyonunun, yağ randımanının artırılması hedeflenmiştir.

Laboratuvar şartlarında yoğurma aşamasında zeytin hamuru elde edilip, bu hamura gerekli işlemler 8 farklı kombinasyonda uygulanmıştır. Uygulanan işlemler ile yağ veriminde artış görünürken serbest asitlik ve peroksit değerlerinde önemli bir değişim gözlenmemiştir. Antioksidan aktivitede artışlara rastlanmıştır. Verim açısından en iyi sonuç enzim, ultrason ve enzim+ultrason işlemlerinde, en zayıf sonuç ise enzim+mikrodalga işleminde bulunmuştur. Tüm uygulamalarda toplam fenolik bileşen içeriğinde düşüş, antioksidan içeriğinde ise artış tespit edilmiştir. Bütün uygulamalar arasında toplam fenolik madde miktarı 0.212-0.552 mg/kg arasında değişirken, DPPH değerinin % inhibisyonu %52.40-93.67 aralığında değişmektedir.

Fenoliklerin ekstraksiyon boyunca dağılımı ve bazı proses parametrelerinin bu gibi bileşenler üzerindeki etkilerinin tespit edilmesinin zeytin işleme teknolojisinin geleceği açısından muhtemel faydalar sağlayacağı düşünölmektedir.

Anahtar Kelimeler: ekstraksiyon, enzim, mikrodalga, ultrason, zeytin yağı

ABSTRACT

MS THESIS

THE EFFECTS OF ENZYME ADDITION AND MICROWAVE AND ULTRASOUND TECHNOLOGIES ON SOME QUALITY PARAMETERS AND OIL YIELD IN OLIVE OIL PRODUCTION

Ayşenur ACAR

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED
SCIENCE OF NECMETTIN ERBAKAN UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN FOOD ENGINEERING**

Jury

Assoc. Prof. Derya ARSLAN DANACIOĞLU

Asst. Prof. Hasan Hüseyin KARA

Asst. Prof. Fatma Nur ARSLAN

Phenolic compounds found in olive oil are bioactive molecules and are known to be effective in lesser cases of cancer and cardiovascular diseases in Mediterranean diet. Furthermore, the link between oxidative stability and olive oil phenolics is well known. The phenolic profile of olive oil varies depending on the internal factors resulting from the olive fruit and the production conditions such as the olive oil process. For this reason, various applications have been developed to increase yield, quality and phenolic components in olive oil. In this sense, ultrasound power and microwaves are considered as useful and open technologies in the food processing industry.

In this study, olive oil was obtained by applying laboratory scale microwave and ultrasonic technologies after olive crushing. The effect of microwave, ultrasonic and enzyme addition applied to olive paste is evaluated by comparing with traditional application. The aim was to to evaluate the effect of microwave, ultrasound application and enzyme addition applied to olive paste by comparing with traditional production.

In laboratory conditions, olive paste was obtained during the kneading stage and the necessary operations were applied in 8 different combinations. Significant increases in antioxidant activity were

determined. In terms of yield, the best results were found in enzyme, ultrasonic and enzyme+ultrasonic processes and the weakest result is in enzyme+microwave process. Amount of the total phenolic substance between the all treatments ranged from 0.212 to 0.552 mg/kg while the % inhibition of DPPH ranged from 52.40 to 93.67%.

The distribution of phenols along the extraction and the determination of the effects of certain process parameters on such components are believed to provide possible benefits for the future of olive processing technology.

Key words: extraction, enzyme, microwave, olive oil, ultrasound



ÖNSÖZ

Tez çalışması Necmettin Erbakan Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü Laboratuvarlarının alt yapısı kullanılarak yürütülmüştür.

Yüksek lisans eğitimim boyunca desteğini esirgemeyen, bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım, eğitimimde önemli katkılar sağlayan ve üstün bilgilerini benimle paylaşan saygıdeğer tez danışmanı hocam sayın **Doç. Dr. Derya ARSLAN**'a

Maddi manevi tüm güçlüklerle karşı her zaman yanımda olan, haklarını asla ödeyemeyeceğimi bildiğim sevgili aileme özellikle babam **Bünyamin ACAR** ve annem **Safire ACAR**'a

Sonsuz teşekkürler...

Ayşenur ACAR
KONYA-2017

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
ÖNSÖZ.....	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xii
1.GİRİŞ.....	1
2.KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	7
3. MATERYAL VE METOT.....	29
3.1. Materyal.....	29
3.1.1. Olgunlaşma İndeksi Belirleme Yöntemi.....	29
3.2. Metot.....	29
3.2.1. Kullanılan Cihaz Ve Ekipmanlar.....	29
3.2.2 Örnek Hazırlama.....	30
3.2.3. Deneme planı.....	32
3.2.4. Analitik Prosedürler.....	32
3.2.5. Örneklerin Analizlere Hazırlanması.....	32
3.2.5.1. Sıcaklık Ölçümü.....	32
3.2.5.2. Mikrodalga Fırında Uygulanılacak Gücün Belirlenmesi.....	32
3.2.5.3. Ultrason Su Banyosunda Sürenin Belirlenmesi.....	33
3.2.5.4. Enzim Miktarının Belirlenmesi.....	33
3.2.5.5. Ters Işık Mikroskopunda Görüntü.....	33
3.2.6. Analizler.....	33
3.2.6.1. Zeytin Yağı Veriminin Belirlenmesi.....	33
3.2.6.2. Renk Analizi (L*, a*, b*).....	34
3.2.6.3. Serbest Yağ Asidi Analizi.....	34
3.2.6.4. Peroksit Sayısı Analizi.....	34
3.2.6.5. Toplam Karotenoid ve Klorofil Analizi.....	35
3.2.6.6. Toplam Fenolik Madde Miktarının Belirlenmesi.....	35
3.2.6.7. Fenolik Bileşiklerin HPLC’de Tespit Edilmesi.....	35
3.2.6.8. DPPH Serbest Radikal Tutucu Etkinin Belirlenmesi.....	36
3.2.7. İstatistik Analizler.....	37
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI, TARTIŞMA VE ÖNERİLER.....	38
4.1. Verim, Serbest Yağ Asitliği Ve Preoksit Sayısına İlişkin Bulgular.....	38
4.2. Mikroskopik Görüntülere İlişkin Bulgular.....	41

4.3. Klorofil, Karateenoid, Fenolik Madde Ve Antioksidan Aktiviteye İlişkin Bulgular	43
4.4. Renk Analizine İlişkin Bulgular	46
4.5. Fenolik Bileşen Dağılımına İlişkin Bulgular.....	47
5.SONUÇ.....	55
KAYNAKLAR.....	56
ÖZGEÇMİŞ.....	70



ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 1. Zeytin yağı ekstraksiyonu esnasında zeytin hamuruna sırasıyla uygulanan işlem basamakları

Çizelge 2. Enzim ilavesi, mikrodalga ve ultrason uygulamaları ile elde edilen zeytin yağında verim, serbest asitlik ve peroksit sayısı değerleri

Çizelge 3. Zeytin hamuruna uygulanan farklı işlemler sonucunda elde edilen zeytin yağlarının toplam klorofil, toplam karoten, toplam fenolik ve DPPH değerleri

Çizelge 4. Farklı uygulamalar ile renk değerlerinde görülen değişiklikler

Çizelge 5. Ekstraksiyonunda uygulanan farklı ön işlemler sonucunda elde edilen zeytin yağlarında belirlenen fenolik bileşenler

Çizelge 6. Fenolik bileşenler ile DPPH değerlerinin korelasyonu

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1. Zeytin yağında bulunan fenolik bileşiklerin kimyasal formülleri

Şekil 2. Zeytin yağı ekstraksiyon aşamaları

Şekil 3. Zeytin hamuruna uygulanan işlemler sonrası mikroskop görüntüleri

Şekil 4. HPLC analizleri sonucu elde edilen örnek kromatogram (US uygulanmış örnek)

SİMGELER VE KISALTMALAR

a*	: (+) kırmızı, (-) yeşil renk değeri
b*	: (+) sarı, (-) mavi renk değeri
L*	:Parlaklık renk değeri
sn	:Saniye
dk	:Dakika
kg	:Kilogram
g	:Gram
MD	:Mikrodalga
US	:Ultrason
M	:Molarite
N	:Normalite
mL	:Mililitre
μ l	:Mikrolitre
μ M	:Mikromolar
mM	:Milimolar
mg	:Miligram
μ g	:Mikrogram
kW	:Kilowatt
$^{\circ}$ C	:Santigrad derece

1.GİRİŞ

Zeytin *Oleaceae* (Zeytingiller) familyasının bir üyesidir. Bu familyanın birçok cinsi vardır ve bazılarında yağ üretilir. Bunlar *Olea* cinsine bağlı olup genellikle subtropikal ve tropikal iklim gösteren bölgelerde, Dünya üzerinde orta kuşakta ve Akdeniz ikliminin hakim olduğu sahalarda yetişir. Zeytin yağı, zeytin ağacının (*Olea europea* L.) olgun meyvelerinden sadece fiziksel prosedürler kullanılarak sıkılmak suretiyle elde edilen, oda sıcaklığında (20-25°C) sıvı olan ve yemeklik olarak kullanılan yağdır. Bu özellik zeytin yağına, tüm bitkisel yağlar arasında ham halinde yani rafinasyona tabi tutulmaksızın yenilebilen meyve yağı özelliği vermektedir. Kalori değeri yüksek, esansiyel yağ asitlerinin kaynağı ve yağda çözünen A, D, E, K vitaminlerinin deposu olan zeytin yağı kendine has güzel tadı ve kokusu ile diğer bitkisel yağlara tercih edilen, hazım olma derecesi yüksek olan ve natürel olarak tüketilebilen önemli bir yağ kaynağıdır (Keçeli, 2008). Zeytin yağı tekli doymamış yağ asidi olan oleik asiti de % 75-85 oranında içerdiği için okside olmaya diğer yağ asitlerinden daha dirençlidir. Bu özelliği zeytin yağını kızartmaya en elverişli yağ olmasını da sağlamaktadır.

Zeytin yağı ekstraksiyon prosesi son 20 yılda çok az değişim göstermiştir. Zeytin yağı büyük beğeni ile tüketilen birinci sınıf bir bitkisel yağdır. Duyusal ve sağlık özelliklerinden dolayı Akdeniz diyetinde ana lipid kaynağını oluşturmaktadır (Bedbabis ve ark., 2010; Apetrei, 2012; Romero-Segura ve ark., 2012; Inarejos-García ve ark., 2013).

Günümüzde zeytin yağının biyolojik ve besinsel değeri ile insan sağlığı üzerindeki gözle görülür somut etkileri çok iyi bilinmektedir. Ancak üretim tekniklerinin optimizasyonu ile bu özellikleri daha da geliştirilebilir. Ayrıca, fenolikler gibi minör bileşenler zeytin yağının orijini, ekstraksiyon metodu, rafinasyon işlemi ve taklit-tağış gibi konularda analitik belirlemelerde de kullanılmaya başlamıştır. Zeytin meyvesinde yer alan fenolik bileşenler yağda, vejetasyon atık suyunda ve katı fazda ve biraz da kolloid yağ damlacıklarına bağlı halde bulunurlar. Fenollerin zeytin meyvesindeki konsantrasyonu %1.0-3.0(w/w) arasında değişmekte ve bu konsantrasyon çeşit, zirai işlemler, çevre, olgunluk seviyesi, depolama koşulları, işleme metodu vb. çeşitli faktörlere bağlı olmaktadır (Montedoro ve ark.,1992). Zeytin yağı kalp damar hastalıkları ve kanser vakalarının daha az görüldüğü Akdeniz diyetinin en önemli parçasıdır (Manna ve ark., 1999). Zeytin yağına özellikle acı ve keskin (yakıcı) bir lezzet kazandırdığı için zeytin yağı duyusal özellikler açısından da fenolik bileşiminden etkilenmektedir (Visioli ve ark., 2002).

Zeytin yağında bulunan değişime uğramış mikrobileşenler zeytinde doğal olarak bulunan mikrobileşenlerle birlikte bulunur. Bunun yanısıra zeytin yağına geçen bu bileşenlerin, suda mı ya da yağda mı buldukları, nisbi miktarları, zeytin yağı ekstrakte edilirken hangi bileşenlerin biotransformasyona uğradığı ve hangi bileşenlere dönüştükleri ve bunların miktarları konularına yönelik araştırmalar yeni gündeme gelmiştir, bu konularda henüz yeterli çalışma yoktur. Yoğurma sırasında zeytin yağında bulunan sekoiridoitlerin kantitatif modifikasyonunu açıklayan mekanizma henüz kesin olarak bilinmemektedir. Malaksasyon sırasında, endojen enzimler olan peroksidaz (POD) ve polifenoloksidaz (PPO), sekoiridoitleri oksitleyebilir ve yağ fenoliklerinin konsantrasyonunu düşürebilir, böylece acı ve sertlik özelliklerini ve elde edilen yağın oksidatif stabilitesini azaltır (Angerosa ve ark., 2001).

Yağda fenoller, tokoferoller ve karotenoidler gibi antioksidanların salınması, ekstraksiyon işlemiyle doğrudan ilişkilidir ve sızma zeytin yağının kalitesini büyük ölçüde etkiler (Servili ve ark., 2003). Stabilite, lezzet ve rengin yanında antioksidan, anti-enflamatuvar, kanseri önleyici vs. gibi bazı önemli biyolojik özellikler sızma zeytin yağı minör bileşikleriyle ilişkilendirilmiştir (Servili ve ark., 2009b; Torres ve ark., 2011). Fenol bileşenleri, besinsel değere sahip olmamakla birlikte sağlık üzerine olumlu etkileri nedeniyle çok önemlidirler, insan vücudu tarafından sentezlenemezler ve günlük diyet ile alınmaları gerekir. Fenol bileşenleri ve lignanların en önemli özelliklerinin; kardiyovasküler hastalıklara karşı koruyucu, tümör oluşumunu teşvik eden singlet oksijen ve çeşitli serbest radikalleri yok edici etkileri, metallerle şelat oluşturma ve lipoksigenaz enzimini inaktive etmeleri olduğu bildirilmiştir. Lignanlar, deri, göğüs, bağırsak ve akciğer kanseri hücrelerinin büyümesini önlemektedirler (Çevik, 2015). Oleuropeinin enzimatik hidrolizi sonucu açığa çıkan sekoiridoit türevleri ligstroside ve demetiloleuropein (Montedoro ve ark., 2002), dekarboksümetiloleuropein ve ligstrosid aglikonları dialdehidik formları (sırasıyla 3,4- DHPEA-EDA and p-HPEA-EDA) ve oleuropein ve ligstroside aglikonları aldehidik formları (sırasıyla 3,4-DHPEA-EA ve p-HPEA EA,) en yaygın bulunan fenolik bileşenlerdir ve bunlar arasında oleuropein türevleri en güçlü antioksidan aktiviteyi gösterenlerdir (Artajo ve ark., 2006).

Fenolik bileşenlerin biyotransformasyonu üzerine yapılan önceki çalışmalarda natürel zeytin yağında bulunan başlıca sekoiridoitlerin oluşumu tamamıyla açıklanamamıştır. Sekoiridoitler yağda çözünür özellikte değildirler. Mekanik ekstraksiyon sonrası yağa az bir kısmı geçer ve bu kısım zeytin yağının sağlığa faydalı etkilerini ve

duyusal özelliklerini kazandıran en önemli mikrobileşenleri oluştururlar. Fenoliklerin su ve yağ faz arasındaki dağılımı bu iki fazda çözünürlüklerine bağlıdır. Zeytin yağının ekstraksiyonu sırasında zeytinlerin kırılması ezilmesi esnasında oleuropeinin % 80'i parçalanır. Enzimler polisakkaritleri parçalayarak ve fenolik antioksidanların serbest kalmasını sağlar ve bunlarda yağ, su ve katı faz olmak üzere üç faza dağılır. Genelde meyvede bulunan doğal enzimler yağ ekstraksiyon ve ezme aşamalarında deaktive olurlar.

Zeytinlerin ezilmesi veya kırılması meyve dokularının parçalandığı ve vakuollerde yer alan yağ damlacıklarının salınmasını sağlayan basit bir fiziksel işlem olmanın yanısıra zeytin yağının kalitesini etkileyen kritik bir basamaktır. Ezme sırasında polar fenollerin ve uçucu bileşenlerin oluşumu ve transformasyonu tetiklenir (Di Giovachino ve ark., 2002).

Dünyada zeytin yağına olan ilginin artması zeytin yağının farklı şekillerde işlenmesine ve yeni teknolojilerin araştırılmasına teşvik etmektedir (Sezer ve Kırmancılı, 1999). Zeytin yağı eldesi doğru zamanda ve doğru yöntemle hasat edilen zeytinlerin, zeytin yağına işleme aşamaları olan hazırlık ve temel üretim aşamalarından oluşmaktadır (Göğüş ve ark., 2009). Zeytin hazırlık aşamaları zeytin yağının kalitesi açısından önemlidir. Çünkü zeytinin hasat edilmesi sırasında ayrılmayan yabancı maddeler zeytin yağı kalitesini olumsuz etkilemektedir. Bu amaçla, yabancı maddelerin ayrılmasında yaprak ayırıcılar ve yıkama makineleri kullanılmaktadır (Bayrak ve Kıralan, 2008). Zeytin yağı temel üretim aşamalarından ilki kırmadır. Zeytin meyvelerinde yağın büyük bir kısmı, meyve etini oluşturan hücrelerin vakuollerinde yer almaktadır. Danenin içerdiği yağın yaklaşık % 1'i ise, meyvenin mezokarp dışındaki kısımlarında bulunmaktadır. Meyve etinin parçalanmasıyla hücreler içinde hapsolmuş vakuollerdeki yağ dışarı çıkabilmektedir (Kayahan ve Tekin, 2006). Ezme işlemini kolaylaştırmak için zeytinlerin kırma makinelerinde 3-4 parçaya bölünmesi yağ verimini olumlu yönde etkilediği belirtilmektedir (Başoğlu, 2006). Yoğurma, zeytin ezmelerinin sürekli yavaş bir şekilde işlendiği ikinci aşamadır. Proses adımları arasında, zeytin yağı malaksasyonu zeytin yağı ekstrakte etme prosesinde en önemli unsurlardan biridir. Bu aşamada yüksek yağ kalitesi ve optimum proses verimi elde etmek için yoğurma süresi ve hamur sıcaklığı düzenlenir (Uceda ve ark., 2006). Yüksek sıcaklık yağ verimini artırır, çünkü sıcaklık yağ viskozitesini düşürür ve yağ damlacıklarının toplanmasını sağlar (Inarejos-García ve ark., 2009). Ranalli ve ark. (2003a) ekstraksiyon veriminde önemli bir artış olmaksızın 35 °C'de yağ kalitesinde genel bir bozulma bulduklarından dolayı 30 °C'den yüksek olmayan bir yoğurma sıcaklığı önermektedir. Kalua ve arkadaşları (Kalua ve ark., 2006) 45°C'ye kadar

bir sıcaklık artışının, 15 ve 30°C'lik sıcaklıklara kıyasla verimin önemli bir düşüşüyle sonuçlandığını gösterdi. Parenti, Spugnoli ve Cardini'nin (2000) bildirildiği gibi, 30-36°C sıcaklık aralığı ile fenolik bileşik içeriği arasında negatif korelasyon bulunmaktadır. Yoğurma işlemi ekstraksiyon veriminin artması, sızma zeytin yağı kalite parametreleri, beslenme ve duyu özellikleri üzerinde çeşitli etkilere sahip olması açısından önemlidir (Angerosa ve ark., 2001; Kıralan ve ark., 2005; Kayahan ve Tekin, 2006; Bayrak ve Kıralan, 2008). Yoğurmadaki temel amaç ise yağ su emülsiyonunu kırıp, yağ damlacıklarını birleştirerek daha büyük damlacıklar oluşturmaktır (Boskou, 2006). Yoğurma aşamasıyla, hücreden salınan yağ damlacıklarının sayısının artırılması, küçük yağ damlacıklarının büyük yağ damlacıklarına dönüşümü ve yağ-su emülsiyon oluşumunun engellenmesiyle yağın sudan daha kolay ayrılması sağlanmaktadır (Nas ve ark., 2001; Kıralan ve ark., 2006a). Ayrıca kullanılan yardımcı katkı maddeleri de yoğurma aşamasında ezmeye katılmaktadır. Yoğurma işleminden sonra ezmenin ekstraksiyon işlemi ile katı ve sıvı fazlarına ayrılması ise üçüncü aşamayı oluşturmaktadır. Bu aşamalara kadar zeytinlere uygulanan işlemler hemen hemen aynı iken, burada kullanılacak ekstraksiyon sistemine göre ürünler çeşitlilik kazanmaktadır (Bayrak ve Kıralan, 2008).

Endüstriyel zeytin yağı işleme tesislerinde zeytin yağı verimi % 80-87 arasında olup bu değer, yağın sitoplazmanın koloidal hücrelerinde hapsedildiği ve/veya karasu ile emülsiyon oluşturduğu durumlarda % 70-80'lere kadar düşmektedir (Bayrak ve Kıralan, 2008). Verimi artırmak için ise yardımcı katkı maddeleri kullanmak gerekmektedir. Bu nedenle son yıllarda zeytin yağı ekstraksiyonunda, yağ çıkışını kolaylaştıran ve yağ verimini artıran yardımcı maddeler kullanım olanaklarını araştırılan çalışmalar artmıştır. Yardımcı katkı maddelerinden enzim preparatları yağ damlacıklarını içeren hücrelerdeki selüloz ve pektini parçalayarak, kimyasal maddeler ise hamurdaki emülsiyon ve dispersiyonu azaltarak mekanik yolla alınabilecek serbest yağ miktarını arttırmaktadır (Bhat, 2000; Kayahan ve Tekin, 2006; Obergeföll, 2006).

Gıda makinelerinin tasarımcıları için ana hedef proses süresinin zaman içinde azalmasıdır. Bu amaç yüksek kaliteli zeytin yağı üretimi ve yüksek ekstraksiyon verimi ile yakından ilişkilidir. Dikkate alınması gereken bir diğer önemli yanı, prosesin enerji ihtiyacının azalmasıdır, böylece hem çevresel hem finansal maliyetler azaltılır (Tamborrino ve ark., 2014b).

Zeytin yağı ekstraksiyonu tesislerindeki önemli bir yenilik katı – sıvı ayrımını sürekli hale getiren yatay dekanter santrifüjün getirilmesi olmuştur. Sürekli sistemin faydası

oksidasyonu önleyerek zeytin yağı kalitesinde iyileşme sağlamaktır (Ranalli and Angerosa, 1996; Di Giovacchino ve ark., 2001; Catalano ve ark., 2003; Altieri, 2010; Altieri ve ark., 2013). Zaman tasarrufu, işçilik ve işçilik maliyetlerinin azalması, ekipmanların daha hızlı ve daha kolay temizlenmesi ve yoğurma işleminin düzgün çalışmasını sağlamak için küçük bir alan içeren fabrikanın yeni düzeni ile ilgilidir (Amirante ve ark., 2012; Leone ve ark., 2014a; Tamborrino, 2014a). Ancak büyük sınırlamaların birisi ekstraksiyon verimi ve zeytin yağı kalitesi için önem arz eden yoğurma sıcaklığı ve zamanının kontrolüdür. Son yıllarda, gıdanın mikrodalga (MD) prosesi mevcut olan en hızlı ısıtma tekniklerinden birisi olarak ortaya çıkmıştır ve çeşitli gıda proseslerinde araştırılmıştır (Cheng ve ark., 2006; Cocci ve ark., 2008; Catalano ve ark., 2013; Leone ve ark., 2014b; Singh ve Heldman., 2014; Seixas ve ark., 2014). MD ısıtma diğer dolaylı termal ısıtma yöntemlerinden farklıdır. MD enerjisi gıda malzemelerini moleküler düzeyde ısıtır. Çünkü, ısıtma işlemi ısı transferinin geleneksel modlarına bağlı bulunan ısıtmanın bilinen diğer modlarından daha hızlıdır (Salvi ve ark., 2009; Schiffmann, 2010; Chandrasekaran ve ark., 2013).

Uzun süre gerektiren konvansiyonel sistemlere kıyasla, ultrason (US) ve MD gıda sanayinde yaygın uygulaması bulunan teknolojiler olarak ortaya çıkmıştır (Li ve ark., 2004; Knorr ve ark., 2011; Malheiro ve ark., 2011; Galanakis, 2012;). Fakat, MD bu gıda sanayi sektöründen önce kullanılmazken, sızma zeytin yağındaki US uygulamaları nadiren incelenmiştir (Jiménez ve ark., 2007; Clodoveo ve ark., 2013b; Clodoveo ve ark., 2013e).

Pek çok araştırma, bu talepleri karşılamak için minimal işleme teknikleri kullanmaktadır. US teknolojisi minimum işleme tekniklerinden biri olarak sayılabilir, çünkü gıdaya anlık ses kaynaklı enerji göndermektedir. Bu durum toplam işlem süresinin azalması daha yüksek verim ve daha düşük enerji tüketimi anlamına gelir (Chemat ve ark., 2004). US mekanik bir etkiye sahiptir. Fenoller, tokoferoller, klorofiller ve karotenoid bileşikler gibi antioksidan özelliğe sahip minör bileşikler içeren bitki dokusunun hücre duvarlarını parçalayabilirler (Clodoveo ve ark., 2013b).

Bu çalışmada, zeytin ezmesinden elde edilen zeytin yağının US ve MD ön ısıtma uygulamaları ile enzim ilavesinin zeytin yağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine etkilerinin incelenmesi ve elde edilen zeytin yağlarında fenolik bileşenlerin dağılımının incelenmesi amaçlanmıştır.

Zeytin yağı işleme teknolojisinde US uygulamaları yağ veriminin artırılması açısından büyük ilgi görmektedir. Zeytin hamuruna yüksek güçteki US'un sürekli uygulanmasının sızma zeytin yağı kalitesi ve prosesin verimliliği üzerindeki etkisini

belirlemek için zeytin yağı ekstraksiyonu laboratuvar ölçeğinde incelenmiştir. Jimenez ve ark. (2007) yaptığı çalışmada yüksek güçlü US yağ kalite parametrelerinde (serbest asitlik değeri, peroksit değeri, spesifik sönme katsayıları (K_{232} ve K_{270})) değişikliklere neden olmamış, ancak; acılık, polifenol, tokoferol (E vitamini), klorofil ve karotenoid seviyelerinde önemli değişiklikler gözlenmiş ve US uygulaması yağın karotenoid ve klorofil içeriğini artırmıştır. Jimenez ve ark. (2015) yılında yaptığı çalışmada yüksek güçte US ile zeytin hamurundan elde edilen yağ tokoferol, klorofiller ve karotenoidler açısından daha zengin bulunmuştur. Fenolik içeriğinde ve acılık indeksinde bir azalma gözlemlenmiştir. US uygulaması endüstriyel verimi %1 oranında; ekstrakte edilebilen yağ miktarını %5.74 oranında artırmıştır. Clodoveo (2013c) yaptığı çalışmada US ve MD işlemlerini kontrol ile karşılaştırmış ve zeytinler ezildikten sonra yoğurma işlemine tabi tutulmadan yağ ekstrakte edildiğinde, ezme süresinin önemli ölçüde azaldığını ve ekstraksiyon veriminin arttığını bildirmiştir. Sızma zeytin yağının kalitesini değerlendirmek için kullanılan kalite parametreleri ise US ve MD uygulamalarıyla etkilenmemiştir (Clodoveo ve Hbaieb, 2013a). Yapılan çalışmalar MD uygulaması uygunluğu ile geleneksel yaklaşım kullanarak elde edilen ezme ile karşılaştırılmış ve zeytin yağı kalitesi ve verimi değerlendirilmiş, ekstraksiyon verimi ile ilgili önemli bir değişiklik göstermediğini tespit etmişlerdir (Tamborrino., 2014a; Leone ve ark., 2015). Geleneksel metot ile karşılaştırıldığında proses süresinin azaldığı, zeytin yağının daha az oksitlenmesi ve dolayısıyla peroksit değerinde bir azalma ile sonuçlandığı tespit edilmiştir. (Tamborrino ve ark., 2014b). Ayrıca MD prototip sistemi kullanıldığında elektrik güç tüketiminin geleneksel hamura göre %24 daha fazla bulunmuştur (Leone ve ark., 2015).

Bu tez çalışmasında ayrıca US ve MD uygulaması ile enzim ilavesinin zeytinden yağa geçen fenolik bileşenler üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmamızda, zeytin yağının ticari, besinsel ve duyuşal özellikleri üzerinde çok büyük etkiye sahip olan başlıca fenolik bileşenlerin ekstraksiyon aşamaları sırasında uğradığı kantitatif değişimin belirlenmesi amaçlanmıştır. Böylece, en büyük kayıpların hangi uygulamalar sonucu gerçekleştiği ya da hangi ön işlemlerin (US ve MD uygulamaları ve enzim ilavesi) daha etkili olduğu ortaya konulmaya çalışılmıştır.

2.KAYNAK ARAŞTIRMASI

Zeytin yağı üretim tesislerinde MD teknolojisinin uygulama amacı, mekanik ekstraksiyon yapan işletmenin performansını artırmak, zeytin hamurunun ezme işleminin sürekli olmayan durumunu sürekli duruma dönüştürerek prosesi modifiye etmektir. Böylece zaman tasarrufu sağlayan sistemler ve entegre olmuş makineler geliştirilmektedir. İşlemler geleneksel metot ile karşılaştırıldığında proses süresinin azaldığı gözlemlenmiştir. Proses süresinin azalması daha az oksitlenmeyi beraberinde getirmiş bu nedenle peroksit değerinde azalma olmuştur. Böylece zeytin yağının kalitesi artmıştır. Çalışmanın sonucunda zeytin ekstraksiyonunda MD sisteminin uygulanmasının makul olduğu görülmüş, fakat çalışmalar çeşitlendirilerek sonuçların doğruluğunun teyidinin faydalı olabileceği belirtilmiştir. MD kullanılarak baharatlı ve acı tatlar ile bağlantılı olan fenolik bileşiklerin ise miktarları azalmıştır. Ekstraksiyon verimi ile ilgili önemli bir fark bulunmamıştır ve MD işleminin ana avantajları, hızlı işlem süresi ve yüksek kaliteli zeytin yağı olmak üzere geleneksel ezmeye cazip bir alternatif olarak teyit edilmiştir (Tamborrino ve ark. 2014b).

Tamborrino ve ark. (2014b) zeytin hamurunda malaksör kullanımı yerine MD destekli cihaz kullanımı ve ilk önce MD destekli cihaz ve daha sonra malaksör makinesi beraber kullanımı olmak üzere üç farklı şekilde incelemede bulunmuştur. Serbest yağ asitliğinde hiç bir önemli fark bulunamazken peroksit değerleri araştırılan koşullar arasında önemli bir farklılık gözlemlenmiştir. MD uygulaması sonucunda peroksit değerlerinin düştüğü görülmüştür. Ek olarak, yoğurma süresindeki azalma peroksitlerin sayısında bir azalmaya yol açmıştır. Bu sonuçlar, daha önce Esposto ve ark. (2013), Leone ve ark. (2014a) tarafından bildirilen sonuçları doğrulamıştır. MD uygulaması sızma zeytin yağının fenol içeriğini etkilemiştir, üç koşul altında elde edilen yağlarda fenollerin toplam miktarında önemli ölçüde farklar tespit edilmiştir. MD destekli uygulama cihazı kullanıldığı zaman, natürel sızma zeytin yağında düşük fenol miktarı tespit edilmiştir. Malaksör kullanılarak elde edilen yağlarda, geleneksel ezme uygulaması ile fenolik bileşenlerin yüksek değerlerde olduğu belirlenmiştir. Fenolik maddeler ekstraksiyon işlemi sırasında aktive edilir. Zeytin meyvesinde bulunan çeşitli endojen enzimlerin faaliyetleri bu konuda etkilidirler (Servili ve ark., 2004). İncelenen fenolik bileşikler farklı denemelerde toplam fenolik içeriği ile aynı eğilimi sürdürmüştür. Bunun tek istisnası, (+)-pinoresinol olmuştur. İnovatif MD uygulamasının kullanımı zeytin hamurunun hızlı ve hacimsel ısınmasına olanak vermiş ve yoğurma aşamasında su ilavesi sırasında zeytin

ezmesinin sürekli bir akışı sağlanarak toplam proses süresini azaltmıştır. MD uygulamasının kullanımı depolimerleştirici enzimlerin etkisi için gerekli olan sürenin azalması nedeniyle fenolik bileşiklerin azalmasına neden olmuştur. Böylece MD'nın kullanımı ile fenolik bileşen içeriği kontrol edilebilir ve bu sayede belli tek bir çeşitten elde edilen yağların pazarlanabilirliğini artırmak için önemli bir araç olarak kullanılabilir. Geri besleme regülasyon sistemi zeytin ezmesinin çıktı sıcaklığının gerçek zamanlı ayarlanmasını hem akış hızını hem magnetron gücünü düzenleyerek sağlamıştır. MD sızıntısı veya patlaması olması durumunda makinanın girdap pompasını çalıştıran motor ve valfleri durdurmak mümkün olmaktadır (Tamborrino ve ark., 2014b).

Leone ve ark., (2015) birincil amacı hücrelerin vakuollerdeki yağ damlalarının salınımını araştırmak, MD işlemine tabi tutulan zeytin ezmesi yapısında meydana gelen herhangi muhtemel değişiklikleri araştırmaktır. Ayrıca çalışmada SEM analizleri kullanılarak zeytin hamurunda mikroyapı incelenmesi ve MD uygulamasının geleneksel ezmeye göre elektrik güç tüketimi kıyaslanmıştır. MD uygulaması geleneksel kırma ile karşılaştırıldığında ekstraksiyon verimini önemli ölçüde etkilemediği görülmüş fakat SEM sonuçları MD tekniğinin etkin bir şekilde hücre duvarları ve membranlarını yıktığını böylece yağ salınımını artırdığını göstermiştir. Ayrıca, zeytin yağı ekstraksiyonu prosesinin sürekli hale gelmesi gibi yararları gözlenmiştir. MD uygulamasındaki enerji tüketiminin geleneksel kırmaya göre daha fazla olduğu belirtilmiştir. Zeytin yağı çıkarma tesislerinin önemli bir sınırlama zeytin ezmesine su ilavesi sırasında kullanılan mevcut teknoloji nedeniyle ekstraksiyon işlemindeki süreksizliktir. MD destekli bir sistemin geliştirildiği çalışmada prosesin sürekliliğinin sağlanması amacıyla endüstriyel ölçekli bir zeytin yağı ekstraksiyon tesisinde uygulanmıştır. Elektrik enerjisi ve termal enerji tüketimi ile verim açısından değerlendirilmiştir. Zeytin hamuruna yoğurma sırasında ve yoğurmadan önce MD uygulayıp zeytin yağı elde edilmiştir. Tüm uygulamalarda sıcaklık 28°C'ye ayarlanmıştır. Nicel performansları göz önüne alındığında MD ve daha sonra yoğurma uygulanan yağ çıkarma işleminde, MD ekstraksiyon veriminde önemli bir değişiklik gözlenmediği belirtilmiştir. Enerji tüketimi için incelenen işlemlerin zeytinin temizlenmesi, ezilmesi, ezmeye su katılması, katı-sıvı ve sıvı-sıvı ayrımıdır. Sırasıyla yoğurma sonrası, kontrol, yoğurma öncesi için elektrik tüketimi yaklaşık 14, 38 ve 52kW'dır. Bu farklılıklar W konfigürasyonuna kavite pompası ilave edilmemiş olmasından ileri gelebilmektedir. Çekirdek ayırıcı üzerinde bulunan aynı kavite pompası MD prototip sistemi ve dekanter beslemede kullanılmaktadır. Malaksör yükleme sırasında enerji 0'dan

288kJ değişir, zeytin ezmesi sıcaklığı 20.5'den 23.0°C'ye değişir. Transfer edilen enerji 92kJ'e düşmüş, ancak zeytin hamurunun sıcaklığı 28.2°C'ye yükselmiştir. Transfer edilen enerjideki azalma zeytin hamurunun sıcaklığının kısa zamanda servis akışkan sıcaklığına ulaşma eğiliminden kaynaklanmış ve yoğurma sırasında sıcaklık farkı (°C) düşmüştür. Sonuçlar SEM analizi kullanılarak zeytin hamurunun yapısal değişiklikleri ve kantitatif performans açısından değerlendirilmiştir. Ayrıca, elektrik ve termal enerji tüketiminin tahmini hesaplaması yapılmıştır. Enerji tüketimi değerlendirmesi göstermektedir ki zeytin hamuru ön işleme sırasında MD prototip sisteminin kullanımı, altı yoğurucu makinesi içeren geleneksel tesis ekstraksiyonuna göre yaklaşık 24kW ek bir elektrik gücü gerektirir. Geleneksel ekstraksiyon tesisi, termal gücü yaklaşık 37kW gerektirir. Malaksörün dış duvarlarında izolasyonun bulunmaması nedeniyle %36'sı havada kaybolur. Ayrıca, her malaksördeki zeytin hamurunun farklı seviyelerde olması nedeniyle havanın başka ısı kayıplarında vardır. Bu nedenle, malaksör makinelerinde doğrudan olmayan ısı etkili değildir. Elde edilen sonuçlara göre endüstriyel uygulamanın teknik olarak mümkün olduğu düşünülmektedir. MD prototip sistemi kullanarak elektrik güç tüketimi geleneksel ezmeye göre %24 daha fazladır. Ancak, termal enerji tüketiminin daha düşük olması ve prosesin sürekli hale gelmesi gibi avantajlar olmuştur. Yinede iki sistem arasındaki önemli farklılıkları değerlendirmek için tüm prosesin kapsamlı bir maliyet-fayda analizinin gerekli olduğunu belirtmektedirler (Leone ve ark., 2015).

Bir pilot tesiste zeytin hamuruna US ve MD uygulamaları sızma zeytin yağı ekstraksiyon prosesinde uygulanarak sızma zeytin yağı ekstraksiyon verimini artırarak çevresel sürdürülebilirliği artırmanın mümkün olup olmadığının tespiti amaçlanmıştır. US ve MD uygulamaları sızma zeytin yağı kalite parametrelerini etkilememiştir. Enerji verimliliği göz önüne alındığında MD fazla enerji tüketirken, US uygulaması enerji verimliliği açısından daha sürekli bir teknoloji olmuştur. Bu yardımcı teknolojilerin zeytin yağı ekstraksiyon fabrikalarına dâhil edilerek mevcut fabrikaların enerji bakımından bağımsız endüstriler haline getirilmesinin iyi bir çözüm olacağı düşünülmektedir (Clodoveo ve Hbaieb; 2013a).

US ve MD işlemleri kontrol ile karşılaştırıldığında; yağlar yoğurma olmadan ezmeden ekstrakte edildiğinde, ezme süresini önemli olarak azalmış ve ekstraksiyon verimini artırmıştır. Sızma zeytin yağının kalitesini değerlendirmek için kurulan temel yasal parametreler US ve MD uygulamalarıyla etkilenmemiştir. Ayrıca US ve MD işlemleri yoğurma süresini kısaltmış ve yağlar ezme olmadan hamurdan elde edildiğinde

kontrol ile karşılaştırıldığında ekstraksiyon verimi geliştirilmiştir. Konveksiyonel ısıtma, US ve MD uygulanmış olup tüm numunelerde serbest yağ asitleri ve peroksit değeri çok düşük yüzdelerde ve yasal sınırın altında bulunmuştur. Uygulanan deneysel koşullarda (sıcaklık 30°C) yağ asitliği ve peroksit değeri açısından US ve MD gibi inovatif teknolojiler bakımından fark görülmemiştir. Zeytin ezmesine US uygulayarak elde edilen yağlar geleneksel ezmeye oranla daha fazla pigment içermektedir. Bu sonuç, US'un mekaniksel etkisiyle bitkisel dokunun hücre duvarları parçalanarak klorofil gibi minör bileşenlerin açığa çıkmasından kaynaklanır. MD, US ve geleneksel yöntemlerle elde edilen zeytin yağlarının klorofil ve karotenoid pigmentlerinin en yüksek değeri sırasıyla MD, US ve daha sonra geleneksel yöntem olarak belirlenmiştir. MD uygulaması %42.3'e eşit bir enerji verimliliği ile US ve konveksiyonel sisteme kıyasla daha fazla enerji tüketen bir teknolojidir sahiptir. Geleneksel ısıtma sistemi %49.41'e eşit enerji verimliliğine sahiptir. US uygulaması %93.05'e eşit enerji verimliliği ile daha sürdürülebilir bir teknoloji olduğu görülmüştür. Bu veriler göstermektedir ki yararlı ısıyı enerjiye dönüştürme açısından MD ile kıyaslandığında hem US hem de geleneksel ısıtma metodu daha verimli olmaktadır. Zeytin hamuru yoğurma işlemi yağ ekstraksiyon veriminden dolayı önemli bir adımı temsil etmektedir. Genel olarak, yoğurma süresi arttıkça verim artar (Clodoveo, 2012). Ekonomik parametreler göz önüne alındığında, yağ fabrikaları yoğurma süresini artırma eğilimindedir (Gambacorta ve ark., 2010).

Chemat ve ark. (2004) bu çalışmada, yağ ve emülsiyon kalitesinde ayçiçek yağının duyu ve fizikokimyasal özellikleri üzerinde US'un etkisini incelemişlerdir. Yağ asitlerinin GC'de belirlenmesi, 232 ve 238nm'de UV değerleri, asit değeri, GC/MS ile ilgili katı fazlı mikro-ekstre gibi analitik tekniklerin pek çok çeşidi US uygulanan ayçiçek yağı ve emülsiyonunun kalitesini izlemek için kullanmıştır. Araştırmada gıda prosesinde US desteğinin geleneksel yöntemle olası bir alternatif olduğunu, ancak lezzet ve bileşimin US ile bozulduğu belirtilmiştir. Ayrıca sıvılarda US uygulamasının sonuçlarını değerlendirmek için lipid oksidasyonu, peroksit değeri, tiobarbitürik asit testi, karbonil değeri gibi bazı spesifik ölçülerin yapılmasına ihtiyaç görüldüğü belirtilmiştir (Chemat ve ark., 2004).

Ayçiçek yağının işlenmesi ve gıda emülsifikasyonu sırasında, metalik ve ransid koku sadece US uygulanmış yağ ve gıdalar için tespit edilmiştir. Ayçiçek yağına US uygulamasından kaynaklanan bazı kötü lezzet veren bileşikler (heksanal ve hept-2-enal) tespit edilmiştir. Farklı yenilebilir yağlar (zeytin, ayçiçeği, soya fasulyesi,...) US

uygulanmasından dolayı kendi bileşiminde (kimyasal ve lezzet) önemli değişiklikler göstermiştir. Yapılan son anketler ve piyasa araştırmaları göstermektedir ki gıda işletmecilerinin bu yeni teknolojileri geleneksel etkinin ağırlığı nedeniyle ve bu yeni tekniklerin yeterli anlaşılmasından dolayı kullanımlarında isteksiz olduklarını kaydetmiştir (Bartels ve ark., 1999).

Jimenez ve ark. (2007) tarafından yapılan çalışmada malaksiyon aşamasında yüksek güçteki US'un laboratuvar düzeyinde uygulanması ile yağ karakteristiği ve proses verimindeki değişimi incelenmiştir. İki ayrı hasat zamanında toplanan zeytin meyvelerinden elde edilen zeytin ezmeleri üzerine yüksek güçlü US prob ucuyla direkt uygulama ve US banyosu ile dolaylı uygulamaların etkisi analiz edilmiştir. US uygulanırken zeytin hamurunun oda sıcaklığından (12–20°C) optimum sıcaklık (28–30°C) koşullarına kadar hızlı ısıtılması ile yağın ekstrakte edilebilirliğinde düzelme gözlenmiştir. Yüksek miktarda su içeren zeytinler (>%50) için direk US ile daha iyi ekstraksiyon gözlenmiş, oysaki dolaylı US düşük miktarda su içeren zeytinler (<%50) için daha yüksek ekstrakte edilebilirlik vermiştir. Yüksek güçlü US'un yağ kalite parametrelerinde önemli bir etkisi bulunamamıştır, ancak; acılık, polifenol, tokoferol (E vitamini), klorofil ve karotenoid seviyelerinde önemli değişiklikler gözlemlenmiştir. Dolaylı US uygulaması malaksiyon süresi boyunca sürdürülmüş ve en uygun zeytin hamuru yoğurma sıcaklığı (29±1°C), 10-15dk'dan az sürede elde edilirken, US'siz uygulama için en az 20dk gerekli olduğunu belirtmişlerdir. Dolaylı ve doğrudan US'nin her ikisi de zeytin hamurunun kolay ısınmasını sağlamıştır. Isıtma oranı, geleneksel ısı transfer iletimine göre daha yüksek ve doğrudan US'da dolaylı US'a göre daha yüksek ısınma gösterdiğini belirtmiştir. Kalite parametreleri açısından en düşük değerleri dolaylı US ile gözlemlemişlerdir. US uygulandığında yağda oksidasyon ve hidroliz etkileri gözlenmediğini belirtmişlerdir. US uygulanmış yağlar US uygulanmayan yağlara oranla daha yüksek karotenoid ve klorofil içermiştir. US uygulanarak elde edilen yağlar US uygulamadan elde edilen yağlara göre daha yeşil ve daha çok provitamin A içeriğine sahiptir. Yoğurma aşamasında zeytin hamuruna yüksek güçte US uygulamasının pozitif bir etkiye neden olduğu belirtilmiştir. Bütün önermeler zeytin yağı prosesinin yoğurma adımında US teknolojisinin uygulanabilirliğini göstermektedir (Jimenez ve ark., 2007).

Ekstraksiyon işlemini optimize etmek ve oluşan yağların toplam kalitesini arttırmak için, zeytine ve zeytin hamuruna US ön işlemi uygulanarak yeni bir teknolojik prosedür geliştirilmeye çalışılmıştır. US uygulamalarının, malaksasyon süresini azaltabileceğini ve

oluşan sızma zeytin yağının genel kalitesini arttırdığını ispatlamak için zeytin ve zeytin hamuruna US uygulanarak denemeler yapılmıştır. Pilot tesiste sızma zeytin yağının 8dk US uygulandıktan sonra zeytinin kilogram (kg) verimi yaklaşık 8g artmıştır. Endüstride tam ölçekli fabrika çalışma kapasitesi saatte 2000kg zeytindir. Eğer fabrika günde 8saat çalışırsa ortalama ekstraksiyon verimi %16'dır. Bu günlük sızma zeytin yağının yaklaşık 2500kg'ıdır. US'un 8dk uygulanmasıyla (ultrasonik frekans – 35kHz; etkili ultrasonik güç – 150W), zeytinin ekstrakte edilmiş sızma zeytin yağı kg'ında yaklaşık 5g artış olmuştur. Dolayısıyla günlük ekstrakte edilen sızma zeytin yağının miktarı artmaktadır. Sızma zeytin yağının verimi artarak günlük 80kg'a kadar çıkmıştır. Ayrıca, bu hesaplamada ön ısıtma süresinin %70 azalmasını sağlayan US uygulaması hesaba katılmamıştır. Geleneksel sistem ile karşılaştırıldığında innovative tesisin yüksek çalışma kapasitesinden dolayı sızma zeytin yağının günlük üretim miktarı artmıştır (Clodoveo ve ark. 2013b).

Fenoller, tokoferoller ve karotenler gibi minör bileşenler sızma zeytin yağında bol miktarda bulunan doğal antioksidanlardır (Dugo ve ark., 2007; Bedbabis ve ark., 2010). Ultrasonik proses fenollerin tokoferollerin, karotenlerin ve klorofilin konsantrasyonunu etkilemektedir.

US antioksidanlar ile zenginleştirilen diğer zeytin yağı fraksiyonlarının düzenlenmesini izleyen yoğurma adımı sırasında yoğurmadan geriye kalan yağlı hücrelerin bir kısmını parçalayabilir. Zeytinlerde US uygulaması sonucu elde edilen yağlar uygulanmayan örneklere göre ve daha yüksek klorofil içeriği göstermiştir. US uygulanması ile elde edilen yağda parlak yeşil renk gözlemlenmiştir. Daha fazla pigment salınımı amacıyla epikarpın kırılması için US uygulanması etkili bir methodtur. Klorofil temelde hem üründe estetik bir görünüm sağlar hem yağ karanlıkta depolandığında bir antioksidan görevi görür (Del Nobile ve ark., 2003).

US uygulaması zeytin hamurunda toplam karatenoid içeriğini artırmıştır. Yüksek güçlü US'yi önemli kılan noktalar; tat, tekstür, aroma ve renk geliştirilmesinin yanı sıra daha fazla ürün verimi, daha fazla proses süresi ve işletim masraflarının azaltılması gibi gıda prosesinde gelecek vadeden etkileridir (Feng ve ark., 2001). US yoğurma süresini kısaltır, ürün kalitesini geliştirir. Üstelik US teknolojisi ekstraksiyon prosesinde zeytin hamurunun çabuk ısınmasını sağlar ve nihai yağ yüksek minör bileşenler içerir (Clodoveo ve ark., 2013b).

Bejaoui ve ark. (2015) zeytin hamuru ön uygulaması için sürekli koşullar altında, yoğurmadan önce laboratuvar ölçekli yüksek güçteki US uygulamasını, yağ verimi ve

kompozisyonu ile kalitesi üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Yüksek güçteki US uygulaması zeytin yağı kalite parametrelerinin herhangi bir değişikliği olmaksızın zeytin yağının hızlı bir şekilde ısıtılmasını ve zeytin yağının ekstrakte edilebilirliğinin artırmıştır. Ayrıca, acılık ve polifenoller azalırken, yüksek tokoferol, klorofil ve karotenoid içeriği gözlenmiştir. US uygulaması 20°C'den 28°C'ye hamurun hızla ısınmasını sağlamıştır. US uygulaması %1 oranında endüstriyel verimi, %5.74 oranında ekstrakte edilebilen yağ miktarını artırdı. Ayrıca, yüksek güçteki US sızma zeytin yağının yağ asidi kompozisyonu ve kalite indeksinde değişime neden olmamıştır. Oto-oksidasyon bu uygulamayla hızlanmamıştır. Aynı zamanda, yüksek güçteki US ile elde edilen yağın tokoferol, klorofil ve karotenoid içeriği daha yüksek bulunmuştur fenolik içeriğinde ve acılık indeksinde ise bir azalma gözlenmiştir.

Sızma zeytin yağının yüksek güçteki US uygulanmasından dolayı serbest yağ asidi, K₂₃₂, K₂₇₀ parametrelerinde değişiklik görülmemiştir. Yüksek güçte US uygulanması ile uygulanmayan hamur karşılaştırıldığında sızma zeytin yağının peroksit değerinde çok düşük seviyede de olsa hafif bir artış gözlenmiştir. Yüksek güçlü US uygulaması yağda klorofil ve karotenoid içeriğinin sırasıyla %86 ve 39 oranında artmasına neden olmuştur. Fenolik bileşenler antioksidan özellik ve bioaktif aktiviteye sahip olmalarından dolayı sızma zeytin yağının raf ömrü ile kuvvetle ilişkilidir ve aynı zamanda keskin ve acı duysal niteliklerden sorumludur (Tsimidou ve ark., 2013). Ayrıca zeytin yağı fenolik bileşiklerinin sağlık üzerindeki olumlu etkileri Avrupa birliği tarafından kabul edilmiştir (EEC, 2006). Çok büyük bir fark elde edilmemesine rağmen, sızma zeytin yağına yüksek güçteki US uygulaması toplam fenol miktarını düşürmüştür (Jimenez ve ark., 2006; Jimenez ve ark., 2007; Clodoveo ve ark., 2013b). Hidroksitirozol, tirozol, sekoiridoit türevleri, elenolik asidin hidroksitirozole bağlı dialdehydik formu (3,4-DHPEA-EDA), elenolik asidin tirozole bağlı dialdehydik formu (r-HPEA-EDA), elenolik asidin hidroksitirozole bağlı aldehidik formu (3,4-DHPEA-EA) ve elenolik asidin tirozole bağlı aldehidik formu (r-HPEA-EA) ve pinoresinolde belirgin bir azalma gözlenmiştir. Zeytin hamuruna yüksek güçte US uygulanmasıyla zeytin yağında biyofenollerin miktarında %38'lik bir düşüş gözlenmiştir. Clodoveo ve ark. (2014) bu azalmayı enzimatik olmayan oksidasyon açısından oksijen etkinliğinin yükselişi ve "polifenol oksidaz", "peroksidaz," ve "β-glukozidaz" gibi endojen enzimler üzerindeki etkisiyle, hava-yağ ara yüzüne hidrofilik özelliklere sahip fenoliklerin oryantasyonuyla açıklamışlardır. US ön uygulaması sızma zeytin yağında endüstriyel verimi ve ekstrakte edilebilirliği düzenlenmiştir. Sızma zeytin

yağı kalite parametrelerinde yüksek güçte US ön uygulamasıyla herhangi bir değişiklik gözlenmemiştir. US uygulamaları ile fenolikler ve acılık azalırken tokoferol, karatenoid ve klorofilin önemli ölçüde yükseldiği yağlar elde edilmiştir.

Köylüoğlu ve Özkan (2012) zeytin yağı üretiminde yardımcı katkı maddeleri kullanımının yağ verimi ve kalitesi üzerine etkilerini derlemiştir. Yardımcı katkı maddeleri kullanımı ile zeytin yağı ekstraksiyon verimi artmaktadır. Zeytin yağı kalite parametreleri olan serbest asitlik, peroksit, K_{232} ve K_{270} değerleri yardımcı katkı maddesi kullanımından etkilenmemekte, ancak klorofil, karotenoid ve toplam fenolik madde içeriği artmaktadır. Sonuç olarak, yapılan çalışmalarda yardımcı katkı maddesi kullanılan ve kullanılmayan zeytin yağlarının tüm fizikokimyasal özelliklerinin benzer sonuçlar verdiği, bu maddelerin fiziksel olarak sadece zeytin yağı ekstraksiyon veriminde rol oynadığı bildirilmektedir.

Zeytin yağının mekanik ekstraksiyonla elde edilmesi sırasında kullanılan enzimlerin hücre duvarı üzerine etki ederek zeytin yağının fenolik madde ve polisakkarit miktarlarını önemli derecede arttırdığı bildirilmiştir (Otağ, 2002; Vierhuis ve ark.; 2001).

Zeytin yağı ekstraksiyonu sırasında verimi arttırmak için kullanılan enzimlerin zeytin yağının doğal renk bileşimlerini (klorofil, ksantofil ve karotenler) ve kromatik parametrelerini (kroma, parlaklık ve hue) etkilediği bildirilmiştir. Zeytin yağı ekstraksiyonunda enzim kullanımı zeytin yağı renk maddelerinin yağa geçişini artırmaktadır (Ranalli ve ark., 2001, Najafian ve ark., 2009).

Zeytin yağı üretiminde verim arttırıcı katkı maddesi olarak enzimlerin kullanıldığı bazı çalışmalarda, üretilen zeytin yağlarının peroksit değerlerinde katkı kullanımına bağlı olarak değişimler olduğu saptanmıştır. Servili ve ark. (1992) tarafından yapılan çalışmada mayadan elde edilen pektinaz enziminin yoğurma aşamasında kullanımı ile peroksit değerinde azalma olduğu belirlenmiştir. Zeytin yağı verimini arttırmak için kullanılan enzimlerin, zeytin yağının peroksit değeri üzerine istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olmadığını Ranalli ve ark. (1999) vurgulamıştır.

Servili ve ark. (1992) tarafından yapılmış bir araştırma sonucunda serbest yağ asitliği değerlerinde istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığı belirtilmiştir. Pektolitik, selülotik ve hemiselülotik aktiviteye sahip Sitolaz 0, Maxoliva ve Bioliva enzimlerinin zeytin yağının serbest asitliği üzerine önemli bir etkisinin olmadığı belirtilmiştir.

Servili ve ark. (1992) yoğurma sırasında *Cryptococcus albidus* var *albidus* mayası tarafından üretilmiş pektinaz enziminin katılmasının zeytin yağı verimini artırdığını bildirmişlerdir.

Ranalli ve ark. (2003a) tarafından yapılan çalışmada da, pektolitik, selülotik ve hemiselülotik aktivite gösteren Cytolase 0, Maxoliva ve Bioliva enzimleri kullanılmıştır. Yapılan bu çalışmada enzim ilavesiyle zeytin yağındaki verim (%) artışı sırasıyla 1.44, 1.37 ve 1.20 olarak bulunmuş olup, elde edilen zeytin yağlarının ekstra sızma ve sızma özelliğe oldukları tespit edilmiştir. Benzer başka bir araştırmada ise Ghodsvali ve ark. (2008) tarafından düşük ve yüksek konsantrasyonlarda kullanılan Pectinex Ultra ve Pectinase 1.6021 pektolitik ve/veya hemiselülotik enzimlerinin zeytin yağı verimi üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu araştırmada enzim konsantrasyonunun artmasıyla zeytin yağı veriminin de arttığı saptanmıştır (Köylüoğlu ve Özkan., 2012).

Çeşitli çalışmalarla sızma zeytin yağının insan sağlığı üzerindeki yararlı etkileri ortaya konmuştur (Willett ve ark., 1995; Tripoli ve ark., 2005; Huang ve Sumpio, 2008; García-González ve ark., 2008; Omar, 2010; Sofi ve ark., 2013). İlk olarak, tekli doymuş yağ asitleri zenginliği ve özellikle oleik asit, sızma zeytin yağına sağlıklı özelliğini kazandıran başlıca parametrelerdir. Daha sonra, kolza, soya fasulyesi ve ayçiçeği gibi tekli doymuş yağ asitlerince zengin kaynaklarla kıyaslandığında sızma zeytin yağı içerdiği minör bileşenler ham halde vücuda alındığında biyolojik aktivitelerini sürdürdükleri için daha sağlıklı nitelendirilmektedir (Harper ve ark., 2006; Aguilera ve ark., 2004). Bazı minör bileşenler sızma zeytin yağı ile tüketildiğinde, biyolojik faaliyetlerini sürdürebilmektedirler. Toplam ağırlığının yaklaşık % 2'sini temsil eden ve yağ asitleri dışında kalan heterojen bileşenlerin bir miktarını içeren zeytin yağının sabunlaşmayan fraksiyonunda 200'den daha fazla minör bileşen vardır (Boskou, 1996; Beltran ve ark., 2005). Antioksidan hidrofil fenolik alkoller de yağların raf ömrünü uzatır ve organoleptik özelliklere tat (örneğin acı, buruk, keskin, boğaz alıcı) ve renge katkıda bulunur (Morello ve ark., 2004; Servili ve ark., 2008; Angerosa, 2000).

Çeşitli çalışmalar kalp-damar hastalıklarında geleneksel Akdeniz diyetinin bir parçası olarak zeytin yağının düzenli kullanımının önemini vurgulamıştır (Sofi ve ark., 2013; Martín-Peláez ve ark., 2013; Visioli ve Bernardini., 2011). Özellikle, antioksidan aktivitenin yanısıra, vazodilatör, anti-trombosit agregasyonu ve anti-enflamatuvar etkileri oleuropein ve hidroksitirozol gibi zeytin yağı fenolik bileşiklerine atfedilmiştir (Omar, 2010; El ve Karakaya, 2009; Cicerale ve ark., 2012; Omar, 2010a).

Fiori ve ark. (2014), malakse edilmiş ve edilmemiş zeytin ezmesinin hızlı ön ısıtma işleminin kalite parametreleri, oksidatif stabilitesi ve sızma zeytin yağının fenolik bileşenleri üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Ezme farklı zaman/sıcaklık koşullarında

ön ısıtma uygulanmış daha sonra endüstriyel olarak malakse edilmiş ve zeytin hamuru elde edilmiştir. Yasal parametreler, yağ verimi, toplam fenolik madde içeriği, oksidatif stabilite ve fenolik profili bakımından karanlıkta, kapalı şişelerde muhafaza edilen sızma zeytin yağının depolanması 12 ay boyunca takip edilmiştir. Hızlı ön ısıtma 38°C’de 72s’den fazla olmamıştır, 10dk’ya kadar malaksiyon uygulanmıştır. Böylece, yoğurmadan önce (malaksiyon süresi kısaltılarak ya da tamamen ortadan kaldırılmak suretiyle) spesifik olarak dizayn edilmiş hızlı bir ön ısıtıcının kullanılması fenolikce zengin zeytinlerin işlenmesinde acılık/burukluk bakımından daha yumuşak natürel zeytin yağı üretimini mümkün kılarak, tüketici isteklerine daha uygun bir yağ elde edilmesini sağlamaktadır. Hızlı ön ısıtmanın süre ve sıcaklığı prosesin kritik parametreleri olmuştur. Çoğu araştırmacı yağ verimi ve kalitesinin belirlenmesinde önemli bir rol oynayan zeytin işlemede (kıırma ve ezme/yoğurma) teknolojik operasyonlarının etkisi üzerinde durmaktadır (Amirante ve ark., 2010; Clodoveo, 2013c, 2013d; Morales ve ark., 1999; Servili ve Montedoro, 2002). Ezme esnasında, endojen enzimler POD ve polifenoloksidaz (PPO) sekoiridoitleri okside edebilmektedir ve yağ fenoliklerinin konsantrasyonu azalabilir, bu yüzden, acı ve keskinlik özelliği ve elde edilen yağ oksitlenme stabilitesi azalmıştır (Angerosa ve ark., 2001). Tipik olarak, yüksek sıcaklık yağ verimini artırmaktadır, çünkü yağ viskozitesini azaltır ve yağ damlacıklarının bir araya gelmesini kolaylaştırır (Inarejos-García ve ark., 2009). Ancak, Ranalli ve ark., (2001b) 30°C’den daha yüksek olmayan ekstraksiyon sıcaklıklar önermişlerdir. Çünkü ekstraksiyon veriminde herhangi bir artış olmadan, 35°C’de yağ kalitesinin düştüğü görülmüştür. Üstelik, Kalua ve ark. (2006)’na göre 45°C’ye kadar bir sıcaklık artışı, 15 ve 30°C’ye kıyasla verimde önemli bir azalma ile sonuçlanmıştır. Fenolik bileşik içeriği negatif bir korelasyon göstermesine rağmen, 30–36°C sıcaklık aralığı Parenti ve ark. (2000) tarafından önerilmiştir. Sıcaklık ile fenolik bileşiklerin birlikte oluşturduğu etki 27°C’de maksimum yaparak çan eğrisi şeklinde bir eğim göstermiştir. Bu sonuçlar, PPO ve POD enzimlerinin sırasıyla 30-40°C (Ünal ve ark., 2011) 30-35°C civarında (Saraiva ve ark., 2007) optimum sıcaklığa sahip olması ile açıklanabilmektedir. Daha önceki literatür verileri sıcaklık ve fenolik içeriği arasında ters bir ilişki olduğunu bildirmiştir (Angerosa ve ark., 2001; Servili ve ark., 2003b). Daha yeni bazı araştırmalar sıcaklık artışına karşılık olarak fenolik fraksiyonunun artış göstermektedir (Kalua ve ark., 2006; Boselli ve ark., 2009). Esposto ve ark. (2013) malaksiyon öncesi bir ısı değiştiricinin girişini test etmişlerdir. Çünkü geleneksel ezme işlemi düşük ısı transfer verimliliğine sahiptir ve bu nedenle optimum

işlem sıcaklığı ile karşılaştırıldığında zeytin hamurlarının soğutulması nispeten uzun olmuştur. Bu husus yukarıda bahsedilen endojen enzimlerin yağ ekstraksiyonundaki aktivitesini etkiler. Sızma zeytin yağı kalitesini artırmak amacıyla zeytin hamurunda ani sıcaklık kontrolünün uygulanması sonrası optimal operasyon koşullarının (zaman ve sıcaklık) tesbit edilmiştir. Küçük malaksör yüzey alanı ve zeytin hamurunun miktarı arasında daha etkili bir ısı değişimi elde etmek için US uygulanması diğer bir seçenek olarak Clodoveo ve ark., (2013e) tarafından önerilmiştir. Clodoveo ve ark., (2013b) bir çift borulu ısı değiştirici içeren US probu bir araya getirmiş ve zeytin ya da kontrollü ya da modifiye edilmiş bir atmosferde ezme ve yoğurma işlemleri ile birlikte diğer yağlı meyvelerin sıcaklık kontrolüne yönelik bir yöntem ve cihazla patentlenmiştir (Clodoveo, 2013c). Sızma zeytin yağının kalite parametreleri, oksidatif kararlılığı ve fenolik profili üzerinde zeytin hamuruna hızlı ön ısıtma uygulamasının etkisi araştırılmıştır. Sonuçlardan, zeytin hamurunun hızlı ön ısıtılması belirli sıcaklık ve zaman koşulları altında malaksiyon süresini değiştirebilmiştir. Bununla birlikte, işlem sıcaklığı sızma zeytin yağı kalitesinin belirlenmesinde hem tazeyken hem de depolamanın ilk yılında önemli bir parametre olmuştur. İşleme sıcaklığı PPO ve POD'nin aktivitesini kuvvetle etkilediği için elde edilen sızma zeytin yağının fenolik bileşimi sadece ezme sırasında değil (Taticchi ve ark., 2013), aynı zamanda ön ısıtma prosesi esnasında da etkilenmiştir. Zeytin işleme sırasında sıcaklık gereksinimleri (sıcaklık gereksinimleri sadece Avrupa Birliği'nin düzenlemelerinde EU (2012)) belirlenmiştir, soğuk presleme için isteğe bağlı bir endikasyon olarak, sızma zeytin yağları EEC Yönetmeliği No 2568/91 Eki I'de belirtilen kalite özellikleri ile uymak zorunda olmuştur. Bu yüzden, ön ısıtma sırasında sızma zeytin yağının kalitesi 42–43°C civarındaki sıcaklığın 32°C ile karşılaştırıldığında olumsuz etkisi görülmüştür, çünkü yağlar düşük fenolik içeriği ve düşük oksidatif stabilite göstermiştir. Bu sıcaklıklarda doğal sızma zeytin yağı kalitesinin düşüşü depolamanın ilk birkaç ayı içinde belirgin hale gelmiştir ve bir yıllık depolamadan sonra artmıştır. Yoğurma ile beraber hızlı ön ısıtma uygulandığında yağda fenolik içeriği azalmıştır. Genel bir kural olarak, a) hızlı ön ısıtma 38°C'de 72s'den uzun olmamak üzere (yoğurma olmadan) en az 12 ay raf ömrü olan bir doğal sızma zeytin yağı elde edilmiştir (50°C ve 75°C numunelerinden, bazen daha yüksek bir fenolik içeriği ile) ; b) hızlı ön ısıtma minimum 10dk dinlenme ile 38°C'de 72s'den uzun olmamak üzere yumuşak algısal profile sahip ve duyusal kusuru bulunmayan 12 ay raf ömrüne sahip bir sızma zeytin yağı elde edilmiştir.

Zeytin hamuruna uzun bir süre 38°C'de ön ısıtma uygulandığında (102s) sızma zeytin yağında pişmiş aromada artışa neden olmuştur. Diğer bir deyişle, 38°C'den daha düşük bir ön ısıtıcı kullanılması fenolik içeriğin modülasyonu ile ilgili bir avantajı sağlamaktadır. Yukarıda belirtildiği gibi, deneysel çalışmalar sırasında zeytin yağının sıcaklığı (ölçülen değer) 102s'de 42°C'yi geçmemiştir, böylece mum içeriği yasal sınırı geçmemiştir (Di Giovacchino ve ark., 2002). Hızlı ön ısıtıcıda geçiş süresi ve sıcaklığın ayarlanması naturel sızma zeytin yağının arzu edilen nihai kalitesini elde etmede çok önemli olmaktadır. Zeytin hamurunun sıcaklığı taze zeytin meyvesinin ve elde edilen naturel sızma zeytin yağı istenen özelliklerinin fenolik içeriği ve kalitesine göre ayarlanabilmektedir. Aslında, kısa bir yoğurma (örneğin 10dk) ve ardından hızlı bir ön ısıtma ile fenolikleri acılığı ve keskin tadı daha az natürel sızma zeytin yağını tercih eden tüketiciler için, yüksek fenolik içerikli zeytinlerden elde edilebilmektedir. Ön ısıtma uygulaması Akdeniz ülkeleri dışındaki pazar için, arzu edilmeyen düzeyde fenolik madde içeren zeytinlerin işlenmesinde veya yoğurma uygulanmadan hafif lezzetli zeytin yağı üretebilmek için ya da zeytinler çok erken hasat edildiğinde fayda sağlayabilmektedir. İlave bu tür ön ısıtmalar 35 - 40dk yoğurma süresinden dolayı zeytin yağı fabrikalarında günlük çalışma kapasitesini artırabilir.

Meyve işlenmesi esnasında fenolik bileşiklerin gelişimi ve bunların sızma zeytin yağındaki kalite özelliklerine katkısı, pektinazlar, poligalakturonazlar, selüloz ve β -glukanaz içeren çeşitli ticari enzimlerin azotlu ve azotsuz bir kombinasyonunun eklenmesiyle incelenmiştir. Megaritiki çeşidinin zeytin meyvesi (*Olea europaea*, L.), olgunluğunun yarı siyah pigmentasyon safhasında endüstriyel ölçekte 3 fazlı bir ekstraksiyon sisteminde kullanılmıştır. İşlem sırasında zeytin ezmesindeki enzimlerin eklenmesi zeytin yağındaki bazı basit fenolik bileşikler (3,4-DHPEA, p-HPEA) ve secoiridoid türevlerinin (3,4-DHPEA-EDA ve 3,4 DHPEA-EA) yanı sıra toplam fenol ve orto-diphenol içeriğini artmıştır ve bu nedenle oksidatif stabilitesini de yükseltmiştir. Ayrıca enzim uygulaması, üretilen zeytin yağının kalite parametrelerini ve duyu özelliklerini iyileştirmiştir. Sonuç olarak enzimlerle yapılan zeytin kırma işlemi sadece zeytin yağının kalite özelliklerini ve toplam organoleptik kaliteyi artırmakla kalmayıp aynı zamanda zeytin yağı verimini de arttırmıştır. Zeytin yağı kalite parametreleri ile ilgili olarak, enzim eklenmiş olan ile kontrol karşılaştırıldığında zeytin yağı asitliği ve peroksit değerleri azalma eğilimindedir (García ve ark., 2001; Iconomou ve ark., 2005, Chiaccheirini ve ark., 2007, De Faveri ve ark.2008). Azotun kullanımı enzim uygulaması

ile karşılaştırıldığında peroksit değerinde önemli bir artış ile sonuçlanmıştır. Peroksitlerin artışı azot varlığında parçalanma hızlarında meydana gelen azalmaya ve dolayısıyla nisbi artışlarına dayandırılmıştır. Enzim miktarı 2 kat artırıldığında zeytin yağı asitliği ve peroksit değerinde önemli bir azalma ve klorofilde artış olmuştur ($P<0.05$). Peroksit değerindeki azalma muhtemelen enzim kullanımıyla toplam fenolün artışından dolayıdır (Ranalli and Serraiocco, 1996). Bütün uygulamalarda enzim eklenmesi kontrol ile karşılaştırıldığında zeytin yağı veriminde yaklaşık %15 gibi önemli bir artış ile sonuçlanmıştır. Bu yağ veriminin artışı zeytinin her 100kg'ına yaklaşık 2 kg zeytin yağına benzemektedir. Üstelik bu durum diğer araştırmacılar tarafından daha önce de bildirilmiştir (García ve ark., 2001; Vierhuis ve ark., 2001; Chiacchierini ve ark., 2007). Zeytin hamurundaki enzimlerin faaliyeti tamamen anlaşılamamıştır. Enzimler zeytin hücre duvarını parçalayarak hamurun reolojik davranışlarını değiştirebilmektedir. Enzimler tarafından hücre duvarının parçalanması zeytin yağ verimindeki artışı açıklayabilir (Iconomou ve ark., 2005; De Faveri ve ark. 2008). Zeytin hamurunun farklı oranlarda ticari enzim katkıları ve enzimlerle beraber azot gazı takviyesini uyguladıkları, çalışmalarında bu örneklerde kontrole kıyasla ransimatta oksidasyon-redüksiyon zamanı direncinin ve toplam fenol içeriğinin arttığı belirlenmiştir (Iconomu ve ark., 2010).

Bütün uygulamalar kontrol ile karşılaştırıldığında enzim kullanımı fenolik bileşik konsantrasyonunda (3,4-DHPEA, p-HPEA, sirinjik asit, 3,4-DHPEA-EA ve 3,4-DHPEA-EDA) önemli bir artışla sonuçlanmıştır ($P<0.05$). Enzim karışımı ve enzim karışımıyla beraber azot uygulaması arasında farklılık yok iken ($P>0.05$), yukarıdaki fenolik bileşiklerde en yüksek konsantrasyonu enzim karışımının iki kat artırılması ile elde edilen uygulama göstermiştir. Malaksasyon esnasında, fenolik antioksidanları (3, 4 DHPEA, p-HPEA) ve diğer sekoiridoit türevlerini (3,4-DHPEA-EDA, 3, 4-DHPEA-EA) yavaş yavaş oluşturan endojen enzimleriyle oleuropein indirgemesi devam etmektedir (García ve ark., 2001; Vierhuis ve ark., 2001; Milan-Linares ve ark., 2006). Eksojen enzimler zeytin yağında daha fazla antioksidan sağlamıştır. Örneğin; β -glukozidaz oleuropein aglikon konsantrasyonunu artırmıştır. Toplam fenol ve 3,4-DHPEA-EA konsantrasyonları oksidasyon-ransimat direnci ile ilişkili olmaktadır (Iconomou ve ark., 2005; De Faveri ve ark., 2008). 3,4-DHPEA-EA ve oksidasyon direnci arasındaki korelasyon daha düşük ($r=0.792$) bulunurken, toplam fenol ve oksidasyon direnci arasında maksimum korelasyon ($r=0.897$) bulunmuştur.

Malaksiyonda ekzojen enzimlerin bir karışımının eklenmesi ile elde edilen zeytin yağının asitlik, peroksit değeri ve klorofil gibi kalite özelliklerini geliştirmiştir. Steroller ve çoğu yağ asidi (oleik asitte bir artış ve linolenik asitte bir azalma dışında) hamur enzimatik uygulamadan etkilenmemiştir. Enzimlerin ilavesi zeytin yağında basit fenolik bileşiklerin (3,4-DHPEA, p-HPEA) yanı sıra toplam fenol ve orto-difenol miktarını özellikle secoiridoid türevlerini (3,4-DHPEA-EDA ve 3, 4-DHPEA-EA) arttırmıştır. Zeytin yağının veriminde bir artış, oksidasyon ve raf ömründe bir iyileşme görülmüştür. Aynı zamanda, oksitlenmeye karşı direnç, zeytin yağı aromasının geliştirilmesi ve genel organoleptik kalitesinin kontrole kıyasla kalite özelliklerinin geliştirilmesine katkıda bulunmuştur.

Clodoveo ve ark. (2014) ürün kalite özelliklerinin modülasyonu, polifenoller ve sızma zeytin yağının besin ve duyuşal özelliklerine katkıda bulunan uçucu bileşiklerden iki tanesinin miktarını ve kalitesini önceden belirlemeyi amaçlamışlardır. 1. bölümde, mekanik ekstraksiyon işlemi sırasında oluşan kompleks biyotransformasyonda yer alan zeytin enzimatik aktivitelerini araştırmak için literatürde sistematik bir analiz yapılmıştır. 2. bölümde, ekstraksiyon işleminin her adımının polifenoller ve uçucu bileşikler üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Sızma zeytin yağı endüstrisinde, sıcaklık, zaman, su ve oksijen miktarı gibi endojen zeytin enzimi aktivitesini etkileyen fiziksel parametreleri daha iyi modüle edebilen yenilikçi işleme tesisleri ve ekipmanları geliştirmek için zaman ve enerji harcanmalıdır. Bu derlemenin ile endüstriyel cihazların mekanik etkileri ve endojen enzimlerin sızma zeytin yağının duyuşal ve besleyici özellikleri üzerindeki biyolojik etkilerinin kapsamlı bir analizini yaparak yenilikçi cihazlar tasarlamak ve geliştirmek için yararlı bir kaynak olabileceği düşünülmektedir.

Sızma zeytin yağının kalitesi, sızma zeytin yağının polifenol ve uçucu bileşenlerinin nitel ve nicel bileşimini değiştiren mekanik ekstraksiyon prosesi sırasında oluşan fiziksel, kimyasal ve biyokimyasal reaksiyonlara bağlıdır. Sızma zeytin yağı ekstraksiyon tesisini ve teknolojik parametreleri oluşturan farklı cihazların stratejik seçimi ve uygun kullanımı zeytin meyvesi dokularında bulunan endojen enzim faaliyetlerini vurgulamayı veya önlemeyi sağlamaktadır. Bu seçimler nihai ürünün besleyici ve duyuşal özelliklerini değiştirmektedir. Aslında, enzim aktiviteleri, kullanılan farklı cihazların kombinasyonlarına, meyvenin hangi kısmında incelendiğine ya da sıcaklık, zaman, su ve oksijen miktarı gibi çeşitli faktörlere göre değişmektedir (Servili ve ark., 2003b, 2007, 2008; Amirante ve ark., 2006).

Antioksidan aktiviteye sahip olan fenolik bileşik içeriğinden dolayı sızma zeytin yağına duyulan ilgi giderek artmaktadır. Fenolikler, sızma zeytin yağlarının oksidasyona karşı olağanüstü stabilitesine önemli katkıda bulunmaktadır (Tura ve ark., 2007). Ancak, sızma zeytin yağındaki fenolik bileşiklerin bileşimi ve konsantrasyonu zeytin çeşidi (Tura ve ark., 2007; Baccouri ve ark., 2008a), yetiştirildiği bölge (Cerretani ve ark., 2006), yükseklik, olgunlaşma derecesi (Baccouri ve ark., 2008a) gibi tarımsal, biyokimyasal ve teknolojik faktörlerden ve başlangıçta zeytin dokusunda bulunan fenolik glikozit miktarı ile bu glikozitlere etki eden çeşitli endojen enzimlerin aktivitesinden (Servili ve ark., 2004; Romero-Segura ve ark., 2010), yağ ekstraksiyon prosedüründen (Servili ve ark., 2004; Amirante ve ark. 2006; Cerretani ve ark., 2006) güçlü şekilde etkilenmektedir. Farklı çeşit ve olgunlaşma aşamalardan zeytin meyvelerinde tanımlanan ana fenolik glikozitler, oleuropein, ligstrosid, demetiloleuropein, verbascoside, elenolik asit glikozid, luteolin-7-glukozit, apigenin-7-glukozit, rutin ve kersetin-3-rutinosidtir (Ryan ve Robards., 1998; Gomez-Rico ve ark., 2008). Bu fenolik glikozitler yağ ekstraksiyonu esnasında endojen β -glukozidaz ile hidrolize edilerek, sızma zeytin yağının en önemli fenolik fraksiyonunu oluşturan secoiridoitler bileşikleri üretilmiştir (Servili ve Montedoro., 2002; Romero-Segura ve ark., 2012).

Günümüzde zeytinlerden yağı mekanik olarak ekstrakte etmek için kullanılan sistemler süreksiz tip sistemler (eskimiş ve tükenmekte olan) ve sürekli tip sistemler olarak temelde iki tiptir. Sürekli tip olarak tanımlanan sistemler genellikle bir mekanik kırıcı, bir malaksör (yoğurucu) ve bir yatay eksenli santrifüj ayırıcı (dekantör) içermektedir. Sürekli ismi, sistemi oluşturan üç makineden ikisinin (mekanik kırıcı ve dekantör) kesintisiz çalıştığını ifade eder; aslında, yığın halinde çalışan bir makine olan malaksör, bu iki sürekli cihaz arasında yer almaktadır. Sızma zeytin yağı üretim süreci son 20 yılda çok az değişmiştir. Sızma zeytin yağı endüstriyel tesis imalat sektörünün temel zorluklarından bir tanesi sürekli fazda kesintisiz malaksasyon adımını sürekli dönüştürmek ve endüstriyel tesislerin çalışma kapasitesini geliştirmek için gelişmiş makineler tasarlamak ve oluşturmaktır. US, MD fırın ve darbeli elektrik alan (PEF), pilot ölçekli tesislerde sızma zeytin yağı ekstraksiyon prosesinde kullanılan teknolojilerdir. Konveksiyonel ısıtmada, önce malzemenin yüzeyi ısıtılır ve daha sonra ısı içe doğru hareket eder. Bu, yüzeyden içeriye doğru bir sıcaklık eğimi olduğu anlamına gelir. Ancak, MD ısıtmada, önce malzemenin içinde ısı üretilir ve daha sonra tüm hacmi ısıtır (Yadoji ve ark., 2003). Bu ısıtma mekanizması: diffüzyon prosesleri, azaltılmış enerji tüketimi, çok hızlı ısıtma

oranları ve proses süresinin önemli ölçüde kısalması, geliştirilmiş fiziksel ve mekanik özellikler, basitlik ve çevresel tehlikelerin azalması gibi nedenlerle avantajlıdır. Bunlar, konveksiyonel prosede gözlenmeyen özelliklerdir (Yadoji ve ark., 2003; Leonelli ve ark., 2008). MD teknolojisi, bitkisel doku hacminin artmasını sağlayan ısıtmadan dolayı mekanik bir etki yaratır ve bu şekilde hücre içerikleri sıvı faza salınarak patlarlar. Ayrıca, sıvı faz MD'yi emdiğinde, moleküllerinin kinetik enerjisi artar ve dolayısıyla difüzyon hızı da artar (Mandal ve ark., 2007). Ultrasonik enerji, bitkisel bir doku gibi zayıflatıcı bir materyal içerisine yayılırken, dalganın genliği mesafe ile azalır (Ma ve ark., 2008). Bu zayıflama, absorpsiyon ya da saçılmadan kaynaklanmaktadır. PEF, US ve MD gibi yeni ortaya çıkan teknolojilerin sızma zeytin yağı (VOO) ekstraksiyon işlemine uygulanması, mekanik ve termal etkilerinden dolayı bir takım avantajlar sunmaktadır. Sürekli bir sistem, küçük işletme maliyetleri, küçük kapasite sınırlamaları, yatırımlarda daha hızlı geri dönüş, daha düşük üretim maliyeti, azaltılmış enerji talebi, devam eden çalışma süreleri, daha hızlı ve kolay temizleme, gerçek zamanlı kalite kontrolü ve önemli ölçüde azalan alan gibi potansiyel avantajlar sunmaktadır (Clodoveo ve ark., 2013b). Son yıllarda malaksörün toplam ısı transfer katsayısını arttırmak için bir çaba harcanmış, çünkü malaksör tankının yüzey alanı ile zeytin ezmesi hacmi arasındaki oran artmıştır. İşletme maliyetlerinin göreceli olarak artması, sızma zeytin yağı tesis üreticilerini bu yönde ilerlemek için cesaretlendirmektedir (Clodoveo, 2013c).

Enzim aktivitelerinin β -glukozidaz, polifenol oksidaz (PPO) ve peroksidaz (POX) 'un zeytin yağının fenolik profilini belirleme yeteneği araştırılmıştır. Yağ üretimi için kullanılan zeytinler bir ay süreyle 20°C ve 4°C'de depolanmıştır ve fenolik içerik ve enzimatik aktiviteleri olgunlaşan zeytin meyveleriyle karşılaştırılmıştır. 4°C'de depolanan meyvelerden elde edilen yağların, taze hasat edilen meyvelerinkine benzer özelliklere sahip olduğu görülmüştür. Bununla birlikte, 20°C'de depolanan meyvelerden elde edilen yağların fenolik içeriği daha düşük bulunmuştur. Enzimatik aktivitelerle ilgili sonuçlar, β -glukozidaz enziminin, sızma zeytin yağı fenolik profilinin belirlenmesinden sorumlu anahtar enzim olduğunu göstermektedir; bu enzim aktivitesindeki azalma, 20°C'de 3 haftalık depolamadan sonra yağların fenolik içeriğinde düşüş olmuştur. Oleuropein içeriği, olgunlaşma esnasında önemli ölçüde azalmıştır ve 20°C'de 4 haftalık depolamadan sonra kaybolmuştur. Gerçekte, depolama esnasında oleuropein seviyesi 7382.3 μ g/g'dan 1840.5 μ g/g'a (İlk içeriğinin %25'i) azalmıştır. Ancak, 4°C'de depolanan meyvelerde, ilk iki hafta boyunca 10768.3 μ g/g'a kadar oleuropein içeriği artmıştır (Gomez-Rico ve ark.,

2008). Dimetiloleuropein olgunlaşma sırasında içeriğini ikiye katlamıştır. Aynı zamanda, bu bileşik içeriği zeytinin 20°C'de depolanması sırasında önemli miktarda artmıştır ve hidroksitirozol için de aynı model gözlenmiştir. Ligstrosidin konsantrasyonu özellikle 20°C'de olgunlaşma ve saklama esnasında azalmaktadır. Zeytin yağı örnekleri, fenolik fraksiyon profillerinde önemli nitelik değişiklikleri göstermemiştir. Ancak, fenolik bileşiklerin çoğu için önemli nitelik değişiklikleri gözlenmiştir. Bu yağda sekoiridoid bileşik p-HPEA-EA saptanmamıştır ve sinamik asit ile p-kumarik asit gibi basit fenoller çok düşük miktarlarda tespit edilmiştir. Çıkarılan yağlardaki fenolik bileşikler, ortodifenoller ve secoiridoid türevlerinin toplam içeriği, meyve depolama süresi ilerledikçe azalmıştır. Dahası, depolamanın yağ fenolik bileşikleri üzerindeki olumsuz etkisi, 20°C'de 4°C'den daha fazla görülmüştür. Buna ek olarak, toplam depolama süresi boyunca en çok etkilenen fenolik bileşikler olan secoiridoid bileşikler, 3,4-DHPEA-EDA ve 3,4-DHPEA-EA olmuştur. Ancak, p-HPEA-EDA kaybı 4 ve 20°C'de sırasıyla %18.8 ve 77.5'tür. Aynı zamanda, 3,4-DHPEA-EDA ve p-HPEA-EDA azalma oranları olgunlaşma esnasında sırasıyla %27.4 ve 13.6'dur. Ancak, meyve olgunlaşması sırasında 3,4-DHPEA-EA'nın sadece %3.4'si azalmıştır. Bununla birlikte, hidroksitirozol, son olgunlaşma evresinde ve 20°C'de 4 haftalık depolamada düşüş göstermiştir. Tirozol konsantrasyonunun hidroksitirozolden daha yüksek olduğu kaydedilmiştir. 4°C'de depolanan zeytinlerden ekstrakte edilen yağların flavonoid içeriği 20°C'deki yağlardan daha yüksek bulunmuştur. 20°C'de 3 haftalık depolamadan sonra β -glukozidaz aktivitesindeki keskin azalma, karşılık gelen fenolik bileşiklerin çarpıcı azalmasına paralel olduğu için, β -glukozidazın yağ fenolik profili ile doğrudan ilişkili anahtar enzim olduğunu göstermiştir. Meyveler 4°C'den sonra ortam sıcaklığına tabi tutulduğunda fenolikteki azalma daha fark edilebilir olmuştur. O-difenoller ve sekoiridoid bileşiklerin azalması ile oksidatif stabilitenin kaybı arasındaki pozitif ilişki ransimat metoduyla ortaya konmuştur. Deneysel veriler sızma zeytin yağının fenolik profilini belirlemek için anahtar enzim olarak β -glukozidazı göstermiştir (Hbaieb ve ark., 2015).

Leone ve ark. (2014b) tarafından MD destekli bir sistem endüstriyel sürekli bir proseste uygulanmıştır. Araştırmalar sürekli MD destekli prototip sistemin uygulanabilirliğini ve potansiyel ve alternatif bir teknik olduğunu göstermiştir. Geliştirilen sistemin etkinliği, zeytin ezmesinin yoğunlaştırılması ve ısıtılması kullanılan geleneksel bir yöntemle karşılaştırmalı testler yapılarak analiz edilmiştir. MD sistemi proses sürekliliğini sağlamak için doğru bir şekilde boyutlandırıldığında, bir endüstriyel hatta uygulanması

mümkündür. MD ısı olmayan bir etki üretir, ve ek olarak vakuollerden yağın salınmasında termal etkiyi ve globüllerin birleşmesini artırır. MD işlemi, geleneksel malaksasyonla elde edilen ekstraksiyon ile karşılaştırıldığında yüksek bir ekstraksiyon verimi sağlanmıştır. Zeytin ezmesinin şartlandırma süresi 40dk'dan (geleneksel malaksasyon) bir kaç saniyeye kadar (MD sistemi) azalmıştır ve malaksör makinesinin tipik olarak boşaltma ve yükleme aşamalarını ortadan kaldırmıştır. MD ön uygulamasının endüstriyel formunda normalde kullanılanlardan daha küçük bir yoğurma alanı gerekmektedir, bu da işlem için gerekli olan hacmin azalması gibi bir avantaj getirmektedir. Böylece, MD sistemi temizlikte gerekli su ihtiyacını ve atık su miktarını azaltmaktadır.

Bir enzim kompleksi ile zeytin yağını ekstrakte ettiklerinde, fenollerin (serbest + aglikonlar), o-difenollerin, toplam fenollerin, tokoferollerin, uçucuların, klorofillerin, karotenoidlerin, ve steroidlerin daha yüksek olduğu; kötü kokulu uçucular ve waksların daha düşük olduğu; parlaklığın, 1.2-digliserid/1,3-digliserid oranlarının daha yüksek olduğu; baharatlı tat, açıklık ve bulanıklığın en düşük olduğu tanımlanmıştır. Enzim ilavesi, daha yüksek yağ verimi yanında, kalite, lezzet ve raf ömrü ile ilgili bazı analitik parametrelerin olumlu bir şekilde değiştirilmesi nedeniyle zeytin yağının niteliksel standardını önemli ölçüde artırmıştır. Burada bildirilen sonuçlar, enzim uygulamasının maliyetine rağmen ekonomik açıdan avantajlı olduğunu ortaya koymaktadır ve zeytin üretiminde kullanımının tüm dünyadaki zeytin üreten ülkelerde resmi olarak kabul edildiği belirtilmiştir (Ranalli ve ark., 2001).

Malaksasyon sızma zeytin yağının verim, kalite ve sağlık özelliklerini etkileyebilen önemli bir adımdır. Clodoveo ve ark. (2013e) malaksasyon adımından önce zeytin hamuruna US uygulanarak ekstraksiyon proses verimini incelemiştir. US uygulaması oldukça farklı teknolojik uygulama ile Güney İtalya'da en popüler 2 zeytin çeşiti olan *Coratina* ve *Peranzana* çeşitlerine uygulanmıştır. US uygulaması farklı sürelerde uygulanmış (0, 2, 4, 6, 8, 10dk) ve serbest asitlik, peroksit değeri, K232, K270, duyusal analiz, tokoferol, toplam karatenoid, klorofil ve toplam fenoller belirlenmiştir. Sonuçlar US uygulama süresinin bir fonksiyonu olarak zeytin hamurunun çabuk ısındığını göstermiştir. 8 ve 10dk US uygulaması malaksasyon süresinin 60dk'dan yaklaşık 40dk'ya kadar azaldığı gözlemlenmiştir. US tekniği her iki çeşide ait sızma zeytin yağında da antioksidan içeriğini artırmıştır. Ancak, *Coratina* sızma zeytin yağında polifenol konsantrasyonunun azalması tüketiciler tarafından kabul edilmeyen acı tadın azalmasını sağlamıştır. US

uygulamasını muhtemel yoğurma makinesi sayısını azaltır böylece işletme maliyeti azalmaktadır.

US uygulaması serbest asitlik, peroksit değeri ve K232 ve K270 gibi sızma zeytin yağının kalite indekslerini değiştirmemiştir; oysa tokoferoller, karotenoidler ve klorofiller artarken polifenoller azalmıştır. Sızma zeytin yağının duyu özellikleri ile ilgili olarak, US süresinin artması yağdaki meyvemsi tadı ve aromasını etkilememiştir; ancak, polifenollerin azalması sonucunda acı ve keskin lezzetleri azaltmıştır. Bu sonuç, malaksasyon aşamasından önce zeytin hamuruna uygulanan US yardımcı ekstraksiyonun, *Coratina* gibi özellikle polifenoller bakımından zengin kuvvetli acı ve yakıcı lezzetle karakterize edilen çeşitler için uygun olduğu ve aşırı olgun hasat edilen veya polifenolce fakir olan çeşitler için önerilmeyeceğini göstermiştir. Mühendislik bakış açısı ile ilgili olarak, US ön uygulaması, sıcaklığın zeytin ezmesine daha hızlı ve verimli bir şekilde aktarılmasını sağlamaktadır. Böylece bu yeni teknik, ön ısıtma birkaç dk içinde yapılabilmektedir. Endüstrinin yağ ekstrakte etme hatlarında normal olarak kullanılan malaksöre bir US probu eklenebilir (Clodoveo ve ark., 2013e).

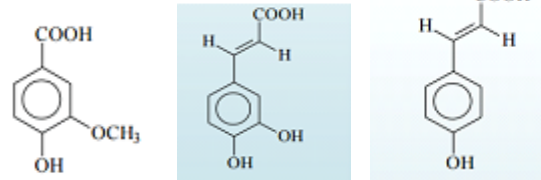
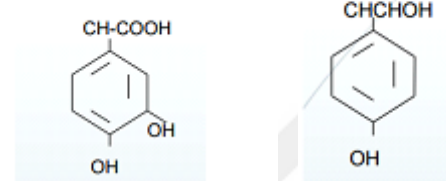
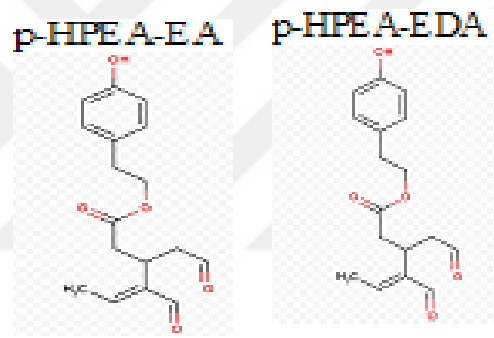
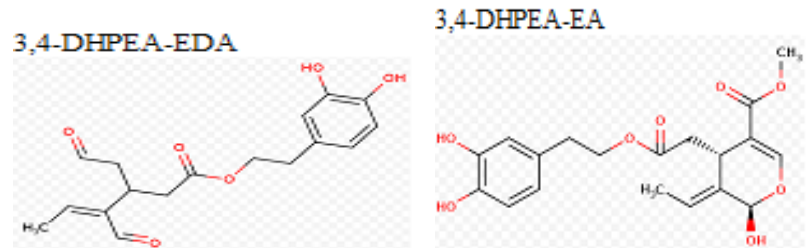
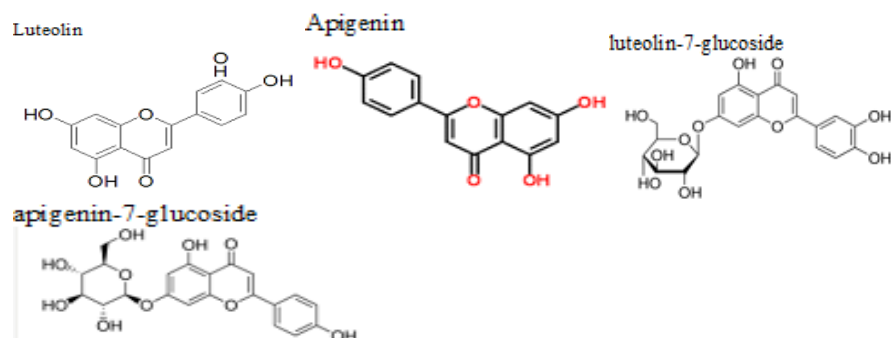
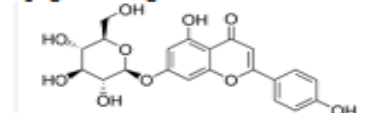
Malaksasyon sıcaklığı endüstriyel verim ve sızma zeytin yağı özelliklerinin modüle edilmesi yönünden önemli bir rol oynamaktadır. Daha yüksek sıcaklık sızma zeytin yağı viskozitesinde azalmaya, yağ globüllerinin daha iyi birleşmesine ve daha sonra sürekli bir yağlı faz oluşmasına neden olmaktadır (Gila ve ark., 2014). Hamur içerisindeki US dalgaları nemin difüzyonuna ve ısınmasına yardımcı olmuştur. Bununla birlikte, meyve olgunlaşması sırasında olduğu gibi zeytin meyvesinin düşük oranda nem içermesi, US dalgalarının difüzyonunu azaltmış ve böylece zeytin hamurunun daha az ısınmasına neden olmuştur. Zeytin yoğurma esnasında yüksek güçteki US uygulaması üzerine yapılan daha önceki çalışmalar yüksek yağ ekstraksiyon verimine işaret etmektedir (Jimenez ve ark., 2006; Jimenez ve ark., 2007; Clodoveo ve ark., 2013b). Hamur ısıtması nedeniyle ekstraksiyon işlemi verimliliği arttırılmıştır. Yağ oranı artışı, olgunlaşmamış ve olgunlaşmış meyveler için sırasıyla %0.81'den %2.02'ye kadar değişmekte ve sadece son hasat tarihi için uygulamalar arasında önemli farklar elde edilmiştir. Kaviteasyon olayı yüksek güçte US uygulaması sırasında kaydedilebilmesine rağmen, oksidatif değişimler (Peroksit değeri, K232 ve K270) ile ilgili parametreler önemli ölçüde değişmemiştir. Yüksek güçte US uygulamaları incelenen hasat zamanı süresince klorofil ve karotenoid içeriğinin iyileştiğini göstermiştir. Fenolik bileşiklerin azalması birinci ve ikinci hasat tarihlerinde, özellikle sekoiridoit türevleri için anlamlı olmuştur. Fenoliklerin bu şekilde

azalması, sıcaklık artışı ve US işleminin zeytin ezmesinin endojen enzimi (β -glukozidaz, PPO ve PDO) üzerindeki muhtemel etkisi ile açıklanabilir (Clodoveo ve ark., 2013b).

Hidroksitirozol içeriği Mersin bitkisi ilaveli MD destekli ekstraksiyon ve geleneksel ekstraksiyonda (zenginleştirilmiş ekstra sızma zeytin yağı), kontrol grubuna kıyasla sırasıyla, %20.0 ve %18.8 oranında daha az kayba uğramıştır. Tirozolda ise kaybı %14.1 ve %13.1 azaltmıştır. Buna ek olarak, mersin ilaveli MD destekli ekstraksiyon luteolin ve apigenin azalmasını sırasıyla %32.5 ve %15.6 kısıtlamıştır ve bu etkiler mersin ilaveli geleneksel ekstraksiyon tarafından sağlanan korumadan daha yüksektir: sırasıyla luteolin ve apigenin için sadece %8.9 ve %3.8'lük bir koruma gözlenmiştir. Diğer yandan; kontrolün (zenginleştirme olmadan ekstra sızma zeytin yağı) aksine, sekoiridoit 1, ekstra sızma zeytin yağının alevle ısıtılması sırasında etkilenmemiştir. Yağlar MD ile ısıtıldığında yağ bozunumunun çok düşük olduğu Brenes ve ark. (2002) tarafından daha önce bildirilmiştir. Cerretani ve ark. (2009) çalışmalarına göre, sekoiridoit türevlerinin (ligstrosidler) içeriği, MD ısıtma sırasında 9dk uygulamaya kadar (700W, 293°C) sabit kaldığı bulunmuştur. Bu gözlemler, ekstra sızma zeytin yağının besleyici ve organoleptik kalitesi açısından çok önemli olan bu bileşiklerin termal stres sırasında yüksek stabilitesini göstermiştir. Aynı şablon, zenginleştirilmiş ekstra sızma zeytin yağı için mersin özütü ile gözlenmiştir. Ekstra sızma zeytin yağına mersin ekstraktlarının eklenmesi fenolik bileşikler koruyucu etki göstermiştir. Ayrıca, zenginleştirilmiş yağda alev ve fırın ısınması sırasında çoklu doymamış yağ asitlerini koruma kapasitesinden dolayı birincil oksidasyon bileşiklerinin oluşumunda daha yüksek bir inhibisyon gözlenmiştir. Mersin özleri, antioksidan bileşiklerdeki kompozisyonlarını ve oksidatif stabiliteyi geliştirerek yağlara fayda sağlayabilir (Dairi ve ark., 2015).

Chiacchierini ve ark. (2007) zeytin yağı endüstrisinde doğal enzimatik komplekslerin uygulanması ve ekstra sızma zeytin yağı kalitesi ve mevzuata uygunluğu ile ilgili analitik parametreleri değerlendirmişlerdir. Zeytin yağı ekstraksiyonu sırasında enzim ilavesinin, sızma zeytin yağı kalitesiyle ilişkili analitik parametrelere ya da verimin iyileştirilmesine etkisi incelenmiştir. İki yağ türü elde edilmiştir: (i) sızdırma yağı (ilk ekstraksiyon) ve (ii) santrifüj yağı (ikinci ekstraksiyon). Makalede sadece santrifüj yağları (enzim ile veya enzimsiz olarak üretilmiştir) karşılaştırılmıştır. Üç zeytin çeşidi (Leccino, Coratina ve Dritta) Sitolaz 0 ile süzülme/santrifüj sistemi kullanılarak işlenmiştir. (Referans yağlara göre) karakterize yağlara enzim katkı maddesi çoğunlukla (i) uçucu bileşenler, toplam fenoller, o-difenoller, hidroksitrosolaglikonlar, α -tokoferol, klorofiller ve karotenoidler,

triterpen dialkoller, triterpen ve alifatik alkoller ve mumların artışına; (ii) 1,2 digliserid/1,3-digliserid, kampesterol/stigmasterol, trans-2-heksenal/hekzenal ve trans-2-hekzenal/toplam aroma oranlarının artışına; (iii) renk indeksinin ve duyusal puanların artışına; (iv) bulanıklık değerlerinin azalmasına; (v) asitlik, peroksit indeksi, karbonil indeksi, UV (ultraviyole) spektrofotometrik indeksler ve alkolik indeks benzer değerlerin değişmemesi; (vi) doymuş ve doymamış yağ asitleri, triasilgliseroller, diasilgliseroller ve sterollerin değişmemesi ile sonuçlanmıştır. Özellikle, 3,4-dihidroksifeniletanol (3,4-DHPEA-EDA) ile bağlantılı elenolik asidin dialdehit formu ve yüksek antioksidan aktiviteye sahip oleuropein aglikonunun (3,4-DHPEA-EA) izomeri gibi sekoiridiot türevlerinin içeriği zeytin yağında önemli ölçüde artmıştır. Dritta, Leccino ve Coratina çeşitleri (Ranalli ve ark., 2003b) üzerinde değerlendirilen yeni enzimatik kompleksin kullanımı uçucu bileşik, tokoferollerin, karotenlerin ve klorofillerin konsantrasyonu bakımından kontrol ile karşılaştırıldığında daha yüksek kalite gösterirken trigliserid ve oksitlenmiş gliseridlerin daha düşük konsantrasyonu görülmüştür. Enzimatik işleme tabi tutulan yağların oksitlenmeye karşı daha kararlı (iyileştirilmiş raf ömrü) ve lezzetleri, aromaları ve renginin daha iyi olduğu gösterilmiştir. İkinci ekstraksiyonun yağlarında (santrifüj yağları) enzim ilavesi, yağ fazına küçük bileşenlerin (fenoller, tokoferoller, uçucu maddeler, karotenler, ksantofiller ve klorofiller) kuvvetli bir şekilde katılmasını ve sonuçta, lezzet ve raf ömrü ile ilgili analitik parametrelerin önemli ölçüde geliştirilmesini sağlamıştır. Triasilgliseroller, yağ asitleri ve gliserol içermeyen bileşikler ile ilgili önemli değişiklikler gözlemlenmiştir. Elde edilen yağ önemli miktarda artmış ve yan ürünlerin özellikleri de üstün olmuştur. Vurgulanacak bir başka önemli sonuç, yağ fabrikasının atık suyunu karakterize eden; emülsiyeye hale gelmiş yağ, asılı kalan katılar, kuru madde ve kimyasal oksijen ihtiyacı ile ilgili daha düşük değerlerin görülmesidir. Zeytin yağı ekstraksiyonu sırasında enzim kullanımının soğuk proses koşulları altında ekstraksiyonu artırması, (100kg zeytine 2kg'a kadar daha fazla yağ verimi), yağın daha iyi santrifüjünün sağlanması, antioksidan ve E vitamini seviyesi yüksek yağlar elde edilmesi, ransiditenin yavaşlatılması, işletme verimindeki tüm gelişmeler ve karasuda düşük yağ içeriği ana avantajlarıdır (Galante ve ark., 1998). Nitel ve nicel sonuçlara göre zeytin yağı ekstraksiyonu sırasında çevre dostu olmasının yanı sıra ekonomik olarak avantajlı olduğu sonucuna varılmıştır.

Sınıf	Bileşik ve Kimyasal formülü
Fenolik Asit	<p>Vanilik asit Kafeik asit p-kumarik asit</p>  <p>Vanilic acid: <chem>COc1ccc(O)c(C(=O)O)c1</chem> Caffeic acid: <chem>Oc1ccc(O)c(C=C(C(=O)O)O)c1</chem> p-Coumaric acid: <chem>Oc1ccc(C=C(C(=O)O)O)cc1</chem></p>
Fenolik Alkol	<p>Hidroksitirozol (3,4-DHPEA) Tirozol (p-HPEA)</p>  <p>Hydroxytyrosol (3,4-DHPEA): <chem>Oc1ccc(O)c(CO)c1</chem> Tyrosol (p-HPEA): <chem>Oc1ccc(CO)cc1</chem></p>
Sekoiridoid	<p>p-HPEA-EA p-HPEA-EDA</p>  <p>p-HPEA-EA: <chem>COc1ccc(O)cc1OCCOC(=O)CC(C)C(=O)O</chem> p-HPEA-EDA: <chem>COc1ccc(O)cc1OCCOC(=O)CC(C)C(=O)O</chem></p> <p>3,4-DHPEA-EDA 3,4-DHPEA-EA</p>  <p>3,4-DHPEA-EDA: <chem>Oc1ccc(O)c(CO)c1OCCOC(=O)CC(C)C(=O)O</chem> 3,4-DHPEA-EA: <chem>COc1ccc(O)c(O)c1OCCOC(=O)CC(C)C(=O)O</chem></p>
Flavonoidler ve glikozitleri	<p>Luteolin Apigenin luteolin-7-glucoside</p>  <p>Luteolin: <chem>Oc1ccc(O)c(O)c1O</chem> Apigenin: <chem>Oc1ccc(O)c(O)c1O</chem> luteolin-7-glucoside: <chem>Oc1ccc(O)c(O)c1O</chem></p> <p>apigenin-7-glucoside</p>  <p>apigenin-7-glucoside: <chem>Oc1ccc(O)c(O)c1O</chem></p>

Şekil 1. Zeytin yağında bulunan fenolik bileşenlerin kimyasal formülleri

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Çalışmada 2014 yılı Ekim ayı hasat dönemine ait Gemlik çeşidi zeytinler Bursa Gemlik yöresinde bulunan bir zeytinlikten örnek alma yöntemine uygun olarak (ağacın her tarafından olacak şekilde) yaklaşık 20'şer kg ve üç tekrür halinde elle toplanarak temin edilmiştir. Örnekler laboratuvara getirildikten hemen sonra yağ ekstraksiyonu için hemen preslenmiştir. Zeytin yağı ekstraksiyonu sırasında yoğurma aşamasında uygulanan US, MD ön uygulamaları ve enzim ilavesi gibi işlemler uygulanan zeytinlerden laboratuvar tipi santrifüjlü sistemle zeytin yağı elde edilmiştir. Bu yağlar analize kadar +4 °C'da buzdolabında muhafaza edilmiştir.

3.1.1. Olgunlaşma İndeksi Belirleme Yöntemi

100 meyve örneğinde;

Çok koyu yeşil	N=0
Sarımsı yeşil	N=1
Kırmızı benekli yeşil	N=2
Kırmızı kahverengi	N=3
Beyaz etli siyah	N=4
<%50 mor etli siyah	N=5
>%50 mor etli	N=6
%100 mor etli	N=7

Olgunlaşma indeksi= $\Sigma(in_i)/N$; Burada; i =grup numarası, $n_i=0$ grupta yer alan zeytin sayısı ve N =zeytinlerin toplam sayısıdır (Artajo ve ark. 2006).

Olgunlaşma indeksi Agronomic Station of Jaén (Boskou, 1986) tarafından bildirilen meyve ve pulp kabuğu rengine göre rastgele seçilen 100 zeytin meyvesi üzerinde belirlenmiş ve 6.5 olarak tespit edilmiştir.

3.2. Metot

3.2.1. Kullanılan Cihaz Ve Ekipmanlar

Elektrikli kıyma makinası (Arsel, KÇM-32, Türkiye),

Paslanmaz çelik yoğurucuda (Hobart, Corporation, Troy, OH, USA) (4.5 L),

MD fırın (LG, Solardom, Kore),

Ultrasonik banyonun özellikleri (Elmasonic S60, Singen, Germany).

Santrifüj cihazı (Awel Industries, Centrifuge MF 20, France),

HPLC cihazı Agilent HPLC 1100, Software: PC running ChemStation (Agilent, USA)

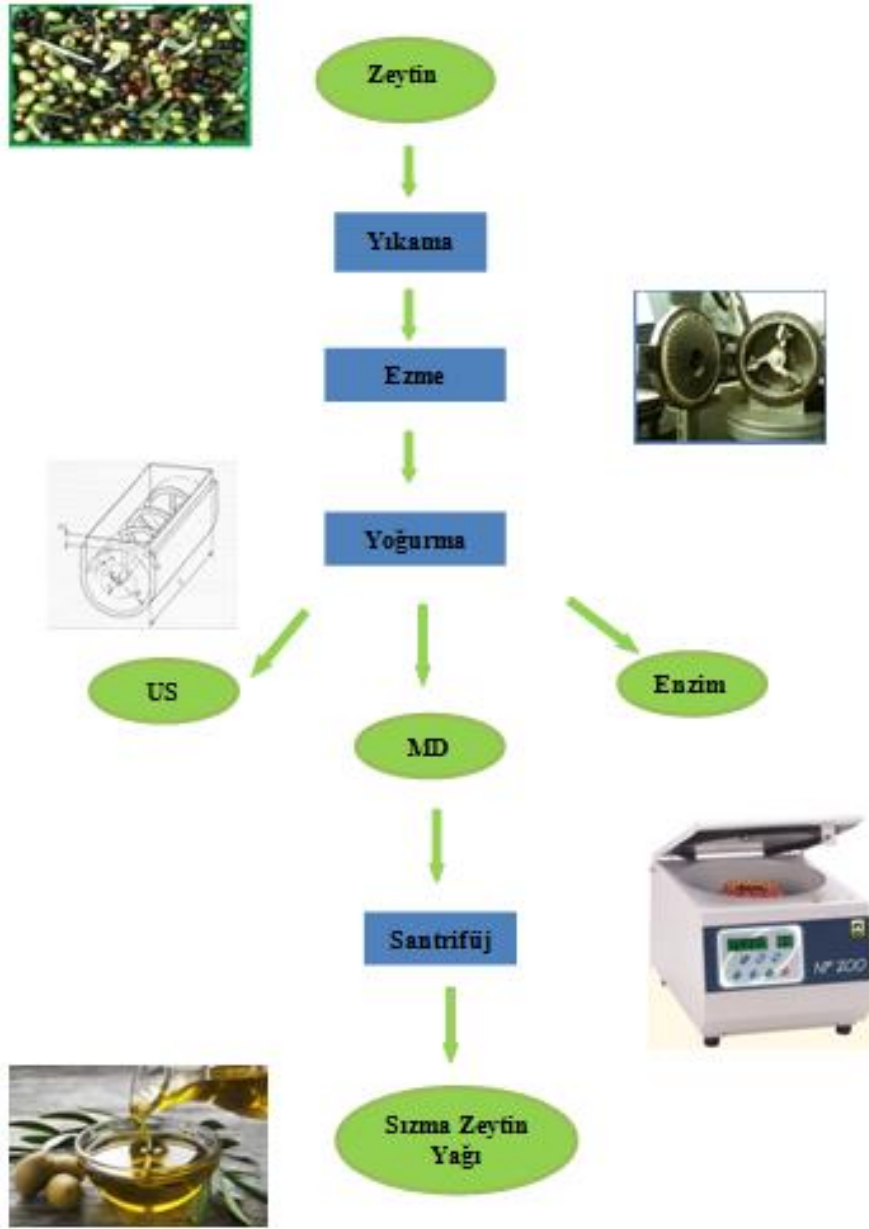
Ters ışık mikroskobu (Motik AE31, Wetzlar, Almanya)

3.2.2 Örnek Hazırlama

Araştırma denemesi kurulmadan önce kullanılacak materyale ilişkin literatürler değerlendirilmiştir. Daha önce yapılmış ön denemeler ışığında kullanılması planlanan US, MD enzim gibi uygulamaların süresi, gücü ve miktarına ilişkin veriler oluşturulmuştur. Zeytinler hasattan sonra 1-2 gün içerisinde yağı elde edilmek üzere laboratuvara getirilmiştir. Yaprak, dal gibi yabancı maddelerden ayrılarak temizlenmiştir. Yaklaşık 10 – 12°C'daki şebeke suyu ile yıkandıktan sonra 1.5 kg'lık 8 homojen gruba bölünerek numune partileri hazırlanmıştır. Zeytinler, çekirdekleri ile beraber elektrikli kıyma makinesinde ezilmiştir. Yoğurma aşamasında yoğurma makinesi ile 10 dk yoğurulduktan sonra US, MD ve enzim ilavesi işlemleri uygulanmıştır. Santrifüj tüplerine konularak santrifüjlenmiştir. Elde edilen zeytin yağları renkli cam şişelere alınmıştır.

Kırma işleminden sonra US uygulaması bir ultrasonik banyo ile 30°C'yi geçmeyecek şekilde 10 dk süre olarak belirlenmiştir. Yine kırma işleminden sonra MD uygulaması laboratuvar tipi MD fırında zeytin hamurunun sıcaklığı 40°C'yi geçmeyecek şekilde 360 Watt gücünde 2 dk olarak belirlenmiş optimum güç ve süre ile uygulanmıştır. Enzim ilavesi ise % 0.04 oranında olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

US, MD uygulaması ve enzim ilavesinden sonra ezme paslanmaz çelik yoğurucuda yoğurulmuştur. Zeytin yağı daha sonra kahverengi şişelere tepe boşluğu bırakılmadan azot gazı altında alınmıştır. Buzdolabında +4 °C'da muhafaza edilmiştir.



Şekil 2. Zeytin yağı ekstraksiyon aşamaları

3.2.3. Deneme planı

Çizelge 1. Zeytin yağı ekstraksiyonu esnasında zeytin hamuruna sırasıyla uygulanan işlem basamakları

Uygulamalar	Uygulama isimleri	Yapılan işlemler
1	Kontrol	10 dk yoğurma
2	Enzim	Yoğurma (10dk) + Enzim ilavesi (% 0.04)
3	MD	Yoğurma (10dk) + MD Ön ısıtma (2 dk, 360 W)
4	US	Yoğurma (10dk) + US Uygulaması (10dk)
5	Enzim + MD	Yoğurma (10dk) + 1-Enzim ilavesi (% 0.04) + 2-MD Ön ısıtma (2 dk, 360 W)
6	Enzim + US	Yoğurma (10dk) + 1-Enzim ilavesi (% 0.04) + 2-US Uygulaması (10dk)
7	MD + US	Yoğurma (10dk) + 1-MD Ön ısıtma (2 dk, 360 W) + 2-US Uygulaması (10dk)
8	Enzim + MD +US	Yoğurma (10dk) + 1-Enzim ilavesi (% 0.04) + 2-MD Ön ısıtma (2 dk, 360 W) + 3-US Uygulaması (10dk)

3.2.4. Analitik Prosedürler

Zeytin yağının fizikokimyasal parametreleri aşağıda belirtilen analitik metodlarla belirlenmiştir. Renk analizi (Minolta Chromameter CR 400), peroksit sayısı Anonymous 1989 (AOCS Official Method Cd8-53), serbest yağ asidi Anonymous 1989 (AOCS Official Method Ca 5a-40), karotenoid, klorofil, toplam ve ayrıntılı fenolik, fenoliklerin HPLC’de belirlenme analizleri yapılmıştır. Analizler üç tekerrürlü yapılmış ve ortalama değerleri ve standart sapmaları ile rapor edilmiştir.

3.2.5. Örneklerin Analizlere Hazırlanması

3.2.5.1. Sıcaklık Ölçümü

Zeytin hamurunun sıcaklık ölçümü civalı termometre (0 – 50°C) ile 1 dk zeytin hamuruna batırılarak yapılmıştır. Zeytin hamurunun sıcaklığı başlangıçta 18 °C iken, US uygulaması sonucunda 24.5 °C olmuştur. Bu sıcaklık hamurun her yerinde eşit olmamakla beraber: 21, 23, 24, 24.5°C olarak değişmektedir. Denemeler esnasında oda sıcaklığı yaklaşık 20 °C (± 0.5)’ dir. Çevre ile termal dengeyi sağlamak için, zeytin örnekleri ekstraksiyon öncesi beş saat oda sıcaklığında tutulmuştur.

3.2.5.2. Mikrodalga Fırında Uygulanılacak Gücün Belirlenmesi

Aynı miktarda zeytin ezmesine MD fırında farklı MD gücü uygulanarak zeytin hamurunun sıcaklığı 40 °C’yi geçmeyecek şekilde MD’nin uygulanması gereken optimum güç 360W, süre 2dk olarak belirlenmiş ve daha sonraki denemelerde belirlenen bu güç ve süre dikkate alınmıştır.

3.2.5.3. Ultrason Su Banyosunda Sürenin Belirlenmesi

Bu çalışmada ekipman olarak ultrasonik su banyosu kullanılmıştır. Aynı miktarda zeytin ezmesi 250 mL'lik beherlere konularak farklı sürelerde ultrasonik su banyosunda tutularak belirli zamanlarda zeytin hamur sıcaklığı kontrol edilerek, zeytin hamurunun sıcaklığı 40°C'yi geçmeyecek en uygun süre düşük frekansta 10 dk olarak tespit edilmiştir.

3.2.5.4. Enzim Miktarının Belirlenmesi

Olivex enziminin yağ verimi üzerine etkisinin araştırıldığı tez çalışmasında (Köylüoğlu ve Özkan, 2012). %0.06'lık enzim konsantrasyonunda yağ veriminin maksimum (%82.00) olduğu saptanmıştır. Çalışmada bu enzimin maksimum aktiviteyi 35°C, pH 5.5 ve 60dk'da gösterdiği belirlenmiştir. Bu çalışmadan yola çıkılarak kullanılacak enzim miktarı belirlenerek denemelerde bu miktar kullanılmıştır. 1.5kg zeytine 1mL olivex enzimi kullanılmıştır.

Olivex enzimi pektolitik, selülotik, hemiselülotik enzimdir. *Aspergillus aculeatus* tarafından üretilmektedir (Novo Nordisk Ferment Ltd., Dittingen, Switzerland).

Yapılan çalışmalar olivex enziminin serbest yağ asitliği üzerine bir etkisinin olmadığını göstermiştir. Olivex enziminin kullanıldığı başka çalışmada da enziminin konsantrasyonunun artırılmasıyla peroksit değerinde düşme tespit edilmiştir (Kesen, 2000).

3.2.5.5. Ters Işık Mikroskobunda Görüntü

Yüzey morfolojisini belirlemek için dijital bir renkli kamera (Moticam® 5-mP) ile birleştirilmiş ters ışık mikroskobu kullanıldı. Görüntü toplama, açıklama ve veri analizi, Motic Images Plus 2.0.23 yakalama yazılımı ve objektif 10×/0.25 (CCIS® Plan Achromatic) donanım kullanılarak gerçekleştirildi.

3.2.6. Analizler

3.2.6.1. Zeytin Yağı Veriminin Belirlenmesi

Ekstraksiyon verimi deneme deseninde yer alan her bir muamele için ekstraksiyon sonunda elde edilen yağ ağırlığının başlangıçta alınan zeytin numunesi ağırlığına oranı şeklinde hesaplanmıştır (Martínez ve ark. 1975).

Ekstraksiyon verimi zeytinin 100kg'ının ezilmesiyle elde edilen yağın miktarıdır. Ekstraksiyon verimi aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır:

$$\text{Ekstraksiyon verimi} = (A_{\text{yağ}} / A_{\text{zeytin}}) \cdot 100$$

$A_{\text{yağ}}$ ekstrakte edilen yağın kütlesi (kg) ve A_{zeytin} prosesteki zeytinin kütlesi (kg).

3.2.6.2. Renk Analizi (L^* , a^* , b^*)

Renk değerleri Minolta Chroma meter CR 400 (Minolta Co., Osaka, Japan) cihazıyla ölçülmüştür. Cihaz standart beyaz yüzeyli bir kalibrasyon levhasına karşı kalibre edilmiş ve CIE Standard Illuminant C'ye göre ayarlanmıştır. Elde edilen yağları 20mL'lik cam beherlere alınacak, ortamdaki ışıktan etkilenmemesi için etrafı alüminyum folyo ile kaplanarak, renk değerleri cihazın uygun başlığının behere dokundurulması ile her örnek için en az üç ölçüm olacak şekilde kaydedilmiştir. Rengin parlaklık koordinatı olan L^* rengin beyazlığı hakkında bilgi verir ve 0 (siyah) ile 100 (beyaz) arasında değişir. a^* koordinatı pozitif iken kırmızılık, negatif iken yeşillik derecesini, b^* koordinatı pozitif iken sarılık, negatif iken mavilik derecesini gösterir (Morello ve ark., 2004a).

3.2.6.3. Serbest Yağ Asidi Analizi

Etanol/eter (1:1, v/v) çözeltisinde çözülmüş yağın 0.1 N etanollü KOH çözeltisine karşı titrasyonu ile belirlenmiştir. Sonuçlar % oleik asit cinsinden verilmiştir (EEC, 1991).

Serbest yağ asitliği oleik asidin yüzdesi olarak ifade edilir. Yüzde serbest yağ asitliği, Anonymous 1989 (AOCS Official Method Ca 5a-40)'a göre yapılmıştır. Yağ örnekleri yaklaşık 3g duyarlıkla bir erlene tartılmış ve 75mL %95'lik etil alkolde çözülmüştür. İndikatör (belirteç) olarak 3-4 damla fenolftalein damlatılarak 0.01N KOH çözeltisi ile renk pembe oluncaya kadar (30 saniye bu renk kalmalı) titre edilmiştir.

Örneklerin % serbest yağ asitliği aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Serbest yağ asitliği (\%, oleik asit cinsinden)} = (V \times N \times 28.2) / M$$

Burada; N: KOH çözeltisinin normalitesi V: Titrasyonda harcanan KOH çözeltisinin mL'si, M: Tartılan örnek miktarı, g, 28.2: 282 (Oleik asidin molekül ağırlığı) x100/1000'dir.

3.2.6.4. Peroksit Sayısı Analizi

Peroksit değeri, yağın kg başına aktif oksijenin mili-equivalent ($\text{meq}[\text{O}_2]\text{kg}^{-1}[\text{yağ}]$) olarak ifadesidir. Yağ ile kloroform/asetik asit karışımı, karanlıkta potasyum iyodür çözeltisi ile reaksiyona bırakılmıştır. Daha sonra açığa çıkan iyot, sodyum sülfat çözeltisine karşı titre edilmiştir (EEC, 1991).

Örneklerden yaklaşık 2g tartılıp 250mL'lik ağız tıraşlı erlenlere tartılmış, üzerine 30mL asetik asit:kloroform (3:2 v/v) ilave edilerek kloroform ile yağın çözünmesi asetik asit ile reaksiyon ortamının uygun hale getirilmesi sağlanmıştır. Sonra 1mL doymuş potasyum iyodür (KI) çözeltisi ilave edilerek, sürekli ve hızlı bir şekilde 1dk süresince karıştırılmıştır. Bu süre sonunda bekletilmeksizin 75mL destile su ilave edilerek reaksiyon

bitirilmiştir. İndikatör olarak nişasta çözeltisinden 3-4 damla ilave edilerek, 0.01N sodyum tiyosülfat çözeltisi ile titre edilmiştir.

Peroksit değeri aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır.

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

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) dir.

3.2.6.5. Toplam Karotenoid ve Klorofil Analizi

7.5g yağ örneğinin 25mL sikloheksan içinde çözündürülüp cam spektrofotometre küvetlerine konularak absorpsiyon spektrumları spektrofotometrede (Biochrom, LibraS22, Cambridge-İngiltere) klorofil için 670nm ve karotenoit için 470nm'de ölçülmesiyle belirlenmiştir. Klorofil ve karotenoit içerikleri kg yağda sırasıyla mg feofitin a ve lutein cinsinden ifade edilmiştir (Minguez ve ark. 1991). Toplam klorofil ve karotenoid pigmentinin miktarı mg.kg^{-1} olarak ifade edilmiştir.

3.2.6.6. Toplam Fenolik Madde Miktarının Belirlenmesi

2.5g zeytin yağı 5mLheksanda çözülmüş ve fenolik maddelerin ekstraksiyonu için 5mL metanol/su (60:40 v/v) ilavesi ile 2dk çalkalanmıştır. Hekzan ve metanol/su fazları birbirlerinden 3500 rpm 10 dk'da santrifüjleme ile ayrılmıştır. 50 μ L ekstrakt 250 μ L fenol ayırıcı Folin-Ciocalteu ve 500 μ L sodyum karbonat çözeltisi (20%, w/v) karıştırılmış, vortekslenmiş ve su ile 5mL ye tamamlanmıştır. 30dk. oda sıcaklığında inkübasyondan sonra 765nm de absorbansı ölçülmüştür. Sonuçlar, gallik asitin belli konsantrasyonlarının okunmasıyla oluşturulan kalibrasyon eğrisinden faydalanarak hesaplanmıştır (Singleton ve Rossi, 1965).

Sonuçlar mg CAE/kg yağ olarak hesaplanmıştır ($R^2=0.99$). Sonuçlar kafeik asit mg/kg olarak ifade edilmiştir.

3.2.6.7. Fenolik Bileşiklerin HPLC'de Tespit Edilmesi

Necmettin Erbakan Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü araştırma laboratuvarında bulunan Agilent HPLC 1100, Software: PC running ChemStation (Agilent, USA) cihazı kullanılmıştır. Cihazın çalışma koşulları şöyledir;

Enjeksiyon hacmi: 40 μ L,

Kolon: Inertsil ODS3 (GL Sciences, Tokyo, Japonya) (5 μ m, 25cmx4.6mm i.ç).

Hareketli faz: A (%2 formik asit sulu çözeltisi), B (metanol)

Akış hızı: 0.85mL/dk.,

Dedektör: DAD G1315A Diode Array Dedector

Sıcaklık: 40°C (280 nm: fenolik asitler ve sekoiridoitler, 320nm: flavonoitler).

Gradient çalışma programı:

t=0.01 A=95 B=5,
t=3.00 A=85 B=15,
t=13.00 A=80 B=20,
t=25.00 A=75 B=25,
t=35.00 A=70 B=30,
t=40.00 A=65 B=35,
t=45.00 A=60 B=40,
t=47.00 A=55 B=45,
t=50.00 A=53 B=47,
t=60.00 A=52 B=48,
t=64.00 A=50 B=50,
t=70.00 A=50 B=50,
t=76.00 A=95 B=5 şeklindedir.

Fenolik maddelerin tanısı, kullanılan standart maddelerin alıkonma zamanları ve spektrumlarıyla kıyaslanarak yapılmıştır. Standardı olmayan bileşenlerin tanısında ise literatür verilerindeki alıkonma zamanları ve spektrumlarından yararlanılmıştır. Ayrıca ekstraktların içerisine standartlar ilave edilerek tanımlama işlemi desteklenmiştir (Vinha, 2005).

Analizde kullanılan standartlar şunlardır: oleuropein, hidroksitirozol (Extrasynthése, Genay, Fransa), p-kumarik asit, luteolin, vanilik asit, apigenin, tirozol (2-(4-Hydroxyphenyl) ethanol), kaffeik asit (Sigma-Aldrich, Steinheim, Almanya). Pikler, standart maddelerin alıkonma süreleri, piklerin UV-DAD spektrumları ile karşılaştırılarak ve ekstraktların içerisine standartlar ilave edilerek tanımlanmıştır (Vinha, 2005).

Zeytin yağından fenolik maddelerin ekstraksiyonunda; zeytin yağından 10g falkon tüpüne tartılmış, üzerine 5mL n-hekzan eklenip iyice çalkalanılarak, üzerine 10mL metanol/su (80/20, v/v) karışımı ilave edilmiştir. 2dk vortexle karıştırıldıktan sonra 3000rpm'de 5dk santrifüjlenmiştir. Hekzan kısmı (üst faz) ayrılıp metanol kısmı alınmıştır. Ayrılan metanollü kısma tekrar n-hekzan ekleyip çalkalanılmış daha sonra metanollü kısmı alınmıştır. 5mL 1-propanol eklenilerek karışım dibi yuvarlak balonda 40°C'de vakum rotaryde çözücüsü uzaklaştırılmıştır.

3.2.6.8. DPPH Serbest Radikal Tutucu Etkinin Belirlenmesi

DPPH radikal tutucu etki analizinde stabil serbest radikallere karşı zeytin hamuru ve yağı antioksidanlarının zamana ve doza bağlı reaksiyon kinetikleri ölçülmüştür (Roginsky ve Lissi, 2005). Yağ ekstraktlarının farklı konsantrasyonları, metanol:su (80:20, v/v)

karışımıyla hazırlanmış, üzerlerine 0.1mM metanollü DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) ilave edilmiş ve 27°C'da 20dk beklenmiştir. Örneklerin absorbanlarındaki değişim 517nm'de spektrofotometrede okunmuştur. Sonuçlar DPPH radikalinin başlangıç konsantrasyonunun % azalması üzerinden bildirilmiştir.

3.2.7. İstatistik Analizler

Denemeler üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Araştırma sonucunda elde edilen veriler varyans analizine tabi tutuldu. Farklılıkları istatistiki olarak önemli bulunan ana varyasyon kaynaklarının ortalamaları ise Duncan çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırıldı (Zolman, 1993). ANOVA varyans analizi uygulanarak çeşit/hasat dönemi/lokasyona bağlı farklar, t testi uygulanarak hasat yılına bağlı farklar ortaya konulmuştur. Ortalamalar arası farkların önemli bulunduğu Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır. Analizler SPSS 10.0 SPSS for Windows (v.16) İstatistik programı kullanılarak yapılmıştır. Önem seviyesi aksi belirtilmediği sürece $P \leq 0.05$ olarak verilmiştir.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Çalışmada bir MD destekli uygulama cihazı, US destekli uygulama cihazı ve bir miktar enzim, zeytin yağı ekstraksiyonunda uygulanmış ve zeytin yağının verimi, fiziksel ve kimyasal özellikleri incelenmiştir.

4.1. Verim, Serbest Yağ Asitliği Ve Peroksit Sayısına İlişkin Bulgular

Çizelge 2’de zeytin hamuruna uygulanan ön işlemlerin zeytin yağı kalite kriterleri ve verim üzerine etkileri verilmiştir.

Çizelge 2. Enzim ilavesi, mikrodalga ve ultrason uygulamaları ile elde edilen zeytin yağında verim, serbest asitlik ve peroksit sayısı değerleri

Uygulamalar	Verim (%)	Serbest yağ asitliği	Peroksit sayısı (meq. O ₂ kg ⁻¹)
Kontrol	9.504±0.14h	1.40±0.094c	1.600±0.082ab
Enzim	18.859±0.13a	1.39±0.003c	1.800±0.141a
MD	16.589±0.12f	1.49±0.035ab	1.733±0.125ab
US	18.228±0.15b	1.55±0.024a	1.650±0.041ab
Enzim + MD	15.219±0.13g	1.45±0.009bc	1.100±0.050d
Enzim + US	18.071±0.12c	1.48±0.005ab	1.800±0.050ab
MD + US	17.708±0.12d	1.40±0.007c	1.533±0.205bc
Enzim+MD+US	17.583±0.13e	1.43±0.047bc	1.300±0.082cd

*ortalama±standart sapma

† Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir (P<0.05).

Çalışmamızda uygulanan işlemlerden enzim ilavesi, US ve MD uygulamaları kontrol uygulamasına göre zeytin yağı veriminde artışa neden olmuştur. US uygulanan işlemlerde zeytin yağı veriminde artışlar görülürken, bu artışlar MD’lı işlemlere göre daha yüksek tespit edilmiştir. Verim %9.5–18.9 arasında değişirken, en az verim artışı Enzim+MD işleminde, en yüksek verim artışı ise Enzim uygulamasında görülmektedir. Tamborino ve ark. (2014b) MD uygulamasını geleneksel ezme ile karşılaştırdığında mevcut çalışmada da olduğu gibi ekstraksiyon verimi ile ilgili önemli bir fark bulunmadığını göstermiştir. Benzer sonuçlar Leone ve ark. (2014) tarafından da bildirilmiştir. Ayrıca, Leone ve ark. (2015) yaptığı çalışmada MD uygulamasını geleneksel yöntem ile karşılaştırıldığında ekstraksiyon verimini önemli ölçüde etkilemediğini fakat SEM sonuçlarıyla MD tekniğinin hücre duvarı ve zarını yıktığını göstermiş böylece yağın serbest kalmasını kolaylaştırmıştır. Köylüoğlu ve ark. (2012) yardımcı katkı maddeleri kullanımı ile zeytin yağı ekstraksiyon

veriminin arttığını tespit etmiş, Clodoveo ve ark.'da (2013a) US ve MD işlemlerini kontrol ile karşılaştırmış ve ekstraksiyon verimini artırdığını belirlemiştir.

Çizelge 2'de görülen kalite parametreleri kapsamında, serbest asitlik ve peroksit sayısı yer almaktadır. Bu değerlerle ilgili olarak; çeşitli çalışmalarda farklı sonuçlar elde edilmiştir. Bizim bulgularımızda kimi uygulamalarda kalite parametrelerinde olumlu artışlar görünürken, kimi uygulamalarda değişiklik kaydedilmemiştir. Çalışmamızda MD uygulaması sonucu serbest asitlik değeri %1.39-1.55 aralığında değişmektedir. Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında kontrol grubuna göre artış meydana gelirken, US uygulaması ile daha fazla artış görünmüş fakat enzim ilavesi ile değişiklik olmamıştır. Çizelge 2'ye göre zeytin yağlarının serbest % oleik asit miktarındaki değişimler birbirlerine yakın değerlerdir. Buna karşın US uygulanmasıyla serbest asitlik değerinde kontrol grubuna göre önemli değişim olmuştur. Enzim uygulanarak elde edilen zeytin yağı ile kontrol grubunun asitlik değerleri eş değer bulunduğundan Enzim uygulaması asitliği olumsuz yönde etkilememiştir (Türk Gıda Kodeksi, 2014). Bulgular incelendiğinde zeytin yağı örneklerinin tamamında serbest asitlik değerlerinin %1'den fazla olması ve bu nedenle tebliğde yer alan %0.8 değerini aşması nedeniyle naturel birinci sınıf zeytin yağı olarak değerlendirilebilir.

En düşük serbest asitlik değeri Enzim işleminde tesbit edilmiş ve oleik asit cinsinden 1.39 ± 0.003 olarak belirlenmiştir. En yüksek serbest asitlik değeri ise US işlemine aittir ve 1.55 ± 0.024 olarak bulunmuştur. Zeytin yağı örneklerinin serbest asitlik değerlerinde kontrole kıyasla MD, US ve çoğu kombine uygulamalarda artışlar olurken MD+US işleminde önemli bir değişiklik olmamıştır. Bu artışların örneklerin hidrolizinden kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

Tamborrino ve ark. (2014) yaptığı çalışmada zeytin hamuruna yoğurucu yerine MD işlemi uygulanmış ve önce MD daha sonra yoğurucu işlemi olmak üzere 3 farklı işlem uygulanarak zeytin yağı elde etmişlerdir. MD uygulaması serbest asitlik değerinde bir değişime neden olmazken, bizim çalışmamızda MD uygulanması ile serbest asitlik değerinde küçük bir artış görülmüştür. Zeytin yağı üretiminde verim artırıcı olarak kullanılan kimyasal ve enzimatik katkı maddelerinin zeytin yağının yağ asidi kompozisyonunu etkilemediği ortaya konulmuştur. Yapılmış olan çalışmalarda zeytin yağının yağ asidi kompozisyonunun sadece zeytin çeşidinden etkilendiği belirtilmiştir (Ranalli, 1997; Ranalli, 2001; Ranalli, 1999). Yağın önemli kalite parametrelerinden biri olan asitliğin, yapılan çalışmalarda yoğurma sırasında eklenen enzim preparatlarından

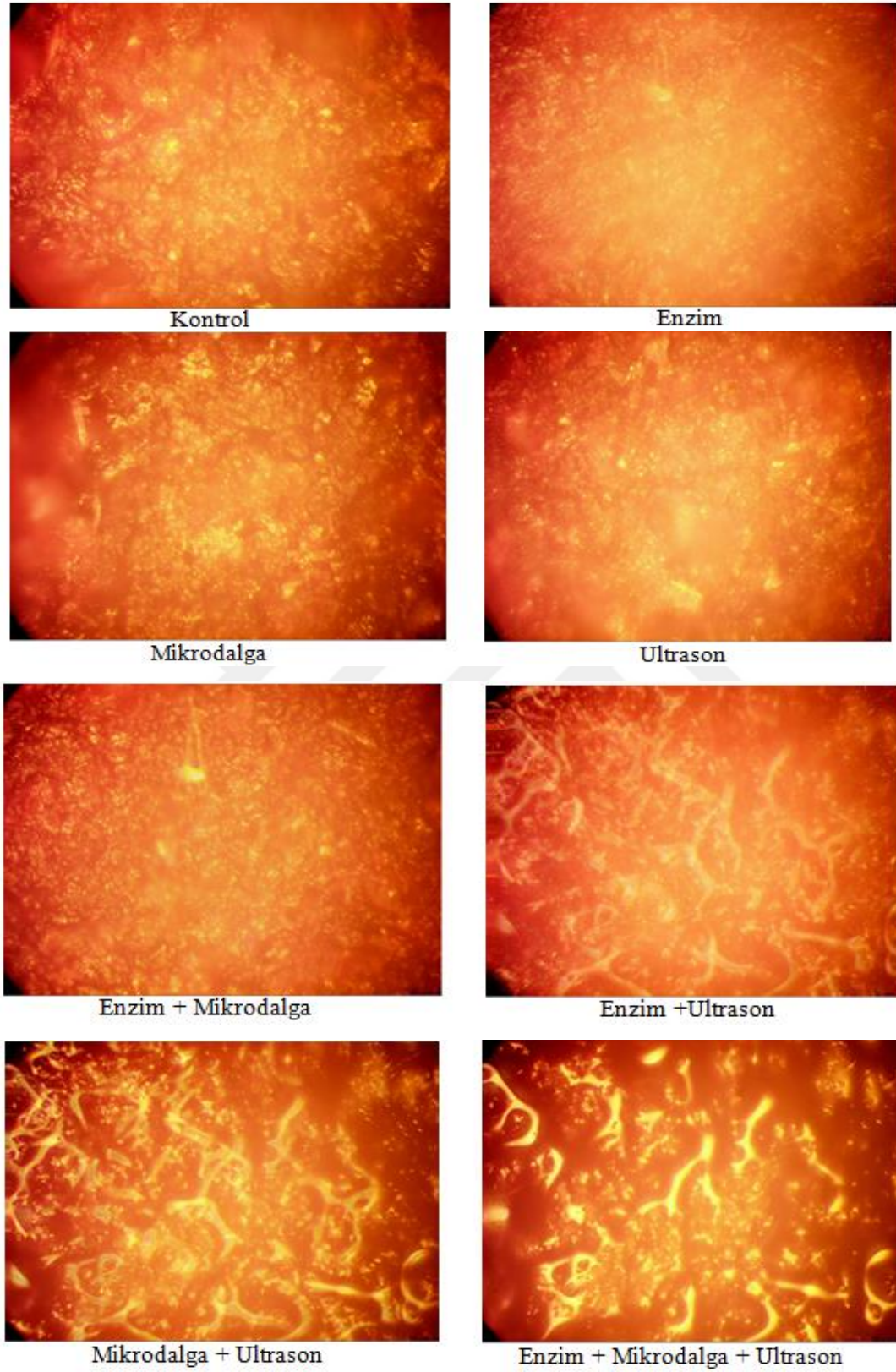
istatistiksel olarak önemli derecede etkilenmediği belirtilmektedir. Serbest yağ asitleri tayini, yağlarda bağlı olmayan yağ asitleri toplamı oleik asit yüzdesi olarak belirtilmektedir. Bu analiz yağların hidrolizi sonucu yağda oluşan ve miktarı artan serbest yağ asitleri, yağların bozulması (acılaşma) hakkında da fikir vermesi açısından önemlidir (Nas, 2001). Jimenez ve ark., (2015) yüksek güçte US uygulamasının serbest asitlik değerini değiştirmedini tespit etmiştir. Clodoveo ve ark.'da (2013a) yaptığı çalışmada serbest asitlik değerlerinin yasal parametrelerin MD ve US uygulamalarından etkilenmediğini belirtmiştir. Zeytin yağı kalite parametrelerinden olan serbest asitlik yardımcı katkı maddesi kullanımından etkilenmemektedir (Köylüoğlu ve ark. 2012).

(Türk Gıda Kodeksi, 2014) Peroksit değeri açısından bakıldığında, bütün örneklerin sonuçlarının tebliğe uygun olduğu görülmüştür. Peroksit sayısının sınır değeri meqaktifoksijen/kg olarak sızma zeytin yağları için 20, riviera zeytin yağları için 15'dir. Sonuçlar incelendiğinde peroksit değerinde kontrol grubu ile MD ve US uygulaması arasında bir fark gözlenmemiş, enzim uygulaması ile artış görülmüştür. En düşük ve en yüksek peroksit değerleri sırasıyla 1.10 ± 0.05 ve 1.80 ± 0.14 meqaktifoksijen/kg olarak bulunmuştur. Çizelge 2'ye göre peroksit değerleri arasında çok fazla değişim görülmemiştir. Kontrol grubuna göre küçük miktardaki bir artış 1.800 ± 0.141 Enzim uygulanmasında görülmüştür. Enzim dışındaki tekli uygulamalarda kontrol grubuna göre önemli bir değişiklik görülmemiştir. Enzim uygulanarak elde edilen zeytin yağının peroksit değerinde olumlu yönde artış olurken, Enzim+MD, MD+US ve Enzim+MD+US uygulamalarında zeytin yağının peroksit değerinde kontrol grubuna göre düşüş tespit edilmiştir. Peroksit değerlerindeki en fazla düşüş Enzim+MD işleminde olmuştur. Tamborrino ve ark., (2014) yaptığı çalışmada MD destekli uygulama cihazı kullanıldığında, peroksit değerlerinde önemli bir farklılık gözlememişlerdir. Özellikle, malaksörde 40dk'da 28°C 'de elde edilen ve 20dk'da 28°C 'de malaksörde elde edilen zeytin ezmesi harcanan zaman ve koşullar altında 28°C 'de kontrol sistemi kullanılarak elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmış ve daha yüksek peroksit değerleri elde etmiştir. Ek olarak, yoğurma süresindeki azalma peroksit sayısında bir azalmaya yol açmıştır. Bu sonuçlar, daha önce Esposto ve ark. (2013), Leone ve ark. (2014) tarafından bildirilen sonuçları doğrulanmıştır. Jimenez ve ark. (2007) yaptığı çalışmada ise yüksek güçlü US'un serbest asitlik ve peroksit değeri gibi yağ kalite parametrelerinde önemli bir etkisi bulunmamıştır. US ve MD işlemleri yoğurma süresini kısaltmaktadır. Yoğurma süresindeki azalmalar zeytin yağındaki kalite parametrelerindeki artışı göstermektedir (Clodoveo ve ark. 2013a).

Clodoveo ve ark.'da (2013a) yaptığı çalışmada peroksit değerlerinde yasal parametrelerin MD ve US uygulamalarından etkilenmediğini belirtmiştir. Ancak, Jimenez ve ark., (2015) Clodoveo ve ark.'nın (2013a) aksine peroksit değerinde küçük bir artışa neden olduğunu tespit etmiştir. Tamborrino ve ark. (2014) inovatif MD uygulamasının zeytin hamurunun hızlı ve hacimsel olarak ısınmasına izin verdiği ve önemli ölçüde su ilave edilmesiyle zeytin ezmesinin sürekli bir akış sağlayarak toplam proses süresinin azalmasına yol açtığını bildirmişlerdir. Geleneksel metot ile karşılaştırıldığında proses süresindeki azalma zeytin yağının daha az oksitlenmesi ve dolayısıyla peroksit değerinde bir azalmayla sonuçlanmış ve böylece zeytin yağının kalitesinin arttığı belirtilmiştir. Ranalli ve ark. (1999)'da zeytin yağı verimini arttırmak için kullanılan enzimlerin, zeytin yağının peroksit değeri üzerine istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olmadığını vurgulamıştır.

4.2. Mikroskopik Görüntülere İlişkin Bulgular

Zeytin ezmelerine uygulanan farklı işlemlerin sonucunda, zeytin hamurlarının mikroskop görüntüsü Şekil 3'te verilmiştir. Zeytin ezmelerindeki mikroskop görüntüsünde tek uygulama ve Enzim+MD uygulamasında oluşan zeytin hamuru daha homojen bir yapı sergilemiştir. Ancak, Enzim+US, MD+US, Enzim+MD+US gibi US'un Enzim ve MD ile birlikte kullanıldığı uygulamalarda zeytin hamuru daha heterojen bir yapı göstermiştir.



Şekil 3. Zeytin hamurunun uygulanan işlemler sonrası mikroskop görüntüleri

4.3. Klorofil, Karotenoid, Fenolik Madde ve Antioksidan Aktiviteye İlişkin Bulgular

Zeytin yağında toplam klorofil ve karotenoid pigmentlerindeki, toplam fenol miktarındaki değişim ve DPPH yöntemine göre belirlenen antioksidan aktivite düzeylerine ait değerlerin uygulanan ön işlemlere göre değişimi Çizelge 3’de verilmiştir.

Çizelge 3. Zeytin hamuruna uygulanan farklı işlemler sonucunda elde edilen zeytin yağlarının toplam klorofil, toplam karoten, toplam fenolik ve DPPH değerleri

Uygulamalar	Toplam klorofil	Toplam karoten	Toplam fenolik (mg/kg)	DPPH (% inhibisyon)
Kontrol	7.170± 0.060*a [†]	5.098± 0.200bc	0.552 ± 0.059a	52.400± 0.887e
Enzim	4.814± 0.027c	5.499 ± 0.049a	0.393 ± 0.061a	90.222± 0.890ab
MD	4.320± 0.010d	4.774 ± 0.045d	0.257 ± 0.039bc	88.443± 3.665bc
US	3.991± 0.030d	4.849 ± 0.040d	0.212 ± 0.056c	78.000± 4.670d
Enzim + MD	4.069± 0.046d	5.220 ± 0.080b	0.306 ± 0.071b	91.183±0.277ab
Enzim + US	6.194± 0.007b	4.521 ± 0.010e	0.217 ± 0.032c	84.667± 3.225c
MD + US	3.994± 0.125d	5.027 ± 0.090c	0.410 ± 0.110a	91.000± 1.890ab
Enzim + MD + US	7.586± 0.041a	5.027 ± 0.080c	0.258 ± 0.082bc	93.667± 0.225a

*ortalama±standart sapma

[†] Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir (P<0.05).

Klorofil temelde hem ürünün görünümünde estetik bir görünüm sağlar hem yağ karanlıkta depolandığında bir antioksidan olarak çalışır. Toplam klorofil miktarı minimum US ve maksimum Enzim+MD+US uygulamalarında sırasıyla 3.99±0.03 ve 7.58±0.04 olarak belirlenmiştir. Toplam klorofil miktarlarında MD ve US uygulamaları ve enzim ilavesi ile düşüş görülürken, MD ve US uygulamalarında enzim uygulamasına göre daha fazla düşüş görünmüştür. Enzim+MD+US uygulanılarak elde edilen zeytin yağının klorofil değeri kontrol grubu ile aynı değerde bulunmuştur. Klorofil değerleri arasında istatistiki olarak MD, US, Enzim+MD ve MD+US uygulamaları ile elde edilen zeytin yağlarında önemli bir fark göstermemektedir.

Jimenez ve ark. (2007) yüksek güçlü US’nin etkisini klorofil ve karotenoid seviyelerinde önemli değişiklikler ile gözlemlemiştir. US uygulanmamış yağa göre karotenoid ve klorofil içeriği daha yüksek yağ elde edilmiştir. Karotenoid değerleri klorofil değerlerine göre daha fazla etkilenmiştir. Zeytin hamuruna Enzim uygulandığında elde edilen yağın karotenoid pigmenti değeri yüksek çıkmıştır. Enzim+MD uygulaması ve kontrol grubunun karotenoid miktarları benzerlik göstermektedir. Toplam karoten miktarında MD ve US uygulamaları ile düşüş gözlenirken enzim uygulaması ile artış

olmuştur. En düşük karotenoid miktarı 4.52 değeri ile Enzim+US uygulamasında görülürken, en yüksek karotenoid miktarı 5.49 değeri ile Enzim uygulamasında görülmektedir. Zeytin hamuruna uygulanan MD+US ve Enzim+MD+US işlemleri ile elde edilen zeytin yağı ile MD ve US işlemleri uygulanılarak elde edilen zeytin yağındaki karotenoid miktarları birbirine benzerlik göstermektedir. Jimenez ve ark. (2015) yaptığı çalışmada US uygulamaları ile fenolik ve acılık azalırken tokoferol, karotenoid ve klorofilin önemli ölçüde yükseldiğini tespit etmişlerdir. Mevcut çalışmada klorofil ve karotenoid miktarlarında azalma gözlenmiştir. US uygulaması zeytin yağı ekstraksiyonu sırasında verimi artırmak için kullanılan enzimlerin zeytin yağının doğal renk bileşimlerini ve kromatik parametrelerini etkilediği bildirilmiştir. Zeytin yağı ekstraksiyonunda enzim kullanımının zeytin yağı renk maddelerinin yağa geçişini artırdığı gözlenmiştir (Ranalli ve ark., 2001, Najafian ve ark., 2009). Köylüoğlu ve ark. (2012) klorofil, karotenoid ve toplam fenolik madde içeriğinin enzim kullanımıyla artmakta olduğunu tespit etmiştir.

Çizelge 3’de verilen toplam fenolik bileşen değerleri 0.212-0.552 mg/kg arasında değişmiştir. US uygulaması örneklerin çoğunun daha az fenolik bileşen içermesine yol açmıştır. Mikodalga uygulanan örneklerde US uygulananlara göre daha yüksek fenolik madde bulunduğu görülmüştür. Zeytin yağının fenolik içeriği ile ilgili araştırmalarda farklı bulgulara rastlanılmıştır. Toplam fenolik madde üzerindeki değişimi kontrol grubuna göre MD ve US uygulamaları farklı derecelerde etkilemiştir. MD ısı işlemleri US uygulamasına göre daha olumlu bir etkide bulunmuştur. MD işlemi kullanılarak, baharatlı ve acı tatlar ile ilişkili fenolik bileşik içeriğinin düştüğü bildirilmiştir. MD destekli uygulama cihazı kullanıldığı zaman, EVOO en düşük fenolik içeriği tespit edilmiştir. 28°C’de 40dk’lık uygulama ile elde edilen yağlar, geleneksel bir ezme uygulaması fenollerin yüksek değerleri ile karakterize edilmiştir. MD uygulaması depolimerleştirici enzimlerin etkisi için gerekli olan sürenin kısılması nedeniyle fenolik bileşiklerin azalmasına neden olmuştur. Ayrıca fenolik bileşikler malaksörde geleneksel koşullar ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmış MD destekli uygulama kullanılarak elde edilen yağlarda daha az miktarda bulunmuştur. Böylece, MD kullanımının bazı tek tip yağların pazarlanabilirliğini artırmak için önemli olabileceği ve yağların baharatlı ve acı tadından sorumlu fenolik bileşiklerin miktarlarını kontrol etmek için geçerli bir araç olabileceği tesbit edilmiştir (Tamborrino 2014).

Toplam fenolik madde içeriğinde MD uygulaması ile küçük bir azalma görülmüş, US uygulaması ile daha fazla düşüş, enzim uygulamasında ise önemli bir fark

görülmemiştir. Zeytin yağının farklı ön işlemlerle elde edilmesi sonucunda toplam fenolik madde miktarı Enzim, MD+US ön uygulamaları kontrol grubu ile benzerlik gösterirken antioksidan özelliği kontrol grubuna göre artmıştır. MD ve Enzim+MD+US uygulamaları ile US, Enzim+US uygulamaları toplam fenolik madde açısından kendi aralarında benzerlik göstermektedir. Hiçbir ön işlem uygulanmadan elde edilen kontrol grubu zeytin yağının fenolik madde değerleri 0.552mgGAE/L olarak saptanmış olup uygulamalar sonucundaki değerler sırasıyla Enzim, MD, US, Enzim+MD, Enzim+US, MD+US, Enzim+MD+US için 0.393, 0.257, 0.212, 0.306, 0.217, 0.410 ve 0.258mgGAE/L olarak belirlenmiştir. Fenolik madde içeriğinde gözlenen maksimum azalma 0.212mgGAE/L değeri ile US işleminde, minimum azalma ise 0.410mgGAE/L değeri ile MD+US uygulamaları sonucunda elde edilmiştir. Toplam fenolik madde açısından Enzim ve MD+US uygulamaları ile kontrol grubu arasında istatistiksel açıdan bir fark bulunmamıştır. Enzim+MD, Enzim+US, Enzim+MD+US uygulamaları ile sırasıyla yaklaşık %44-61-53 değerleri kadar azalma görülmüştür. En fazla kayıp yaklaşık %62 olarak US ve Enzim+US işlemleri sonucu elde edilen zeytin yağı örneklerinde belirlenmiş olup, istatistiksel olarak diğer uygulamalara göre farklılık göstermektedir. Yardımcı katkı maddeleri kullanımının toplam fenolik madde içeriğini artırdığı belirtilmiştir (Köylüoğlu, 2012). Jimenez ve ark. (2015) yüksek güçte US ile zeytin hamurundan elde edilen yağın fenolik içeriğinde ve acılık indeksinde bir azalma gözlemiştir. Zeytin yağının mekanik ekstraksiyonla elde edilişi sırasında kullanılan enzimlerin hücre duvarı üzerine etki ederek zeytin yağının fenolik madde ve polisakkarit miktarlarını önemli derecede arttırdığı bildirilmiştir (Vierhuis, 2001, Otağ, 2002). Ranalli ve ark. (2001) da enzim uygulanmış yağların fenolik miktarının arttığı tespit etmişlerdir. Chemat (2004) ayçiçek yağında yaptığı çalışmada: gıda prosesinde US desteğinin geleneksel yöntemle olası bir alternatif olduğunu, ancak aroma ve bileşenlerin US uygulamasından zarar gördüğünü belirtmiştir.

DPPH radikal tutucu aktivitede bütün uygulamalar ile kontrol grubuna göre artış görülmüştür. DPPH değeri başlangıçta %52.4 olan antioksidan aktivite düzeyi uygulanan ön işlemler sonucunda Enzim, MD, US, Enzim+MD, Enzim+US, MD+US, Enzim+MD+US uygulamalarında sırasıyla %90.2, 88.4, 78.0, 91.2, 84.7, 91.0 ve 93.7 olarak belirlenmiştir. Enzim, Enzim+MD ve MD+US uygulamaları arasında antioksidan kapasitelerinde bir fark görülmemiştir. Goulas ve ark. (2014) farklı ısıl işlem yöntemlerinin ısıtılmış zeytin yağlarının antioksidan özellikleri üzerine etkisini kızartma, fırınlama, kaynatma ve MD ışınlamaya maruz bırakılan zeytin yağlarının fenolik antioksidanları,

çoklu spektrofotometrik analizler yöntemi kullanılarak tahmin edilmiştir. Özellikle, DPPH radikal süpürücü aktivitesinin azalması %7.6 (MD ışımaya) dan %63.4'e (5 saat kızartma) değiştiğini gözlemlemiştir. Termal uygulamalar ekstra sızma zeytin yağı ile karşılaştırıldığında sızma zeytin yağı antioksidan özellikleri daha iyi korunmuştur. Antioksidan analizlerinin karşılaştırılması, ısıtılmış zeytin yağları arasında yalnızca niceliksel farklılıklar göstermiştir. Buna ek olarak, DPPH ve FRAP aktivitesi arasında yakın bir korelasyon bulunmuştur ($r=0.967$).

4.4. Renk Analizine İlişkin Bulgular

Araştırmada zeytin örneklerinden elde edilen zeytin yağlarında tespit edilen renk (L^* , a^* , b^*) değerleri Çizelge 4'de gösterilmiştir. Elde edilen yağlar içerisinde en yüksek L^* değeri Enzim+MD+US işleminde bulunmuştur. Bunu sırasıyla Enzim+US, Enzim+MD, Kontrol, MD, US, MD+US ve Enzim izlemiştir. Enzim, MD, US ve MD+US işlemleri L^* değerinde düşüşe neden olurken, Enzim+MD, Enzim+US ve Enzim+MS+US uygulamalarında artışa neden olmuştur. Zeytin yağının L^* değerleri hiçbir işleme tabi tutulmayan kontrol örneğine göre Enzim+MD ve Enzim+US uygulandığında yağın rengi beyazlaşmaktadır. Enzim+MD+US uygulamasıyla zeytin yağının renginin daha açık olduğu görülmüştür. Zeytin hamuruna uygulanan ön işlemler ile elde edilen zeytin yağının a^* ve b^* değerlerinin istatistikî açıdan önemli bir değişim göstermediği saptanmıştır.

Çizelge 4. Farklı uygulamalar ile renk değerlerinde görülen değişiklikler

Uygulamalar	L^*	a^*	b^*
Kontrol	29.267± 0.404bc	-1.163 ± 0.146	2.883 ± 0.374
Enzim	27.163 ± 0.878d	-0.727 ± 0.303	2.420 ± 0.711
MD	28.310 ± 1.506cd	-0.623 ± 0.386	2.597 ± 0.035
US	27.553 ± 0.595d	-1.257 ± 0.058	3.263 ± 0.659
Enzim + MD	30.110 ± 0.175ab	-0.673 ± 0.303	2.197 ± 0.490
Enzim + US	30.667 ± 0.707ab	-1.170 ± 0.144	3.093 ± 0.698
MD + US	27.167 ± 1.675d	-0.473 ± 1.198	3.093 ± 0.706
Enzim + MD + US	31.267 ± 0.540a	-1.917 ± 0.081	2.667 ± 0.690

*ortalama±standart sapma

† Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistikî olarak birbirinden farklı değildir ($P<0.05$).

4.5. Fenolik Bileşen Dağılımına İlişkin Bulgular

Zeytin yağında ayrıntılı fenolik bileşenler HPLC metodu kullanılarak belirlenmiş ve elde edilen veriler Çizelge 5'te gösterilmiştir.

Uygulamalar sonucunda elde edilen yağlarda sekoiridoid grubuna dahil olan p-HPEA-EA, p-HPEA-EDA, 3,4-DHPEA-EDA, 3,4-DHPEA-EA bileşikler tespit edilmiştir. Kontrol ile karşılaştırıldığında uygulamaların hepsinde p-HPEA-EA ve 3,4-DHPEA-EDA miktarlarında azalma, p-HPEA-EDA ve 3,4-DHPEA-EA miktarlarında ise artış belirlenmiştir. Bu bileşiklerin p-HPEA-EA içeriği kontrole göre yaklaşık 7 kat azalma göstererek 8.53mg/kg değeri ile MD uygulamasında en küçük değerini göstermiştir. Hbaieb ve ark. (2015) p-HPEA-EDA kaybı 4°C ve 20°C'de %18.85 ve 77.54 bulurken, mevcut çalışmada tüm uygulamalar için p-HPEA-EDA bileşiğinde Enzim+MD uygulaması ile en fazla artış (70.13mg/kg) görülmüştür. Aynı zamanda Enzim+US uygulaması sonucunda 3,4-DHPEA-EDA en fazla kaybın görüldüğü bileşik olarak (32.26mg/kg) karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca Enzim, MD, Enzim+MD, Enzim+US ve Enzim+MD+US uygulamaları arasında 3,4-DHPEA-EDA miktarında (32.26-36.78mg/kg) önemli bir farklılık görülmemiştir. MD+US uygulanan örnekler için zeytin yağlarında 3,4-DHPEA-EDA diğer uygulamalara göre daha yüksek miktarda (69.82mg/kg) bulunmuştur. Enzim, Enzim+MD ve Enzim+MD+US uygulamalarıyla elde edilen zeytin yağlarında 3,4-DHPEA-EA konsantrasyonunun diğer işlemlerle kıyaslandığında daha yüksek miktarda bulunduğu (0.31-0.32mg/kg) tespit edilmiştir.

Fenolik alkoller grubuna giren 3,4-DHPEA bileşiğinin en düşük konsantrasyonu (0.86mg/kg) MD+US uygulaması sonucu tespit edilmiştir. Mevcut çalışmada enzim ilavesi ve uygulanan teknolojik işlemler ile 3,4-DHPEA (hidroksitirozol), p-HPEA (tirozol) bileşiklerinde azalma tespit edilmiştir. Yağ numunelerine enzim uygulaması sonucu 3,4-DHPEA'nın değeri 8.36mg/kg ile diğer uygulamalara göre en yüksek seviyede bulunmuştur. Iconomou ve ark. (2010) yaptığı çalışmada enzim ilavesinin zeytin yağında basit fenolik bileşiklerin (3,4-DHPEA, p-HPEA) arttırdığını bildirilmiştir. Mevcut çalışmada hidroksitirozol değişimi Enzim, US uygulaması ve MD, Enzim+US, Enzim+MD+US uygulaması kendi aralarında benzerlik göstermektedir. Tirozol miktarı 2.29-6.05mg/kg aralığında değişirken, tüm uygulamalar arasında istatistiksel bir fark bulunmamıştır.

Çizelge 5. Ekstraksiyonunda uygulanan farklı ön işlemler sonucunda elde edilen zeytin yağlarında belirlenen fenolik bileşenler

	Kontrol	Enzim	Mikrodalga	Ultrason	Enzim+ Mikrodalga	Enzim+ Ultrason	Mikrodalga + Ultrason	Enzim+ Mikrodalga +Ultrason
peak 1	1.34 ± 0.28	4.51 ± 0.79	5.92 ± 0.90	5.73 ± 1.60	5.46 ± 1.47	6.02 ± 1.16	1.12 ± 0.12	3.77 ± 0.54
3,4 DHPEA	21.53 ± 7.68 a	8.36 ± 0.50 b	2.57±0.23 cd	7.36 ± 1.13 b	6.59±0.86 bc	2.51±0.70 cd	0.86 ± 0.10 d	1.99 ± 0.62 cd
3,4 DHPEA türevleri	22.78 ± 5.07 a	1.75 ± 0.56 b	0.90 ± 0.08 b	2.37 ± 0.20 b	2.77 ± 0.39 b	1.06 ± 0.03 b	0.92 ± 0.11 b	1.35 ± 0.40 b
p-hpea	37.05 ± 7.31 a	3.65 ± 0.50 b	3.78 ± 0.41 b	2.29 ± 0.31 b	2.58 ± 0.40 b	3.11 ± 0.46 b	4.59 ± 0.32 b	6.05 ± 0.83 b
peak5	9.35 ± 1.04	6.68 ± 0.42	0.01 ± 0.01	0.02 ± 0.02	0.01 ± 0.01	0.01 ± 0.01	0.03 ± 0.04	2.32 ± 0.48
kaffeik asit	3.31 ± 0.43 a	0.06 ± 0.01 b	0.07 ± 0.02 b	0.07 ± 0.01 b	0.08 ± 0.02 b	0.07 ± 0.01 b	0.18 ± 0.07 b	0.08 ± 0.01 b
vanillik asit	0.70 ± 0.07 b	0.58 ± 0.05 c	0.79 ± 0.08 a	0.26 ± 0.09 e	0.28 ± 0.12 e	0.58 ± 0.09 c	0.78 ± 0.10 a	0.46 ± 0.08 d
homovanillik asit	0.72 ± 0.09 a	0.95 ± 0.16 b	0.64±0.12 cd	0.61 ± 0.15 d	0.68 ± 0.15 bc	0.46 ± 0.13 e	0.42 ± 0.08 e	0.46 ± 0.03 e
vanillin	1.18 ± 0.35 bc	1.39 ± 0.34 b	0.74 ± 0.11 e	0.80 ± 0.06 de	1.04±0.05 bcd	0.85 ± 0.11 e	1.94 ± 0.17 a	0.88 ± 0.06cde
3,4 DHPEA-AC	4.65 ± 0.70 a	1.25 ± 0.41 f	2.66 ± 0.30 b	2.00 ± 0.11 cd	2.35 ± 0.41 bc	1.78 ± 0.72 de	2.72 ± 0.22 b	1.56 ± 0.13 ef
p-kumarik asit	2.54 ± 0.50 a	1.51 ± 0.40 b	0.25 ± 0.05 d	0.30 ± 0.07 d	0.34 ± 0.12 d	0.24 ± 0.05 d	0.34 ± 0.07 d	1.21 ± 0.32 c
3,4-DHPEA-eda	92.36 ± 5.62 a	35.43±5.54 d	33.55 ± 5.00 d	59.36 ± 9.03 c	36.78 ± 0.00 d	32.26±10.48 d	69.82±3.95 b	33.45±10.04 d
luteolin-7-glukozit	0.82 ± 0.07 b	3.64 ± 0.56 a	0.82 ± 0.09 b	0.30 ± 0.03 c	0.36 ± 0.17 c	0.43 ± 0.04 c	0.42 ± 0.08 c	0.38 ± 0.08 c
apigenin-7-glukozit	0.54 ± 0.03 e	0.65 ± 0.14 de	1.43 ± 0.22 a	0.81 ± 0.15 cd	1.40 ± 0.18 a	1.17 ± 0.32 b	0.99±0.11 bc	0.75 ± 0.11 d
p-hpea-EDA	34.29 ± 4.51 d	65.61±6.18 ab	64.35±12.79 ab	48.01 ± 4.85 c	70.13 ± 16.15 a	63.76 ± 4.78 b	45.24±2.59 c	62.01±10.84 ab
verbaskozit	0.39 ± 0.04 a	0.17 ± 0.01 de	0.19 ± 0.06 cd	0.23 ± 0.03 bc	0.19 ± 0.05 de	0.16 ± 0.03 de	0.24 ± 0.07 b	0.15 ± 0.02 e

lignans	3.65 ± 0.54 a	1.65 ± 0.09 c	1.56 ± 0.38 c	1.94 ± 0.00 c	2.00 ± 0.42 c	1.94 ± 0.79 c	2.54 ± 0.20 b	1.82 ± 0.40 c
p-hpea-EA	55.00 ± 7.26 a	9.25 ± 1.56 d	8.53 ± 1.07 d	28.02 ± 0.00 c	27.83 ± 4.32 c	24.37 ± 7.02 c	37.03±2.13 b	11.53 ± 2.78 d
3,4-DHPEA-ea	0.05 ± 0.02 d	0.31 ± 0.05 a	0.21 ± 0.04 bc	0.20 ± 0.01 bc	0.32 ± 0.15 a	0.26 ± 0.03 ab	0.17 ± 0.06 c	0.32 ± 0.06 a
luteolin	6.37 ± 0.52 c	3.86 ± 0.77 d	6.27 ± 0.40 c	7.50 ± 1.16 bc	5.78 ± 0.78 c	3.43 ± 0.79 d	8.65 ± 0.56 b	19.54 ± 3.53 a
apigenin	2.19 ± 0.41 d	15.48 ± 1.88 b	13.40 ± 3.10 b	15.35 ± 3.51 b	19.06 ± 4.01 a	15.68 ± 4.52 b	7.38 ± 0.49 c	15.66±2.67 ab

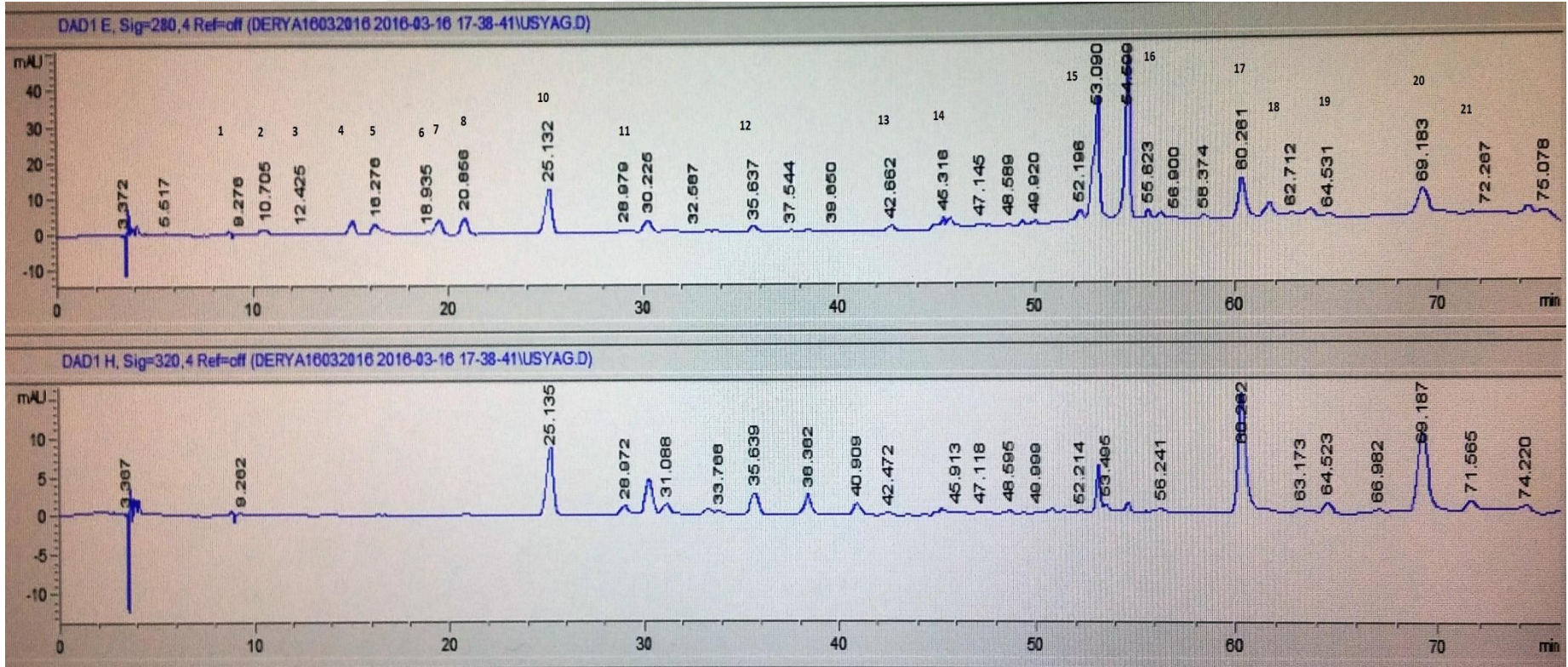
*ortalama±standart sapma

† Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir (P<0.05).

†† 3,4-DHPEA-EDA: elenolik asidin hidroksitirozole bağlı dialdehidik formu, pHPEA-EDA: elenolik asidin tirozole bağlı dialdehidik formu, 3,4-DHPEA-EA: oleuropein aglikonu, p-HPEA-EA: ligstrosit aglikonu.

Fenolik asitlerde çoğunlukla azalma görünürken, MD uygulaması ile vanilik asitte ve enzim uygulaması ile homovanilik asitte az miktarda da olsa artışa bulunmuştur. Kafeik asit ve p-kumarik asit miktarlarında diğer fenolik asitlere göre yüksek oranlarda azalma kaydedilmiştir. Kontrol ile kıyaslandığında p-kumarik asitte yaklaşık %59-90 oranında, kafeik asit miktarında ise yaklaşık %94'ten %98'e kadar önemli oranda bir azalma görülmüştür. Mevcut çalışmadaki uygulamaların hepsi kafeik asit miktarını azaltmıştır, ancak uygulamalar arasında bu azalma açısından istatistiki olarak önemli bir fark bulunmamıştır. Vega-Gálvez ve ark. (2014) Bektaşi üzümü meyve etine (*Cape gooseberry*) 1, 3 ve 5dk'da 300, 400 ve 500MPa yüksek hidrostatik basınç uygulayıp 60 günlük depolama sonrası ORAC (Oksijen Radikal Emilim Kapasitesi) antioksidan kapasitesi, 300MPa/5dk'nin üzerindeki uygulamalar için artmış olup, bu işlemlerin bektaşi üzümü meyve etine dayalı fonksiyonel ürünlerin üretimi için etkinliğini göstermektedir. En yüksek antioksidan kapasite değerleri 500MPa/5dk'da bulunmuştur. Buna benzer domates, havuç, böğürtlen püresi ve portakal suyu ile yapılan daha önceki araştırmalarda ortaya konulmuştur (Patras ve ark., 2009; Polydera ve ark., 2005).

Flavonoidlerle ilgili olarak, apigenin konsantrasyonunda farklı miktarlarda artış gözlenirken, luteolin konsantrasyonunda uygulamalara bağlı olarak farklılıklar göstermektedir. Apigenin miktarındaki maksimum artış (19.06mg/kg) Enzim+MD uygulamasında bulunmuştur. Enzim, MD, US ve Enzim+US uygulamalarının apigenin içeriği üzerinde istatistiki olarak önemli bir etkisi görülmemiştir. Luteolin miktarı kontrol uygulamasında 6.37mg/kg bulunmuştur. Kontrole göre Enzim ve Enzim+US uygulamalarında azalma (sırasıyla 3.86-3.43mg/kg) görülmüştür. Luteolin konsantrasyonundaki en önemli miktardaki artış kontrole göre yaklaşık 3 katı ile (19.54mg/kg) Enzim+MD+US uygulamasında bulunmuştur. Apigenin ve luteolin glikozitleri apigenin ve luteolin'e benzer değişimler göstererek, apigenin-7-glikozit konsantrasyonunda farklı miktarlarda artışlar gözlenirken, luteolin-7-glukozit konsantrasyonunda uygulamalara göre farklılıklar göstermektedir. Dairi ve ark. (2015) ekstra sızma zeytin yağına mersin ekstraktlarının eklenmesi endojen fenolik bileşiklerinden olan flavonoidlerin koruyucu etki gösterdiğini saptamışlardır.



Şekil 4. HPLC analizleri sonucu elde edilen örnek kromotogram (US uygulanmış örnek)

†Zeytin ekstraktının 280nm’de HPLC kromotogram profili. 1, peak 1; 2, hidroksitirozol; 3, hidroksitirozol türevleri; 4, tirozol; 5, peak 5; 6, kafeik asit; 7, vanilik asit; 8, homovanilik asit; 9, vanilin; 10, 3-4 DHPEA-AC; 11, p-kumarik asit; 12, 3-4 DHPEA-EDA; 13, p-hpea-EDA; 14, liganlar; 15, 3-4 DHPEA-EA; 16, verbaskozit; 17, luteolin; 18, p-hpea-EA; 19, luteolin-7-glukozid; , 20, apigenin; 21, apigenin-7-glukozid.

Flavonoid yapılar arasındaki benzerliğe rağmen, biyolojik özellikleri, yapılarında sadece kimyasal değişiklikler önemli ölçüde değişir. Hidroksil gruplarının sayısı ve spesifik pozisyonları ve birbirinin yerine geçen grupların yapısı, flavonoidlerin güçlü antioksidan, anti-enflamatuvar, antiproliferatif veya enzimleri değişime uğratan maddeler olarak işlev görmesinde belirleyicidirler. Fenolik bileşiklerin antioksidan aktivitesi, oksidasyonu başlatan serbest radikallerin nötrleştirilmesinden veya hidrojen verme yeteneklerinden ötürü radikal zincir reaksiyonlarının sona erdirilmesinden kaynaklanabilmektedir. Fenolik bileşiklerin antioksidan aktivitesinin, yapılarıyla yakından ilişkili olduğu, örneğin aromatik halka ve yan zincir yapısında ikameler olduğu bilinmektedir. DPPH'nin radikal merkezine erişimleri de antioksidan gücü etkileyebilir. Fenolik bileşiklerin serbest radikal süpürme aktivitesinin, moleküllerinde fenolik hidrojenin sayısı ve konumundan etkilendiği düşünülmektedir. Resveratrolun diğer fenolik bileşiklere göre yüksek antioksidan aktivitesinin, daha fazla sayıda hidroksil grubu ile ilişkili olduğu da ileri sürülmektedir (Hussein, 2011). Resveratrolün antioksidatif etkisinin OH gruplarının sayısına ve sırasına bağlı olduğunu ve çift bağ konjuge olmasının elektronları daha fazla delokatalize ettiğini göstermiştir (Hussein, 2011).

Doğal bileşiklerin antioksidan aktiviteleri potansiyel olarak hidrojen veren yeteneklerinden ötürü azaltıcı güçleri ile karşılıklı ilişkiler sergilemektedirler (Xiang ve Ning, 2008). Redüktörlerin varlığı Fe^{3+} /ferrisiyanid kompleksini demir formuna çevirir. Fe^{3+} 'in indirgenmesi, fenolik bileşiklerin en önemli antioksidan etki mekanizması olan elektron verici aktivitenin bir göstergesi olarak sıklıkla kullanılır. Numunedeki antioksidanların varlığı, bir elektron vererek Fe^{3+} 'ün Fe^{2+} 'ye dönüşümünü azaltacaktır. Örneğin, zeytin yaprağı ekstraktında toplam fenollerin fazla bulunması, elektronları daha etkin bir şekilde reaktif serbest radikallere indirgemesi ve daha kararlı bileşenler haline getirerek serbest radikal zincir reaksiyonunu sona erdirmesini sağlar. Bununla birlikte, Cyboran ve ark. (2014), fenolik antioksidan aktivitenin ekstrakt içindeki polifenollerin yüzdesine değil, aynı zamanda türlerine de bağlı olduğunu ileri sürmüşlerdir. Fenolik bileşiklerdeki (yani, flavonoidler, oleuropeosidler ve organik asitler) hidroksil gruplar, aktif güçlü bir hidrojen verme kabiliyetine sahiptir ve muhtemelen reaksiyon mekanizmasında gözlemlenen farklılıklardan da sorumludurlar. Buna ek olarak, OLE fenolikleri

arasındaki sinerjik etkileşimler zeytin yaprağı ekstraktının mükemmel antioksidan aktivitesine katkıda bulunmaktadır. IC50, numunedeki DPPH radikallerinin %50'sinin temizlendiği konsantrasyon olup numuneler aşağıdaki gibi sıralanmıştır: Askorbik asit> kuersitin> hidrokstirozol> oleuropein> luteolin \approx kafeik asit> zeytin yaprağı ekstraktı> gallik asit> verbaskozit> protokateşuik asit> on (10) standart karışım > troloks> luteolin-7-glukozid> rutin> vanilik asit> klorojenik asit> p-kumarik asit> apigenin-7- β -D-glukoz \approx zeytin yaprağının bağlı fenolikleri> bütüllemiş hidroksi toluen> tanik asit> zeytin meyvesinin bağlı fenolikleri> vanilin> zeytin meyve ekstraktı> tirozol. Bir kateşin yapısına sahip olan hidrokstirozol, tirozol (kateşin yapısı yok) ile karşılaştırıldığında son derece güçlü bir antioksidan aktiviteye sahiptir. Bu özellik, tirozole hidrojen verici kabiliyetini sağlar ve konjügasyon için bir hidrojen atomu kaybedildiğinde oldukça kararlı bir aromatik halka radikalini oluşturur. Hidrokstirozol profiline sahip olan oleuropein ve verbascoside, yapılarında o-dihidroksi (kateşol) bulundurdukları için yüksek antioksidan aktiviteye sahiptirler. Bu yapısal elementlerin kombinasyonu herhangi bir fenolik bileşiğin antioksidan kapasitesi üzerinde belirleyici etkiye sahiptir. Bununla birlikte, bu kapasite, yukarıda sözü edilen radikallerin her birine aynı etki derecesini göstermez, çünkü farklı etki mekanizmaları gösterirler. Bu mekanizmalar, yukarıda ifade edilenlerden başka yapısal faktörlerden, örneğin polifenol üzerindeki glikozidik kısımların varlığı veya yokluğu, glikosilasyon bölgesi ve serbest ve esterlenmiş hidroksillerin sayısı ve pozisyonundan etkilenir (Xie ve ark., 2015).

Çizelge 6. Fenolik bileşenler ile DPPH değerlerinin korelasyonu

hidroksitirozol (3-4 dhpea)	3,4-dhpea türevleri	tirozol (phpea)	kafeik asit	vanillik asit
-0.75**	-0.77**	-0.72**	-0.76**	-
homovanilik asit	vanillin	3-4 dhpea-ac	p-kumarik asit	3,4-DHPEA- EDA
-	-	-0.62**	-0.47*	-0.66**
luteolin-7-glukozit	apigenin-7- glukozit	p-HPEA-EDA	verbaskozit	lignans
-	0.44*	0.65**	-0.68**	-0.48*
p-HPEA-EA	3,4-DHPEA-EA	luteolin	apigenin	
-0.67**	0.65**	-	0.56**	

5. SONUÇ

% verim, serbest asitlik ve peroksit değeri: Uygulamalar geleneksel yöntem ile karşılaştırıldığında zeytin yağı verimi ile ilgili önemli farklılıklar bulunmuştur. Enzim+US uygulaması verimi olumlu yönde etkilerken, serbest asitlik ve peroksit değerlerinde yükselmeye neden olmuştur. Asitliği Enzim ve MD+US uygulamaları etkilememiştir. MD ve US işlemleri verimi yükseltse bile serbest asitlik ve peroksit değerlerini artırmıştır. Enzim+MD+US işlemi peroksit değeri üzerinde pozitif bir etkiye sahiptir.

Toplam klorofil ve karoten, renk, toplam fenolik madde ve antioksidan içeriği: Enzim+US uygulaması kontrole göre klorofil miktarını düşürürken, karotenoid miktarını daha fazla etkileyerek belirgin bir düşüşe neden olmuştur. MD ve US işlemleri klorofil, karotenoid pigmentleri ve L* parametresinde azalmaya neden olmuştur. Enzim+MD, Enzim+US, Enzim+MD+US işlemleri ile L* değerinde kontrole kıyasla artış görülmüştür. Enzim+MD+US işlemi L* değerini önemli ölçüde artırmıştır. Toplam fenolik bileşen içeriği uygulanan tüm işlemler ile azalma göstermiştir. US ve Enzim+US uygulamaları ise toplam fenolik bileşen açısından diğer uygulamalara göre geride kalmıştır. Enzim ve MD+US değerleri kontrole göre düşük çıkmasına rağmen istatistiki olarak değişiklik olmamıştır. DPPH değerleri tüm uygulamalar ile artış gösterirken en fazla artış Enzim+MD+US işleminde olmuştur. US uygulaması ile DPPH değerinde az miktarda artış görülürken toplam fenol miktarında azalmaya neden olmuştur.

Uygulanan farklı ön işlemler sonucunda elde edilen zeytin yağlarında belirlenen fenolik bileşenler: Uygulamaların tamamı ile 3-4 DHPEA türevleri, p-hpea, kafeik asit ve lignanların miktarı kontrole göre azalmıştır ve istatistiki olarak uygulamalar arasında fark görülmemiştir. Hidroksitirozol, tirozol ve 3,4-DHPEA-EDA belirgin bir düşüş gözlenmiştir. MD+US uygulaması 3-4 DHPEA miktarını kontrol uygulamasına göre en fazla azaltmasına karşın toplam fenolik bileşen açısından kontrol ile benzerlik göstererek yararlı bir uygulama olarak görülmüştür. Enzim uygulaması ile en az düşüş gösteren fenolik asitler vanilik asit ve p-kumarik asittir. Flavonoidlerden apigenin ve luteolin miktarlarındaki maksimum istatistiki artış Enzim+MD+US uygulamasında bulunmuştur.

Ters ışık mikroskobu verileri: Enzim ve US uygulanan zeytin hamuruna ait mikroskop görüntüleri daha bulanık ve diğerlerine kıyasla daha dağılmış şekildedirler ki bu iki uygulama en yüksek yağ verimini sağlayan uygulamalar olmuştur. Ekstraksiyon sırasında bu iki uygulamanın daha sulu bir zeytin hamuru oluşturduğu görülmüştür.

KAYNAKLAR

- Aguilera, C.M., Mesa, M.D., Ramirez-Tortosa, M.C., Nestares, M.T., Ros, E., Gil, A., 2004, Sunflower oil does not protect against LDL oxidation as virgin olive oil does in patients with peripheral vascular disease. *Clinical Nutrition*, 23:673–681.
- Altieri, G., 2010, Comparative trials and an empirical model to assess throughput indices in olive oil extraction by decanter centrifuge. *Journal of Food Engineering*, 97, 46–56.
- Altieri, G., DiRenzo, G.C., Genovese, F., 2013, Horizontal centrifuge with screw conveyor (decanter): optimization of oil/water levels and differential speed during olive oil. *Journal of Food Engineering*, 561-572.
- Amirante, P., Clodoveo, M.L., Dugo, G., Leone, A., Tamborrino, A., 2006, Advance technology in virgin olive oil production from traditional and de-stoned pastes: influence of the introduction of a heat exchanger on oil quality, *Food Chemistry*, 98(4):797–805.
- Amirante, P., Clodoveo, M.L., Tamborrino, A., Leone, A., & Paice, A.G., 2010, Influence of the crushing system: phenol content in virgin olive oil produced from whole and de-stoned pastes. In V. R. Preedy, & R. R. Watson (Eds.), *Olives and olive oil in health and disease prevention* (pp. 69-76). London: Academic Press Ltd., Elsevier Science Ltd.
- Amirante, P., Clodoveo, M.L., Tamborrino, A., Leone, A., 2012, A new designer malaxer to improve thermal exchange enhancing virgin olive oil quality. *Acta Horticulture (ISHS)* 949,455–462.
- Angerosa, F., 2000, Sensory Quality of Olive Oils. In *Handbook of Olive Oil: Analysis and Properties*. Edited by Harwood J, Aparicio R. Gaithenbourg: Aspen Publication, 355–392.
- Angerosa, F., Mostallino, R., Basti, C., Vito, R., 2001, Influence of malaxation temperature and time on the quality of virgin olive oils. *Food Chemistry*, 72,19–28.
- Apetrei, C., 2012, Novel method based on polypyrrole-modified sensors and emulsions for the evaluation of bitterness in extra virgin olive oils. *Food Research International*, 48(2),673–680.
- Artajo, L.S., Romero, M.P. and Motilva, M.J., 2006, Transfer of phenolic compounds during olive oil extraction in relation to ripening stage of the fruit, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86:518-527.
- Baccouri, O., Bendini, A., Cerretani, L., Guerfel, M., Baccouri, B., Lercker, G., Daoud Ben Miled, D., 2008a, Comparative study on volatile compounds from Tunisian and Sicilian monovarietal virgin olive oils. *Food Chemistry*, 111(2):322–8.

- Bartels, P.V., Chemat, F. and Teunissen, P., 1999, Applications of ultrasound in food processing, in: 2nd conference Applications of Power Ultrasound in Physical and Chemical Processing, Toulouse, France.
- Baçoğlu, F., 2006, Yemeklik yağ teknolojileri. Nobel yayın No:956, Fen ve Biyoloji Yayınları dizisi: 33. ISBN 975-591-942-2, 349s. Bursa.
- Bayrak, A. and Kıralan, M., 2008, Sızma zeytinyağı ve kalite faktörleri. Hasat Yayıncılık LTD. ŞTİ. ISBN: 978- 975-8377-65-7, 80s. Ankara.
- Bedbabis, S., Clodoveo, M.L., Rouina, B.B. and Boukhris, M., 2010, Influence of irrigation with moderate saline water on “Chemlali” extra virgin olive oil composition and quality. *Journal of Food Quality*, 33(2), 228–247.
- Bejaoui, M.A., Beltran, G., Sánchez-Ortiz, A., Sánchez, S. and Jimenez, A., 2015, Continuous high power ultrasound treatment before malaxation, a laboratory scale approach: Effect on virgin olive oil quality criteria and yield. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 118, 332-336
- Beltran, G., Aguilera, M.P., Del-Rio, C., Sanchez, S. And Martinez, L., 2005, Influence of fruit ripening on the natural antioxidant content of Hojiblanca virgin olive oils. *Food Chemistry*, 89:207–215.
- Bhat, M.K., 2000, Celluloses and related enzymes in biotechnology. *Biotechnology Advances*, 18:355- 383.
- Boselli, E., Di Lecce, G., Strabbioli, R., Pieralisi, G. and Frega, N.G., 2009, Are virgin olive oil obtained below 27 °C better than those produced at higher temperatures, *LWT-Food Science and Technology*, 42:748-757.
- Boskou, D., 1986, Olive harvesting and olive oil extraction, *Olive Oil Chemistry and Technology*. AOCS Press, 161p, USA.
- Boskou, D., 1996, *Olive Oil: Chemistry and Technology*. Champaign: AOCS Press
- Boskou, D., 2006, *Olive oil chemistry and technology*. AOCS Press, 253 p, USA.
- Brenes, M., García, A., Dobarganes, M.C., Velasco, J. and Romero, C., 2002, Influence of thermal treatments simulating cooking processes on the polyphenol content in virgin olive oil. *Journal of Agricultural and Resource Economics*. 50, 5962–5967.
- Catalano, P., Pipitone, F., Calafatello, A. and Leone, A., 2003, Productive efficiency of decanters with short and variable dynamic pressure cones. *Biosystems Engineering*. 86,459–464.
- Catalano, P., Fucci, F., Giametta, F., Penna, A. and La Fianza, G., 2013, Experimental system and tests to optimize a tomato drying process. *Open Agriculture*. J. 7, 73–79.

- Cerretani, L., Bendini, A., Del Caro, A., Piga, A., Vacca, V., Caboni, M.F. and Gallina Toschi, T., 2006, Preliminary characterisation of virgin olive oils obtained from different cultivars in Sardinia. *European Food Research And Technology*, 222:354–61.
- Cerretani, L., Bendini, A., Rodriguez-Estrada, M.T., Vittadini, E. and Chiavaro, E., 2009, Microwave heating of different commercial categories of olive oil: Part I. Effect on chemical oxidative stability indices and phenolic compounds. *Food Chemistry*, 115,1381–1388.
- Chandrasekaran, S., Ramanathan, S. and Basak, T., 2013, Microwave food processing – A review. *Food Research International*, 52(1),243–261.
- Chemat, F., Grondin, I., Shum Cheong Sing, A. and Smadja, J., 2004, Deterioration of Edible Oils During Food Processing by Ultrasound. *Ultrasonics Sonochemistry*, 11,13-15.
- Cheng, W.M., Raghavan, G.S.V., Ngadi, M. and Wang, N., 2006, Microwave power control strategies on the drying process I. Development and evaluation of new microwave drying system. *Journal of Food Engineering*, 76(2),188–194.
- Chiacchierini, E., Mele, G., Restuccia, D. and Vinci, G., 2007, Impact evaluation of innovative and sustainable extraction technologies on olive oil quality. *Trends in Food Science & Technology*, 18,299-305.
- Cicerale, S., Lucas, L.J. and Keast, R.S., 2012, Antimicrobial, antioxidant and antiinflammatory phenolic activities in extra virgin olive oil. *Current Opinion In Biotechnology*, 23:129–135.
- 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
- Clodoveo, M.L. and Hbaieb, R.H., 2013a, Beyond the traditional virgin olive oil extraction systems: searching innovative and sustainable plant engineering solutions. *Food Research International*, 54,1926-1933.
- Clodoveo, M.L., Durante, V. and La Notte, D., 2013b, Working Towards the Development of Innovative Ultrasound Equipment for the Extraction Of Virgin Olive Oil. *Ultrasonic Sonochemistry*, 20,1261-1270.
- Clodoveo, M.L., 2013c, An overview of emerging techniques in virgin olive oil extraction process: strategies in the development of innovative plants. *Journal of Agricultural Engineering*, 44:297-305.
- Clodoveo, M.L., 2013d, New advances in the development of innovative virgin olive oil extraction plants: looking back to see the future. *Food Research International*, 54:726-729.

- Clodoveo, M.L., Durante, V., La Notte, D., Punzi, R. and Gambacorta, G., 2013e, Ultrasound-assisted extraction of virgin olive oil to improve the process efficiency. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 115:1062-1069.
- Clodoveo, M.L., Hbaieb, R.H., Kotti, F., Mugnozza, G.S. and Gargouri., 2014, Mechanical Strategies to Increase Nutritional and Sensory Quality of Virgin Olive Oil by Modulating the Endogenous Enzyme Activities. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. Vol.13.
- Cocci, E., Sacchetti, G., Vallicelli, M., Angioloni, A. and Dalla Rosa, M., 2008, Spaghetti cooking by microwave oven: cooking kinetics and product quality. *Journal of Food Engineering*, 85(4),537–546.
- Cyboran, S., Bonarska-Kujawa, D., Pruchnik, H., Z' yłka, R., Oszmian' skib, J. and Kleszczyn' ska, H., 2014, Phenolic content and biological activity of extracts of blackcurrant fruit and leaves. *Food Research International*, 65:47–58.
- Çevik, C.Y., 2015, Zeytin ve Zeytin Ürünlerinin Bazı Makro ve Mikro İnorganik Bileşenlerinin Analizi. Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilimdalı, Yüksek Lisans Tezi, 73s. Aydın.
- Dairi, S., Galeano-Díaz, T., Acedo-Valenzuela, M.I., Godoy-Caballero, M.P., Dahmoune, F., Remini, H. and Madani, K., 2015, Monitoring oxidative stability and phenolic compounds composition of myrtle-enriched extra virgin olive during heating treatment by flame, oven and microwave using reversed phase dispersiveliquid–liquid microextraction (RP-DLLME)-HPLC-DAD-FLD method. *Industrial Crops and Products*, 65:303–314.
- De Faveri, D., Aliakbarian, B., Avogardo, M., Perego, P. and Converti, A., 2008, Improvement of olive oil phenolics content by means of enzyme formulation: Effect of different enzyme activities and levels. *Biochemical Engineering Journal* 41, 149-156.
- Del Nobile, M.A., Bove, S., La Notte, E. and Sacchi, R., 2003, Influence of packaging geometry and material properties on the oxidation kinetics of bottled virgin olive oil., 57:189-197.
- Di Giovacchino, L., Costantini, N., Serraiocco, A., Surricchio, G. and Basti, C., 2001, Natural antioxidants and volatile compounds of virgin olive oils obtained by two or three-phases centrifugal decanters. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 103(5),279–285.
- DiGiovacchino L., Sestili S. and DiVincenzo D., 2002, Influence of olive processing on virgin olive oil quality. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 104,587-601.
- Dugo, G., Pellicano, T.M., Pera, L.L., Turco, V.L., Tamborrino, A. and Clodoveo, M.L., 2007, Determination of inorganic anions in commercial seed oils and in virgin olive oils produced from de-stoned olives and traditional extraction

- methods, using suppressed ion Exchange chromatograph (IEC). *Food Chemistry*, 102 (3):599-605.
- El, S.N. and Karakaya, S., 2009, Olive tree (*Olea europaea*) leaves: potential beneficial effects on human health. *Nutrition Reviews*, 67:632–638.
- Esposito, S., Veneziani, G., Taticchi, A., Selvaggini, R., Urbani, S., Di Maio, I., Sordini, B., Minnocci, A., Sebastiani, L. and Servili, M., 2013, Flash thermal conditioning of olive pastes during the olive oil mechanical extraction process: impact on the structural modifications of pastes and oil quality. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61:4953-4960.
- European Union Commission Regulation EEC 2568/91 on the characteristics of olive oil and olive pomace and their analytical methods. *Official European Commission*. L248, 1991.
- European Union Commission Regulation. (EEC) No 1924/2006 of 20 December 2006 on nutrition and health claims made on foods. *Official European Commission Journal*, L404, 9–25.
- Feng, H., Barbosa Canovas, G.V. and Weiss, J., 2001, Ultrasound Technologies for Food and Bioprocessing, *Springer Publishing*, NY, New York.
- Fiori, F., Di Lecce, G., Boselli, E., Pieralisi, G. and Frega, G.N., 2014, Effects of olive paste fast preheating on the quality of extra virgin olive oil during storage, *LWT – Food Science And Technology International*, 58:511-518
- Galante, Y. M., De Conti, A. and Monteverdi, R., 1998, Application of Trichoderma enzymes in food and feed industries. In G. F. Harman, & C. P. Kubicek (Eds.), *Trichoderma & Gliocladium e Enzymes, biological control and commercial applications*, Vol. 2 (pp. 327e342). London: Taylor & Francis.
- Galanakis, C.M., 2012, Recovery of high added-value components from food wastes: Conventional, emerging technologies and commercialized applications. *Trends in Food Science & Technology*, 26(2), 68–87.
- Gambacorta, G., Faccia, M., Previtali, M.A., Pati, S., La Notte, E. and Baiano, A., 2010, Effects of olive maturation and stoning on quality indices and antioxidant content of extra virgin oils (cv. Coratina) during storage, *Journal Of Food Science*, 75 (3):229-235.
- García, A., Brenes, M., Moyano, M.J., Alba, J., García, P. and Garrido. A., 2001, Improvement of phenolic compound content in virgin olive oils by using enzymes during malaxation. *Journal of Food Engineering*, 48, 189-194.
- García-González, D.L., Aparicio-Ruiz, R. and Aparicio, R., 2008, Virgin olive oil – chemical implications on quality and health. *European Journal Of Lipid Science And Technology*, 110:602–607.

- Ghodsvali, A., Khodaparast, H., Hosein, M., Diosady, Levente, L., 2008, Aqueous extraction of virgin olive oil using industrial enzymes. 18th National Congress on Food Technology, Department of Agricultural Engineering, Golestan Agricultural and Resources Research Center, Gorgan, Iran.
- Gila, A., Jimenez, A., Beltran, G. and Romero, A., 2014, Correlation of fatty acid composition of virgin olive oil with thermal and physical properties. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 177(3), 366-376.
- G´omez-Rico, A., Fregapane, G. and Salvador, M.D., 2008, Effect of cultivar and ripening on minor components in Spanish olive fruits and their corresponding virgin olive oils. *Food Research International*, 41(4):433–40.
- Goulas, V., Orpehamides, A., Pelava, E. and Gekas, V., 2014, Impact of thermal processing methods on polyphenols and antioxidant activity of olive oil polar fraction, *Journal of Food Processing Preservation*, ISSN 1745-4549
- Göğüş, F., Özkaya, M. T. and Ötleş, S., 2009, Zeytinyağı. Eflatun Yayınevi, Genel Yayın Numarası: 6, Sertifika Numarası: 12131, ISBN: 978-605-4160-04-4, 1. Basım, Ocak 2009, 273s. Ankara.
- Harper, C.R., Edwards, M.C. and Jacobson, T.A., 2006, Flaxseed oil supplementation does not affect plasma lipoprotein concentration or particle size in human subjects. *Journal Of Nutrition*, 136:2844–2848.
- Hbaieb, R.H., Kotti, F., García-Rodríguez, R., Gargouri, M., Sanz, C., G. Pérez, A., 2015, Monitoring endogenous enzymes during olive fruit ripening and storage: Correlation with virgin olive oil phenolic profiles. *Food Chemistry*, 174:240-247.
- Huang, C. and Sumpio, B., 2008, Olive oil, the mediterranean diet, and cardiovascular health. *Journal Of The American College Of Surgeons*, 207:407–416.
- Hussein, M., 2011, A Convenient Mechanism for the Free Radical Scavenging Activity of Resveratrol, *International Journal of Phytomedicine*, 3:459-469
- Iconomou, D., Stefanoudaki, E., Koutsaftakis, A., Arapoglou, D. and Israilides, K., 2005, 9. Effect of endogenous enzymes during ripening on qualitative characteristic of Koroneiki and Megaritiki olive oil cv's. Proceedings of the 1st International Symposium, on the Olive Tree and the Environment 388-394. Chania, Greece, 1-3 October 2003.
- Iconomou, D., Arapoglou, D. and Israilides, C., 2010, Improvement of phenolic antioxidants and quality characteristics of virgin olive oil with the addition of enzymes and nitrogen during olive paste processing. *Grasas Y Aceites*, 61(3):303-311
- Inarejos-García, A., Gómez-Rico, A., Salvador, M. D. and Fregapane, G., 2009, Influence of malaxation conditions on virgin olive oil yield, overall quality and composition. *European Food Research and Technology*, 228:671-677.

- Inarejos García, A. M., GómezAlonso, S., Fregapane, G. and Salvador, M. D. 2013, Evaluation of minor components, sensory characteristics and quality of virgin olive oil by near infrared (NIR) spectroscopy. *Food Research International*, 50(1), 250–258.
- Jimenez, A., Beltran, G., Uceda, M. and Aguilera, M.P., 2006, Empleo de ultrasonidos de potencia en el proceso de elaboracion delaceite de oliva virgen. Resultados a nivel de planta de laboratorio. *Grasas Aceites*, 2006, 57, 253–259.
- Jimenez, A., Beltran, G. and Uceda, M., 2007, High-Pover Ultrasound in Olive Pasta Pretreatment. Effect on process yield and virgin olive oil characteristic. *Ultrasonics Sonochemistry*, 14:725-731.
- Jimenez, A., Bejaoui, M. A., Beltran, G., Ortiz, A. S., S. Sebastian., 2015, Continuous high power ultrasound treatment before malaxation, a laboratory scale approach: Effect on virgin olive oil quality criteria and yield. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 2015, 117, 0000–0000.
- Kalantzakís, G., Blekas, G., Pegklidou, K. and Boskou, D., 2006, Stability and radical-scavenging activity of heated olive oil and other vegetable oils. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 108, 329–335.
- Kalua, C.M., Bedgood, D.R., Bishop, A.G. and Prenzler, P.D., 2006, Changes in volatile and phenolic compounds with malaxation time and temperature during virgin olive oil production. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54:7641-7651.
- Kayahan, M. ve Tekin, A. 2006, Zeytinyağı Üretim Teknolojisi. TMMOB Gıda Mühendisleri Odası, 198, Ankara.
- Keçeli, T., 2008, Türkiye 10. Gıda Kongresi; 21-23 Mayıs, Erzurum, s.265.
- Kesen, S.T., 2000, Improving olive oil yield and quality parameters by using Olivex. Food Engineering Universty of Gaziantep, A Master's Thesis, 68s. Gaziantep
- Kıralan, M., Yorulmaz, A., Ercoşkun, H. ve Sağırkaya, M., 2005, Sızma zeytinyağının fenolik bileşiklerine ve oksidasyon stabilitesine işleme aşamalarının etkileri. *Gıda mühendisliği*, 19: 817-818.
- Kıralan, M., Yorulmaz, A. ve Tekin, A., 2006a, Sızma zeytin yağı kalitesi üzerine kırma ve yoğurma aşamalarının etkileri. Türkiye 9. Gıda Kongresi; 24-26 Mayıs 2006, 80s. Bolu.
- Knorr, D., Froehling, A., Jaeger, H., Reineke, K., Schlueter, O. and Schoessler, K., 2011, Emerging technologies in food processing. *Annual Review of Food Science and Technology*, 2, 203–235.
- Köylüoğlu, F. ve Özkan G., 2012, Yardımcı Katkı Maddeleri Kullanımının Zeytinyağı Verim ve Kalite Parametreleri Üzerine Etkisi. *Electronic Journal of Food Technologies*, 7, 3, 32-45.

- Li, H., Pordesimo, L. O. and Weiss, J., 2004, Wilhelm high intensity ultrasound assisted extraction of oil from soybeans. *Food Research International*, 37, 731–738.
- Leone, A., Romaniello, R., Zagaria, R. and Tamborrino, A., 2014a, Development of a prototype malaxer to investigate the influence of oxygen on extra-virgin olive oil quality and yield, to define a new design of machine. *Biosystems Engineering*. 118,95–104.
- Leone, A., Tamborrino, A., Romaniello, R., Zagaria, R. and Sabella, E., 2014b, Specification and implementation of a continuous microwave-assisted system for paste malaxation in an olive oil extraction plant. *Biosystems Engineering*. 125,24–35. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2014.06.017>
- Leone A., Tamborrino A., Zagaria R., Sabella E. and Romaniello R., 2015, Plant innovation in the olive oil extraction process: A comparison of efficiency and energy consumption between microwave treatment and traditional malaxation of olive pastes. *Journal of Food Engineering*, 146, 44–52.
- Leonelli, C., Veronesi, P., Denti, L., Gatto, A. and Iuliano, L., 2008, Microwave assisted sintering of green metal parts. *Journal Of Materials Processing Technology*, 205(1), 489-496.
- Ma, Y., Ye, X., Hao, Y., Xu, G., Xu, G. and Liu, D., 2008, Ultrasound assisted extraction of hesperidin from Penggan (*Citrus reticulata*) peel. *Ultrasonics Sonochemistry*, 15(3), 227-232.
- Malheiro, R., Casal, S., Ramalhosa, E. and Pereira, J. A., 2011, Microwave heating: A time saving technology or a way to induce vegetable oils oxidation? In S. Grundas (Ed.), *Advances in induction and microwave heating of mineral and organic materials* (pp. 597–614). Rijeka, Croatia: In Tech.
- Mandal, V., Mohan, Y. and Hemalatha, S., 2007, Microwave assisted extraction—an innovative and promising extraction tool for medicinal plant research. *Pharmacognosy Reviews*, 1(1), 7-18.
- Manna, C., Galletti, P., Cucciolla, V., Montedoro, GF. and Zappia, V., 1999, "Olive oil hydroxytyrosol protects human erythrocytes against oxidative damages", *Journal of Nutritional Biochemistry*, 10, 159–65.
- Martínez, J.M., E. Muñoz, J. Alba, and A. Lanzón., 1975, Informe sobre la utilización del analizador de rendimientos Abencor. *Grasas y Aceites*, 26:379–385.
- Martín-Peláez, S., Covas, M.I., Fitó, M., Kušar, A. and Pravst, I., 2013, Health effects of olive oil polyphenols: recent advances and possibilities for the use of health claims. *Molecular Nutrition & Food Research*, 57(5):760–771.

- Milan-Linares, H., Alba Mendoza, J., Moyano Pérez, J. and Oliver Jackfish, B., 2006, Influences of using enzymatic complexes in the second centrifugation of olive paste. *Grasas y Aceites*, 57, 301-307.
- Minguez, M. I., Rejano, J., Gandul, B., Hinginio. A., Garrido, 1991, *Journal Of The American Oil Chemists' Society*, 68:332
- Montedoro, G. F., Servili, M., Baldioli, M. and Miniati, E., 1992, "Simple and Hydrolysable Phenolic Compounds in Virgin Olive Oil, 1. Their Extraction, Separation, Quantitative and Semi Quantitative evaluation by HPLC", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40, 1571-1576.
- Montedoro, G., Baldioli, M., Selvaggini, R., Begliomini, A. L. and Taticchi, A., 2002, Relationship between Phenolic Compounds of Olive Fruit and Olive Oil: Importance of The Endogenous Enzymes, *Acta Horticulturae*, 586, 551-556.
- Morales, M.T., Angerosa, F. and Aparicio, R., 1999, Effect of the extraction conditions of virgin olive oil on the lipoxygenase cascade: chemical and sensory implications. *Grasas y Aceites*, 50:114-121.
- Morello, E., C.Solustri and C.Frogli., 2004, The alien bivalve *Anadara demiri* (Arcidae): a new invader of the Adriatic Sea, Italy. *Journal of The Marine Biological Association of The United Kingdom*, 84: 1057-1064.
- Morello, J.R., Motilva, M.J., Tovar, M.J. and Romero, M.P., 2004a, Changes in commercial virgin olive oil (cv. *Arbequina*) during storage, with special emphasis on the phenolic fraction. *Food Chemistry*, 85:357-364.
- Najafian, L., Ghodsivali ,A., Haddad-Khodaparast, M. H. and Diosady, L. L., 2009, Aqueous extraction of virgin olive oil using industrial enzymes. *Food Research International*, 42: 171-175.
- Nas, S., Gökalp, H. Y. and Ünsal, M., 2001, Bitkisel yağ teknolojisi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Ders Kitapları Yayınları, No: 005, 329s. Denizli.
- Obergföll, H.M., 2006, The use of enzymes in the extraction of olive oil. <http://www.johnlibbeyeurotext.fr/fr/revues/medecine/mtp/edocs/00/03/35/A9/article.html?fichier=images.htm>. Erişim Tarihi: 05.02.2011.
- Omar, S.H., 2010, Oleuropein in olive and its pharmacological effects. *Scientia Pharmaceutica*, 78:133-154.
- Omar, S.H., 2010a, Cardioprotective and neuroprotective roles of oleuropein in olive. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 18(3):111-121.
- Otağ, M.A., 2002, Zeytinyağı üretiminde verim artırıcı maddelerin kullanımı ve bu maddelerin zeytinyağı kalitesi üzerine etkileri. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 67s. İzmir.

- Parenti, A., Spugnoli, P. and Cardini, D., 2000, Gramolazione e qualità dell'olio di oliva. *Rivista Italiana Sostanze Grasse*, 77:61-64.
- Patras, A., Brunton, N., Da Pieve, S. and Butler, F., 2009, Impact of high pressure processing on total antioxidant activity, phenolic, ascorbic acid, anthocyanin content and colour of strawberry and blackberry purées. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 10, 308-313.
- Polydera, A. C., Stoforos, N. G. and Taoukis, P. S. 2005, Effect of high hydrostatic pressure treatment on post processing antioxidant activity of fresh Navel orange juice. *Food Chemistry*, 91(3), 495-503.
- Ranalli, A. and Serraiocco, A., 1995, Effect induced by a pectolytic adjuvant in olive oil extraction by the present technological systems. Pluriannual research results. *Rivista Italiana delle Sostanze Grasse*, 72, 355-364.
- Ranalli, A. and Angerosa, F., 1996, Integral centrifuges for olive oil extraction. The qualitative characteristics of products. *Journal of The American Oil Chemists' Society*, 73 (4), 417-422.
- Ranalli, A. and Serraiocco A., 1996, Quantitative and qualitative effects of a pectolytic enzyme in olive oil production. *Grasas y Aceites*, 47, 227-236.
- Ranalli, A. and Mattia, G.D., 1997, Characterization of olive oil produced with a new enzyme processing aid. *Journal of the American Oil Chemist' Society*, 74 (9): 1105-1113.
- Ranalli, A., Sgaramella, A. and Surricchio, G., 1999, The New "Cytolase 0" enzyme processing aid improves quality and yields of virgin olive oil. *Food Chemistry*, 66: 443- 454.
- Ranalli, A., Malfatti, A. and Cabras, P., 2001, Composition and quality of pressed virgin olive oils extracted with a new enzyme processing aid. *Journal of Food Science*, 66 (2), 592-603.
- Ranalli, A., Contento, S., Schiavone, C. and Simone, N., 2001b, Malaxing temperature affects volatile and phenol composition as well as other analytical features of virgin olive oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 103:228-238.
- Ranalli, A., Malfatti, A., Pollastri, L., Contento, S. and Lucera, L., 2003a, Analytical quality and genuineness of enzyme-extracted virgin olive oil. *Journal of Food Quality*, 26: 149-164.
- Ranalli, A., Gomes, T., Delcuratolo, D., Contento, S. and Lucera, L., 2003b, Improving virgin olive oil quality by means of innovative extracting biotechnologies. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 51, 2597e2602.
- Roginsky, V. and Lissi, E.A., 2005, "Review of methods to determine chain-breaking antioxidant activity in food", *Food Chemistry*, 92:235-254.

- Romero-Segura, C., García-Rodríguez, R., Sanz, C. and Pérez A.G., 2010, Virgin olive phenolic profile as a result of the anabolic and catabolic enzymes status in the olive fruit. In: XXVIII International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People (IHC2010): Olive Trends Symposium 924:379–84.
- Romero-Segura, C., García Rodríguez, R., Sánchez Ortiz, A., Sanz, C. and Pérez, A. G., 2012, The role of olive β -glucosidase in shaping the phenolic profile of virgin olive oil. *Food Research International*, 45(1), 191–196.
- Ryan, D. and Robards, K., 1998, Critical review. Phenolic compounds in olives. *Analyst* 123(5):31R–44R.
- Salvi, D., Ortego, J., Arauz, C., Sabliov, C.M. and Boldor, D., 2009, Experimental study of the effect of dielectric and physical properties on temperature distribution in fluids during continuous flow microwave heating. *Journal of Food Engineering*, 93 (2), 149–157.
- Saraiva, J.A., Nunes, C.S. and Coimbra, M.A., 2007, Purification and characterization of olive (*Olea europaea* L.) peroxidase e evidence for the occurrence of a pectinbinding peroxidase. *Food Chemistry*, 101:1571-1579.
- Schiffmann, R.F., 2010, Industrial microwave heating of food: principles and three case studies of its commercialization. In: Doona, Christopher J., Kustin, Kenneth, Feeherry, Florence E. (Eds.), Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. Woodhead Publishing, Case Studies in Novel Food Processing Technologies, pp. 407–426, ISBN 9781845695514.
- Seixas, F.L., Fukuda, D.L., Turbiani, F.R.B., Garcia, P.S., Petkowicz, C.L., Jagadevan, S. and Gimenes, M.L., 2014, Extraction of pectin from passion fruit peel (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) by microwave-induced heating. *Food Hydrocolloids* 38, 186–192.
- Servili, M., Begliomini, A. L. and Montedoro., G., 1992, Utilisation of a yeast pectinase in olive oil extraction and red wine making processes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 58: 253-260.
- Servili, M. and Montedoro, G., 2002, Contribution of phenolic compounds to virgin olive oil quality. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 104:602-613.
- Servili, M.,Piacquadio, P., De Stefano, G., Taticchi, A. and Sciancalepore, V., 2002, Influence of a new crushing technique on the composition of the volatile compounds and related sensory quality of virgin olive oil, *European Journal of Lipid Science and Technology*,104: 483-489.
- Servili, M., Selvaggini, R., Taticchi, A., Esposto, S. and Montedoro, G.F., 2003, Air exposure time of olive pastes during the extraction process and phenolic and volatile composition of virgin olive oil, *Journal of The American Oil Chemists' Society*, 80 (7) (2003) 685–695.

- Servili, M., Selvaggini, R., Taticchi, A., Esposto, S. and Montedoro, G. F., 2003b, Volatile compounds and phenolic composition of virgin olive oil: optimization of temperature and time exposure of olive pastes to air contact during the mechanical extraction process. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51:7980-7988.
- Servili, M., Selvaggini, R., Esposto, S., Taticchi, A., Montedoro, G.F. and Morozzi, G., 2004, Health and sensory properties of virgin olive oil hydrophilicphenols: agronomic and technological aspects of production that affect their occurrence in the oil, *Journal of Chromatography A*, (1054): 113-127.
- Servili, M., Taticchi, A., Esposto, S., Urbani, S., Selvaggini, R. and Montedoro, G., 2008, Influence of the decrease in oxygen during malaxation of olive paste on the composition of volatiles and phenolic compounds in virgin olive oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56:10048–10055.
- Servili, M., Esposto, S., Fabiani, R., Urbani, S., Taticchi, A., Mariucci, F., Selvaggini, R. and Montedoro, G.F., 2009b, Phenolic compounds in olive oil: antioxidant, health and organoleptic activities according to their chemical structure, *Inflammopharmacology*, 17 (2) 76–84.
- Sezer, Ö. and Kırmanlı, N.A., 1999, Kanada zeytinyağı pazar araştırması. İstanbul Ticaret Odası, Mega Ajans, 75, 150s. İstanbul.
- Singh, P. and Heldman, D.R., 2014, Heat transfer in food processing. In: Paul Singh, R., Heldman, Dennis R. (Eds.), *Food Science and Technology*, . fifth ed., Introduction to Food Engineering fifth ed. Academic Press, San Diego, pp. 265–419, Chapter 4, ISBN 9780123985309.
- Singleton, V.L. and Rossi J.A., 1965, Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic – phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16, 144-158.
- Sofi, F., Macchi, C., Abbate, R., Gensini, G.F. and Casini, A., 2013, Mediterranean diet and health. *Biofactors*, 39(4):335–342.
- Tamborrino, A., 2014a, Olive paste malaxation. In: Peri, Claudio (Ed.), *The Extra-Virgin Olive Oil Handbook*. John Wiley & Sons Ltd., UK, pp. 127–138.
- Tamborrino A., Romaniello R., Zagaria R. and Leone A., 2014b, Microwave-assisted treatment for continuous olive paste conditioning: Impact on olive oil quality and yield. *Biosystems Engineering*, 127, 92-102.
- Taticchi, A., Esposto, S., Veneziani, G., Urbani, S., Selvaggini, R. and Servili, M., 2013, The influence of the malaxation temperature on the activity of PPO and POD and on the phenolic composition of virgin olive oil. *Food Chemistry*, 136:975-983.
- Torres, M., Martínez, M., Pierantozzi, P., Albanese, M., Nasjleti, A. and Maestri, D., 2011, Contribution of compositional parameters to the oxidative stability of olive

- and walnut oil blends, *Journal of The American Oil Chemists' Society*, 88 (6) (2011) 755–762.
- Tripoli, E., Giammanco, M., Tabacchi, G., Di Majo, D., Giammanco, S. and La Guardia, M., 2005, The phenolic compounds of olive oil: structure, biological activity and beneficial effects on human health. *Nutrition Research Reviews*, 18:98–112.
- Tsimidou, M.Z., in: R. Aparicio and J. Harwood (Eds.), 2013, Handbook of Olive Oil, 2nd Edn., *Springer*, New York, pp. 311–333.
- Tura, D., Gigliotti, C., Pedo, S., Failla, O., Bassi, D. and Serraiocco, A., 2007, Influence of cultivar and site of cultivation on levels of lipophilic and hydrophilic antioxidants in virgin olive oils (*Olea europaea* L) and correlations with oxidative stability. *Scientia Horticulturae*, 112:108–19.
- Türk Gıda Kodeksi Zeytinyağı Ve Pirina Yağı Numune Alma Ve Analiz Metotları Tebliği. TEBLİĞ NO:2014/Taslak.
- Uceda, M., Jime'nez, A. and Beltra'n, G., 2006, *Grasas Aceites*, Vol 57, No 1, Mengibar, Jaén. Spain.
- Ünal, M.U., Tas, C. and Sener, A., 2011, Determination of biochemical properties of polyphenol oxidase from domat olives. *Academic Food Journal GIDA*, 36:185-192.
- Vega-Gálvez, A., López, J., Torres-Ossandón, M.J., Galotto, M.J., Puente-Díaz, L., Quispe-Fuentes, I. and Di Scala, K., 2014, High hydrostatic pressure effect on chemical composition, color, phenolic acids and antioxidant capacity of Cape gooseberry pulp (*Physalis peruviana* L.). *LWT - Food Science and Technology*, 58:519-526.
- Vierhuis, E., Servilli, M., Baldioli, M., Scholsm, H.A., Voragen, A.G.J. and Montedoro, G., 2001, Effect of Enzyme Treatment During Mechanical Extraction of Olive Oil on Phenolic Compounds and Polysaccharides. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49: 1218- 1223.
- Vinha, A., F., Ferreres, F., Silva, B. M., Valentao, P., Gonçalves, A., Pereira, J.A., Oliveria, M.B., Seabre, R.M. and Andrade, P.B., 2005, Phenolic Profiles of Portuguese Olive Fruits (*Olea europaea* L.): Influence of Cultivar and Geographical Origin. *Food Chemistry*, 89 (4): 561–568.
- Visioli, F., Poli, A. and Galli, C., 2002, "Antioxidant and Other Biological Activities of Phenols from Olives and Olive Oil", *Medicinal Research Reviews*, 22, 65–75.
- Visioli, F. and Bernardini, E., 2011, Extra virgin olive oil's polyphenols: biological activities. *Current Pharmaceutical Design*, 17:786–804.

- Yadoji, P., Peelamedu, R., Agrawal, D. and Roy, R., 2003, Microwave sintering of Ni-Zn ferrites: comparison with conventional sintering. *Materials Science and Engineering: B-Solid State Materials For Advanced Technology*, 98(3), 269-278.
- Willett, W.C., Sacks, F., Trichopoulou, A., Drescher, G., Ferro-Luzzi, A., Helsing, E. and Trichopoulos, D., 1995, *Mediterranean diet pyramid: a cultural model for healthy eating*. *American Journal of Clinical Nutrition*, 61(Suppl 6):1402S–1406S.
- Xiang, Z.N. and Ning, Z.X., 2008, Scavenging and antioxidant properties of compound derived from chlorogenic acid in South-China honeysuckle. *LWT-Food Science & Technology*, 41:1189–1203.
- Xie, P., Huanh, L., Zhang, C. and Zhang, Y., 2015, Phenolic compositions, and antioxidant performance of olive leaf and fruit (*Olea europaea* L.) extracts and their structure–activity relationships. *Journal of Functional Foods*, 16:460–471.
- Zolman, J., 1993, *Biostatistics. Experimental Design and Statistical Inference*. Oxford University Press, Inc., New York.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Ayşenur ACAR
Uyruğu : T.C
Doğum Yeri ve Tarihi : Beykoz – 02.03.1988
Telefon : 05422790849
Faks : -
e-mail : aysenur_beykoz@hotmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Ilgın Anadolu Lisesi	2006
Üniversite	: Selçuk Üniversitesi	2013
Yüksek Lisans	: Necmettin Erbakan Üniversitesi	
Doktora	: -	

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
07-08.2013	İl Kontrol Laboratuvarında	Stajyer
09-11.2014	Cihan Şekerleme	Gıda Mühendisi
11.2014-05.2015	Hatipoğlu Gıda Kimya San. Ltd. Şti.	Gıda Mühendisi
10-12.2015	Elif Çikolata	Gıda Mühendisi
01-07.2016	Prada Gıda İç ve Dış Tic. Ltd. Şti.	Gıda Mühendisi
04.2017	Prada Gıda	Gıda Mühendisi

UZMANLIK ALANI

Zeytin Yağı Teknolojisi

YABANCI DİLLER

İngilizce

DİĞER ÖZELLİKLER

2013 Güz yarıyılında Necmettin Erbakan Üniversitesinde Gıda Mühendisliği bölümünde yüksek lisansa başladım halen devam etmekteyim. Gıda İşlemede Yeni Teknolojiler, Zeytin Yağı Teknolojisi, Gıdaların Kurutulması, Süt Kimyası ve Biyokimyası, Gıdalarda Fenolik Bileşenler, Bilimsel Yayım, Gıda Proteinleri, Laboratuvarda Kalite Güvence, Kromatografi derslerini aldım. Şu an makale yazılmış bir projem var. Ayrıca ortak olarak yürütülen “Zeytin yağı üretiminde ultrason teknolojisi parametrelerinin hidrofilik fenoliklerin enzimatik parçalanması

(biotransformasyonu) ve yağa geçişi üzerindeki etkileri” isimli TUBİTAK projesinde çalıştım.

- SELÇUK ÜNİVERSİTESİ – GIDA MÜHENDİSLİĞİ – KONYA 2009-2013
- ILGIN ANADOLU LİSESİ 2002-2006
 - Bilgisayar Meslek Dalı Eğitim Dalı Kurs Sertifikası (MEB Çıraklık ve Yaygın Eğitim Genel Müdürlüğü)
 - Ebru Kurs Sertifikası (MEB Çıraklık ve Yaygın Eğitim Genel Müdürlüğü)
 - Gitar Kurs Sertifikası (MEB Çıraklık ve Yaygın Eğitim Genel Müdürlüğü)
 - Pratik İngilizce 1 Kurs Sertifikası (MEB Çıraklık ve Yaygın Eğitim Genel Müdürlüğü)
 - Diksiyon Kurs Sertifikası (MEB Çıraklık ve Yaygın Eğitim Genel Müdürlüğü)
 - Bağlama Kurs Bitirme Belgesi (MEB Çıraklık ve Yaygın Eğitim Genel Müdürlüğü)
 - İngilizce (Orta Kademe) Kurs Bitirme Belgesi (MEB Çıraklık ve Yaygın Eğitim Genel Müdürlüğü)
 - Gıda Sektöründe Sorumlu Yöneticilik, Etiketleme ve Yeni Gıda Kanunu Seminerine Katılım Belgesi (TMMOB Gıda Mühendisleri Odası)
 - Google Genç Ajanslar Akademisi Seminerine Katılım Sertifikası (Google Genç Ajanslar Akademisi)
 - Dost Eli Derneğinde Gönüllü Eğitimlik Plaketi
 - LLP/Erasmus Programıyla Yurt Dışı Eğitim Sertifikası

20/02/2012-08/07/2012 tarihleri arasında Polonya’da University of Technology and Life Sciences in Bydgoszcz Üniversitesinde Erasmus Programına katıldım. Mikroorganizmaların Biyoteknolojisi, Hammaddenin Depolanması ve Gıda Muhafaza, Gıda Ürünlerinin Fiziksel, Relojik Özellikleri, Enzimoloji ve Kataliz, Gastronomi, Proje derslerini aldım.

- Uluslararası 2. Helal ve Sağlıklı Gıda Kongre Katılımı
- C Sınıfı İş Güvenliği Uzmanlığı Belgesi
- ISO 22000 Sertifikası (2015)
- Hijyen Sertifikası – Karatay Halk Eğitim (2017)

İLGİ ALANLARI

BİLGİSAYAR : Ms Office Programları (Word , Excel , Powerpoint)

YABANCI DİL : Pre-intermediate (İngilizce)

El Sanatları, Enstrümanlar, Seyahat , İnternet

YAYINLAR

Acar. A., Özköse. A. and Arslan. D., 2014, Comparative Content Of Bioactive Compounds And Antioxidant Potential Of Wheatgrass Juice From Different Varieties. 8th International Congress of Food Technologists, Biotechnologists And Nutritionists. Zagreb, Croatia.

Özköse, A., Arslan, D. and Acar, A., 2016, The Comparison of the Chemical Composition, Sensory, Phenolic and Antioxidant Properties of Juices from Different Wheatgrass and Turfgrass Species. Notulce Botanice Horti Agroboturici, 44(2):499-507.

Arslan, D. and Acar., A., 2016, The Effects Of Ultrasound And Microwave Pre-Treatments On Phenolics And Enzymes In Olive Paste And Oil (Poster), Prague.

Acar, A.; Arslan, D. 2017. The Effects of Ultrasound and Microwave Pre-Treatments and Enzyme Addition on Some Physical and Chemical Properties of Olive Oil, 10th Annual International Conference on Agricultural Research, 10-13 July 2017, Athens, Greece, p 19, Abstract book. (Oral presentation).

Berber, E., Arslan, D., Acar, A., Kara, H.H. 2017. The use of aromatic plants and spices in vegetable oils: Flavored oils. I. International Congress on Medicinal and Aromatic Plants “Natural and Healthy Life” TABKON. p 1813 Abstract Book. 10-12 May 2017, Konya, Turkiye (Poster presentation).