



**T.C.
NECMETTİN ERBAKAN
ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**ZEYTİNYAĞI ÜRETİMİNDE DOĞAL TALK
VE SU İLAVESİNİN YAĞ VERİMİ VE YAĞIN
KALİTE PARAMETRELERİNE ETKİLERİ**

Büşra HAŞLAK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

**Ocak-2026
KONYA
Her Hakkı Saklıdır**

TEZ KABUL VE ONAYI

Büşra HAŞLAK tarafından hazırlanan “Zeytinyağı Üretiminde Doğal Talk ve Su İlavesinin Yağ Verimi ve Yağın Kalite Parametrelerine Etkileri” adlı tez çalışması 22/01/2026 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman

Prof. Dr. Derya ARSLAN DANACIOĞLU

Üye

Prof. Dr. Mustafa Kürşat DEMİR

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Şefik TEKLE

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun/.../20.. gün ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Havvanur UÇBEYİAY
FBE Müdürü

Bu tez çalışması Necmettin Erbakan Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 24YL19003 nolu proje ile desteklenmiştir.

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.

Büşra HAŞLAK

Tarih: 30/01/2026

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ZEYTİNYAĞI ÜRETİMİNDE DOĞAL TALK VE SU İLAVESİNİN YAĞ VERİMİ VE YAĞIN KALİTE PARAMETRELERİNE ETKİLERİ

Büşra HAŞLAK

NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman: Prof. Dr. Derya ARSLAN DANACIOĞLU

2026, 57 Sayfa

Jüri

Danışman Prof. Dr. Derya ARSLAN DANACIOĞLU
Prof. Dr. Mustafa Kürşat DEMİR
Dr. Öğr. Üyesi Şefik TEKLE

Zeytinyağı üretim sürecinde, zeytin hamurunun nem oranı yağ verimini doğrudan etkileyen temel faktörlerden biridir. Endüstriyel üretimde, verimin yükseltilmesi amacıyla hamur neminin belirli sınırlar içerisinde kontrol edilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu araştırmada, zeytinyağı üretiminde verimi artırmaya yönelik yardımcı maddeler arasında yer alan doğal talkın farklı kullanım oranlarının; hamur nem içeriğiyle ilişkisiyle birlikte yağ verimi ve yağın kalite özellikleri üzerindeki etkilerinin ortaya konulması hedeflenmiştir. Çalışmada malaksasyon sırasında farklı oranlarda su (%0, %20 ve %40) ve talk (%0, %1, %2 ve %3) ilavesinin zeytinyağının verimi, toplam fenolik madde içeriği ve serbest yağ asitliği üzerine etkileri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, uygulanan teknolojik parametrelerin zeytinyağı kalite ve verim kriterlerini anlamlı düzeyde etkilediğini göstermiştir. En yüksek yağ verimi, %20 su ve %1 talk ilavesi uygulanan örneklerde %24,97 olarak belirlenirken, %40 su ve %3 talk gibi görece yüksek ilave oranlarında verimin düştüğü tespit edilmiştir. Toplam fenolik madde içeriği açısından en yüksek değer, su ve talk ilavesiz üretimde yaklaşık 450 mg GAE/kg yağ olarak saptanmıştır. Buna karşılık, en düşük fenolik içerikler talk ilavesiz %40 su ilaveli örneklerde (239 mg GAE/kg yağ) ile %3 talk ve su ilavesi yapılan yağlarda (284–289 mg GAE/kg yağ) belirlenmiştir. Su ilavesiz ve %20 su ilaveli üretimlerde talk kullanımı toplam fenolik içeriği genel olarak azaltırken, %40 su ilavesi yapılan örneklerde talk kullanımı fenolik seviyelerin talk ilavesiz örneklere kıyasla artmasına yol açmıştır. Serbest yağ asitliği, tüm örneklerde natürel sızma zeytinyağı sınırları içinde kalmakla birlikte, su ve talk ilavesinden etkilenmiştir. En düşük serbest yağ asitliği değeri su ve talk ilavesiz örneklerde yaklaşık %0,40 (oleik asit cinsinden) olarak belirlenmiştir. Su ve talk ilavesiyle birlikte serbest yağ asitliği artmış; özellikle %20 ve %40 su ilavesi ile %2–3 talk uygulamalarında değerlerin %0,55–0,62 aralığına yükseldiği tespit edilmiştir. Talk ve su ilavesi, zeytin hamurundaki pektin fraksiyonlarının dağılımını belirgin şekilde etkilemiştir. Talk oranının artmasıyla birlikte özellikle Na_2CO_3 ve şelat çözünebilir pektin fraksiyonlarında azalma gözlenmiş, ancak bu azalma yağ verimiyle doğrusal bir ilişki göstermemiştir. Bu bulgular, pektin modifikasyonunun yağ salınımı için gerekli olmakla birlikte, nihai verimin hamur nemi ve faz ayrımı dinamikleri gibi çoklu faktörlerin etkileşimiyle belirlendiğini ortaya koymuştur.

Sonuç olarak, orta düzeyde su (%20) ve düşük oranlı talk (%1) ilavesinin yağ verimini artırmada etkili olduğu, ancak yüksek su ilavesinin fenolik kayıpları ve serbest yağ asitliği artışı üzerinde önemli etkiye sahip olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Doğal talk, hamur nem oranı, kalite parametreleri, yağ verimi, zeytinyağı

ABSTRACT

MS THESIS

EFFECTS OF NATURAL TALC AND WATER ADDITION ON OIL YIELD AND OIL QUALITY PARAMETERS IN OLIVE OIL PRODUCTION

Büşra HAŞLAK

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

Advisor: Prof. Dr. Derya ARSLAN DANACIOĞLU

2026, 57 Pages

Jury

**Advisor Prof. Dr. Derya ARSLAN DANACIOĞLU
Prof. Dr. Mustafa Kürşat DEMİR
Assist. Prof. Dr. Üyesi Şefik TEKLE**

In the olive oil production process, the moisture content of the olive paste is one of the fundamental factors directly affecting oil yield. In industrial production, controlling the paste moisture within certain limits is crucial for increasing yield. This research aims to determine the effects of different application rates of natural talc, an additive used to increase yield in olive oil production, on oil yield and quality characteristics, along with its relationship to paste moisture content. In the study, the effects of adding different ratios of water (0%, 20%, and 40%) and talc (0%, 1%, 2%, and 3%) during malaxation on olive oil yield, total phenolic content, and free fatty acid content were investigated. The results showed that the applied technological parameters significantly affected the quality and yield criteria of olive oil. The highest oil yield was determined as 24.97% in the samples where 20% water and 1% talc were added, while it was found that the yield decreased at relatively high addition rates such as 40% water and 3% talc. The highest total phenolic content was determined in the production without water and talc addition, approximately 450 mg GAE/kg oil. In contrast, the lowest phenolic contents were determined in samples with 40% water added (239 mg GAE/kg oil) and in oils with 3% talc and water added (284–289 mg GAE/kg oil). While talc use generally reduced the total phenolic content in production without water and with 20% water added, talc use in samples with 40% water added led to an increase in phenolic levels compared to samples without talc. Free fatty acid values remained within the limits of extra virgin olive oil in all samples, but were affected by the addition of water and talc. The lowest free fatty acid value was determined in samples without water and talc addition, approximately 0.40% (expressed as oleic acid). Free fatty acid increased with the addition of water and talc; It was determined that the values increased to the range of 0.55–0.62%, especially with the addition of 20% and 40% water and 2–3% talc applications. Talc and water addition significantly affected the distribution of pectin fractions in the olive paste. With increasing talc ratio, a decrease was observed in Na_2CO_3 and chelated soluble pectin fractions, but this decrease did not show a linear relationship with oil yield.

These findings revealed that while pectin modification is necessary for oil release, the final yield is determined by the interaction of multiple factors such as paste moisture and phase separation dynamics. In conclusion, it was determined that moderate water (20%) and low talc (1%) addition were effective in increasing oil yield, but high water addition had a significant effect on phenolic losses and increased free fatty acid content.

Keywords: Natural talc, paste moisture content, quality parameters, oil yield, olive oil

ÖNSÖZ

Yüksek lisansa başladığım günden bugüne kadar ve tez hazırlama sürecinde engin bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan, sabırla ve tüm samimiyetiyle yardımlarını esirgemeyen saygıdeğer danışman hocam Prof. Dr. Derya ARSLAN DANACIOĞLU'na ve Öğr. Gör. Dr. Sıddıka Yüstra ÖZKILIÇ'a tüm içtenliğimle saygı ve minnetlerimi sunarım.

Tez çalışmam süresince sabrı, anlayışı ve desteğiyle her zaman yanımda olan eşim Musa HAŞLAK'a çok teşekkür ederim.

Büşra HAŞLAK
KONYA-2026

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
ÇİZELGELER LİSTESİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	4
2.1. Zeytinyağı ve Çeşitleri.....	4
2.1.1. Natürel zeytinyağı.....	4
2.1.2. Ham zeytinyağı/rafinaçlık yağ	4
2.1.3. Rafine zeytinyağı	5
2.1.4. Riviera zeytinyağı	5
2.1.5. Pirina yağı	5
2.2. Zeytinyağı Üretimi.....	5
2.3. Zeytinden Yağın Elde Edilmesi	6
2.4. Zeytinyağı Üretim Sistemleri.....	8
2.4.1. 2 faz ve 3 faz üretim sistemleri	8
2.4.2. Sinolea yöntemi	10
2.5. Zeytinyağında Bulunan Fenolik Bileşikler	11
2.6. Zeytinyağı Kalitesini Etkileyen Faktörler.....	12
2.6.1. Zeytin çeşidinin zeytinyağı kalitesi üzerine etkisi	13
2.6.2. Ekolojinin zeytinyağı kalitesi üzerine etkisi	13
2.6.3. Hasat zamanı ve şeklinin zeytinyağı kalitesi üzerine etkisi.....	14
2.6.4. Yağ işleme sistemlerinin zeytinyağı kalitesi üzerine etkisi	14
2.7. Kalite Tespit Yöntemleri ve Sınıflandırma.....	15
2.8. Zeytinyağının Raf Ömrü	16
2.9. Zeytinyağında Verim ve Verimi Artırmak Amacı ile Kullanılan Katkılar.....	17
2.9.1. Enzim kullanımı.....	17
2.9.2. Talk kullanımı.....	18
3. MATERYAL VE METOT.....	20
3.1. Materyal	20
3.2. Metot.....	20
3.2.1. Zeytin hamurlarının hazırlanması	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
3.2.2. Zeytinyağında yapılan analizler	21
3.2.2.1. Zeytinyağı veriminin belirlenmesi	21
3.2.2.2. Serbest yağ asitliği analizi	21

3.2.2.3. Peroksit değeri (PV) tayini	21
3.2.2.4. pH ve nem tayini	22
3.2.2.5. Toplam fenolik madde tayini	22
3.2.2.6. Renk tayini (L^* , a^* , b^*)	23
3.2.2.7. Pektin fraksiyonlarının kantitatif analizi.....	23
3.3. İstatistik Analiz	24
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	25
4.1. Verim Değerlerine İlişkin Bulgular	25
4.2. Serbest Yağ Asitliği Değerine İlişkin Bulgular	27
4.3. Peroksit Değerlerine İlişkin Bulgular	29
4.4. pH Değerlerine İlişkin Bulgular	30
4.5. Nem Değerlerine İlişkin Bulgular.....	31
4.6. Toplam Fenolik Madde Analizine İlişkin Bulgular	32
4.7. Renk Analizine İlişkin Bulgular	34
4.8. Pektin Fraksiyonlarının Miktarlarına İlişkin Bulgular (Mg/100 G Alkolde Çözünmeyen Katı Madde)	35
4.9. Mikroskobik Görüntülere İlişkin Bulgular	38
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	40
5.1. Sonuçlar	40
5.2. Öneriler	41
6. KAYNAKLAR	42

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Zeytin meyvesinin katmanları	1
Şekil 2.1. Zeytinyağı ekstraksiyon aşamaları	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
Şekil 2.2. Zeytinyağı 2 faz ve 3 faz üretim akış şemaları.....	9
Şekil 3.1. Zeytin numuneleri	20
Şekil 3.2. Zeytin hamurlarının hazırlanışı ve isimlendirilmesi	21
Şekil 4.1. Zeytinyağı verim değerleri (%)	25
Şekil 4.2. Zeytin yağı örneklerinin serbest yağ asitliği (% oleik asit) değerleri.....	27
Şekil 4.3. Zeytin yağı örneklerinin peroksit değerleri (meq O ₂ /kg yağ).....	29
Şekil 4.4. Zeytin hamurlarının pH değerleri	30
Şekil 4.5. Zeytin yağı örneklerinin toplam fenolik değerleri (mg GAE/kg yağ).....	33
Şekil 4.6. Zeytin hamuruna farklı oranlarda su ve talk ilavesi yapıldıktan sonra elde edilen hamur örneklerinin mikroskop görüntüleri	39

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 2.1. Üç fazlı ve iki fazlı zeytinyağı ekstraksiyon proseslerinin farklı basamaklarında üretilen atık suların ortalama hacimleri (Ünlü ve Tunç, 2015).	9
Çizelge 4.1. Zeytin hamurlarında belirlenen nem değerleri (%)	31
Çizelge 4.2. Zeytin yağı örneklerinin renk (L^* , a^* ve b^*) değerleri	34
Çizelge 4.3. Farklı su ve talk ilavesi yapılan zeytin hamurlarının pektin miktarları (mg/100g EÇK).....	36



SİMGELER VE KISALTMALAR

SİMGELER

a*	Kırmızı-yeşil renk değeri
b*	Sarı-mavi renk değeri
°C	Santigrad derece
dk	Dakika
g	Gram
kg	Kilogram
L*	Parlaklık Renk Değeri
meq	Mili-equivalent (mili eşdeğer)
mg	Miligram
mL	Mililitre
O₂	Oksijen
pH	Potansiyel hidrojen (asitlik bazlık ölçü birimi)

KISALTMALAR

AOCS	American oil chemical society
AIS	Alcohol Insoluble Solids
CIE	Commission Internationale de Éclairage
EÇK	Etanolde Çözünmeyen Katı Madde
OSI	Oksidatif stabilite indeksi
SYA	Serbest yağ asitliği

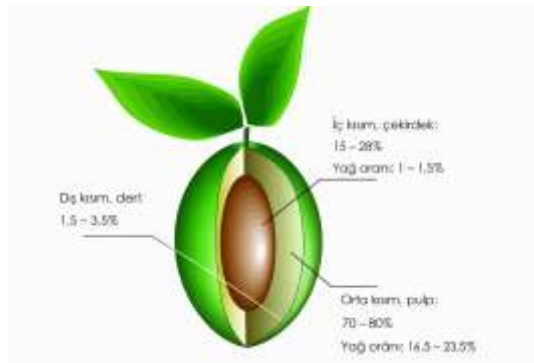
1. GİRİŞ

Zeytin, ilk çağlardan bu yana yetiştirilen ve çeşitli kutsal anlamlar yüklenen önemli bir tarım bitkisidir. Buna bağlı olarak zeytin ağacı barışı ve mutluluğu, zeytinyağı ise iyiliği ve bereketi sembolize etmektedir (Bayramer, 2015).

Zeytin ağacı, kökeni Akdeniz havzasına dayanan bir bitki olup yaklaşık 8 bin yıllık geçmişiyle dünyanın en eski tarım ürünleri arasında yer almaktadır. Kışları ılıman ve yazları sıcak geçen iklimlerde yetişmekte, su ihtiyacı yüksek olmakla birlikte, kurak koşullara da dayanıklıdır. Uygun mikroklimatik koşullarda Karadeniz Bölgesi'nde de yetiştirilebilmektedir. Zeytin meyvesi başlangıçta yeşil renkte olup olgunlaşma sürecinde kırmızı veya siyah renge dönüşmektedir (Gemicioğlu, 2016). Botanik sınıflandırmada Oleaceae familyasına ait *Olea europaea* sativa alt türü içerisinde değerlendirilmektedir.

Zeytin ağacı ağırlıklı olarak Akdeniz ülkelerinde yetiştirilmekte olup başlıca üretici ülkeler arasında İspanya, İtalya, Yunanistan, Tunus, Türkiye, Suriye, Fas ve Portekiz yer almaktadır (Köylüoğlu ve Özkan, 2012). Türkiye'de Aydın, İzmir, Muğla, Balıkesir, Bursa, Manisa, Çanakkale, Hatay, Antalya, Gaziantep ve İçel önemli zeytin üretilen illerimizdir.

Türkiye'de üretilen zeytin meyvesinin yaklaşık %65-70'i yağlık, %30-35'i sofralık olarak işlenmektedir. Genelde tüketim zeytinyağı ağırlıklı olduğu için yağlık zeytin üretimi fazla olmaktadır (Ablay ve Gümüşkesen, 2019).



Şekil 1.1. Zeytin meyvesinin katmanları

Zeytin meyvesi; %1-2 meyve kabuğu (epikarp), %63-86 meyve eti (mesokarp), %10-30 meyve çekirdeği (endokarp) ve %2-6 çekirdek içermektedir. Zeytin meyvesinde %40 oranındaki su ve %20-35 oranındaki yağ, mesokarp kısmında yer almaktadır. Ancak zeytin meyvesindeki toplam yağın sadece %1’lik kısmı mesokarp dışındaki kısımlarında bulunmaktadır (Gümüşkesen ve Yemişçioglu, 2010).

Zeytinyağı, olgun zeytin meyvelerinden genellikle iki veya üç fazlı santrifüjleme sistemiyle elde edilen, oda sıcaklığında sıvı halde bulunan ve rengi yeşilden sarıya kadar değişebilen doğal bir yağdır. Kendine özgü tat ve aromasıyla önemli bir besin kaynağı olan zeytinyağı, yüksek antioksidan içeriği ve tekli doymamış yağ asitleri sayesinde insan sağlığı açısından büyük önem taşımaktadır. Günümüzde sağlıklı beslenme, yaşam kalitesini artırma ve kaliteli gıda tüketimi bilinci göz önündedir. Bu bağlamda zeytinyağı sağlığa olan etkilerinden dolayı fonksiyonel gıda grubunda yer almaktadır (Kırmızıkuşak ve Yaman, 2021).

Zeytinyağını diğer bitkisel yağlardan ayıran başlıca özellikler hem fiziksel hem de kimyasal yöntemlerle üretilebilmesi ve sahip olduğu üstün duyuşal ve besleyici nitelikleridir. Yağ asidi bileşimi ile polifenoller ve sekoiridoidler başta olmak üzere güçlü doğal antioksidanlar açısından zengin olan zeytinyağında bulunan bileşikler majör ve minör olarak sınıflandırılmaktadır. Majör bileşenler yağın yaklaşık %98’ini oluşturan trigliseritlerden oluşurken, minör bileşenler alifatik ve triterpenik alkoller, steroller, hidrokarbonlar, uçucu bileşikler ve antioksidanları kapsamaktadır (Nebioğlu, 2020).

Zeytinyağının kimyasal bileşimi; zeytin meyvesinin çeşidi ve olgunluk derecesi ile iklim koşulları, işleme teknikleri ve depolama şartlarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Üretimde miktardan ziyade kalite ön planda tutulmakta olup, kaliteli zeytinyağı elde edilmesinde zeytin çeşidi, yetiştirildiği coğrafi bölge, hasat zamanı, hasat sonrası taşıma koşulları ve uygulanan teknolojiler belirleyici olmaktadır (Didar ve Tuncay, 2013).

Zeytinyağının kalitesini belirleyen en önemli unsurların başında fenolik bileşikler gelmekte; bu bileşikler yağın antioksidan kapasitesini, duyuşal özelliklerini ve raf ömrünü doğrudan etkilemektedir. Zeytin meyvesinin hangi dönemde hasat edildiği, elde edilen yağda doymamış yağ asitleri miktarları, zeytinyağı kalitesini doğrudan etkilemektedir (Özdoğan ve Tunalıoğlu, 2017).

Zeytinyağı üretiminde artan tüketici ihtiyaçlarını karşılamak, yüksek kalitede zeytinyağı üretmek ve verimi arttırmak amacıyla ekstraksiyon yöntemlerinin geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır (Köylüoğlu ve Özkan, 2012).

Endüstriyel zeytinyağı işleme tesislerinde zeytinyağı verimi genellikle %80–87 arasında değişmektedir; ancak yağın hücre sitoplazmasında kolloidal yapı içinde hapsolması ve/veya karasu ile emülsiyon oluşturması durumunda bu verim %70–80 seviyelerine kadar düşebilmektedir (Köylüoğlu ve Özkan, 2012).

Zeytinyağı verimini artırmak amacıyla yardımcı katkı maddeleri olarak enzim preparatları ve kimyasal maddeler kullanılmaktadır. Bu nedenle son yıllarda, yağ ekstraksiyonunda yağ çıkışını kolaylaştıran ve verimi yükselten yardımcı maddelerin kullanım potansiyelini inceleyen çalışmalar artmıştır.

Enzim preparatları, yağ damlacıklarını içeren hücrelerdeki selüloz ve pektini parçalayarak, kimyasal maddeler ise hamurdaki emülsiyon ve dispersiyonu azaltarak mekanik yolla elde edilebilecek serbest yağ miktarını artırmaktadır (Köylüoğlu ve Özkan, 2012).

Bu çalışmada, zeytinlerden elde edilen hamurların talk ile muamele edilmesinin yağ verimi üzerine etkisi araştırılmıştır. Zeytin hamurlarına %1, %2 ve %3 oranında talk ilave edilerek, yoğurulmuş ve santrifüjleme işlemi uygulanmıştır. Karşılaştırma amacıyla, zeytin hamurlarına yalnızca su eklenerek veya herhangi bir katkı maddesi kullanılmadan yağ çıkarma işlemleri de gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, talk kullanımının yağ verimi üzerinde pozitif bir etki oluşturduğunu ve elde edilen yağ miktarını farklı oranlarda artırdığını göstermiştir. Bununla birlikte zeytin çeşidi, meyve büyüklüğü, olgunluk durumu, kırma işleminin yeterliliği ve santrifüjleme koşulları gibi faktörlerin de yağ verimi üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Zeytin meyvesi %1-2 meyve kabuğu (epikarp), %63-86 meyve eti (mezokarp), %10-30 meyve çekirdeği (endokarp) ve %2-6 çekirdek içermektedir. Zeytin meyvesinde %40 oranında su ve %20-35 oranında yağ vardır. Zeytinyağı meyvenin mezokarp kısmında yer almakta, ancak %1’lik kısmı mezokarp dışındaki kısımlarında bulunmaktadır.

2.1. Zeytinyağı ve Çeşitleri

Zeytin, taşıdığı özelliklere göre yağlık ve sofralık olarak iki ana başlık altında toplanmaktadır. Yağlık olarak işlenen siyah zeytinden prina ve karasu olarak iki ayrı ürün elde edilmektedir. Bu iki farklı ürün çeşitli yöntemlerle işlenerek sabun elde edilmektedir. Zeytinyağları tüketim özelliklerine göre sınıflandırılmaktadır (Özdek, 2019). Türk Gıda Kodeksi Zeytinyağı ve Pirina Yağı Tebliği’ne göre zeytinyağı çeşitleri aşağıdaki şekilde sınıflandırılmaktadır.

2.1.1. Natürel zeytinyağı

Zeytin meyvesinin doğal özelliklerini bozmayacak bir ısı işlem ile yıkama, dekantasyon, santrifüjlüme ve filtrasyon gibi fiziksel, mekanik proseslerden elde edilen yağdır. Natürel zeytinyağı; natürel sızma ve natürel birinci zeytinyağı olarak ikiye ayrılmaktadır. Bu iki yağ arasında asitlik dereceleri farkı bulunmaktadır. Natürel sızma zeytinyağında asitlik derecesi maksimum 0,8 iken natürel birinci zeytinyağında maksimum 2’dir (Özdek, 2019). Natürel zeytinyağı; natürel sızma, natürel birinci olarak 2 çeşittir.

2.1.2. Ham zeytinyağı/rafinaçlık yağ

Serbest yağ asitliği 2’den yüksek olan duysal olarak direkt tüketime uygun olmayan yağlara verilen isimdir. Bu tür yağlar rafinasyon işlemlerine tabii tutulmaktadır (Özdek, 2019).

2.1.3. Rafine zeytinyağı

Zeytinyağının doğal trigliserid yapısını bozmayan rafinasyon aşamalarında geçen, kendine özgü tat ve kokuya sahip olan yağ çeşididir. Serbest yağ asitlik değeri 0,3'ten fazla olamamalıdır (Özdek, 2019).

2.1.4. Riviera zeytinyağı

Rafine olarak üretilen zeytinyağına natürel zeytinyağı karıştırılması ile elde edilen yağ çeşididir. Serbest yağ asitlik değeri 1'den yüksek olmamalıdır (Özdek, 2019).

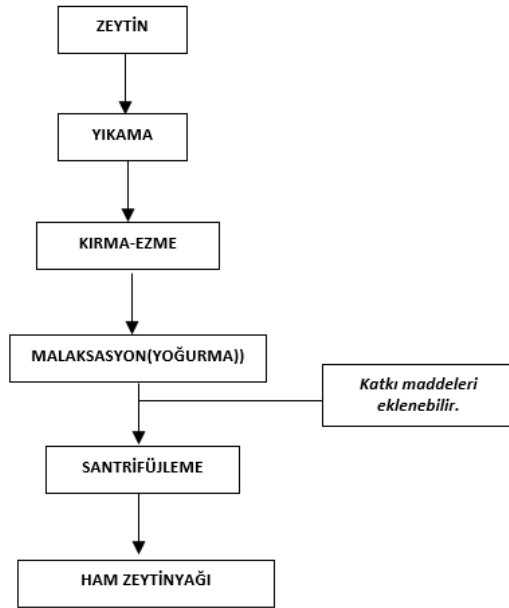
2.1.5. Pirina yağı

Zeytinyağı üretiminde, zeytinler sıkıldıktan sonra proses sonu kalan ürüne prina denmektedir. Prinadan çözücü ekstraksiyon yöntemleri ile elde edilen yağa ise ham prina yağı denir. Bu ham yağın rafine edilmesi ile asitlik derecesi 0,3'ü geçmeyen rafina prina yağı elde edilmiş olur (Doghan, 2022).

2.2. Zeytinyağı Üretimi

Ekonomik değeri oldukça yüksek olan zeytinyağı üretimindeki amaç; yağdaki duyuşal, fiziksel ve kimyasal özelliklerin en üst seviyede tutulması ve rafine işlemine sokmadan doğal olarak üretilmesini sağlamaktır (Otağ, 2002). Üretilen zeytinlerin kalitesine ve işleme özelliğine bağlı olarak yağ üretiminde zeytinlerin %35'lik kısmından rafine edilmeden yağ elde edilebilmesi ve %65'lik kısmın zorunlu olarak rafine işlemine maruz kaldığı görülmektedir. Bu nedenle zeytinyağı tesislerinin birçok özellikteki zeytini kısa sürede istenilen nitelikte işleyebilecek modern sistemlerden oluşması gerekmektedir (Oktar ve Çolakoğlu, 1983).

Meyvedeki yağ büyük oranda hücre içi boşluklarda (vakuol), küçük bir kısmı kolloidal sistemde ve en düşük oranda da endosperm içerisinde bulunur. Hücre içindeki yağın proseslerde mekanik olarak elde etmek mümkündür. Fakat prina içindeki sitoplazmada yer alan yağı ayırmak zordur (Gümüşkesen, 1999).



Şekil 2.1. Zeytinyağı ekstraksiyon aşamaları

Yağın ekstraksiyonu sırasında teknolojik seçimler ve çözümler son ürün kalite özellikleri üzerinde etkilidir. Teknolojik seçimlerin fiziksel etkilerinin yanı sıra, makine ekipmanların ve tüm proses sürecinin, işleme yardımcı tüm malzemelerin potansiyel kullanımı da dahil olmak üzere meyvenin ezme işleminden sonra oluşacak biyokimyasal faaliyetler üzerindeki etkisi çok daha önemlidir.

Zeytinin yağa işlenmesi; doğru zamanda ve doğru yöntemle hasat edilen zeytinin işletmeye geldikten sonra birtakım ön işlemler ve temel üretim aşamalarından geçirilmesinden oluşmaktadır. Temel üretim aşamaları Şekil 2.1’de görülmektedir.

2.3. Zeytinden Yağın Elde Edilmesi

Zeytinler, optimum olgunluk döneminde, meyvede zedelenmeye yol açmayacak şekilde el ile ya da uygun mekanik ekipmanlar kullanılarak hasat edilmeli ve doğrudan toprakla temas etmeden toplanmalıdır. Hasat ve toplama aşamalarında meydana gelen fiziksel hasarlar ile uygun olmayan uygulamalar, meyvede mikrobiyal ve enzimatik bozulmalara neden olmakta; bu durum ise elde edilen zeytinyağının kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir.

Zeytinin yağa dönüştürülmesi sürecinde, temizleme, kırma ve zeytin hamurunun yoğrulması (malaksasyon) gibi ön işlemler uygulanmaktadır. Temizleme aşamasında

zeytinle birlikte gelen yaprak, dal, taş ve toprak gibi yabancı maddeler, farklı yıkama ve ayıklama sistemleri yardımıyla ortamdan uzaklaştırılmaktadır. Bu ön hazırlık aşaması, zeytinyağının duysal ve kimyasal kalitesi açısından büyük önem taşımakta; uzaklaştırılamayan yabancı maddeler yağın aroma ve lezzet özelliklerinde olumsuz değişimlere yol açabilmektedir (Köylüoğlu ve Özkan, 2012).

Zeytinyağı üretiminde temel aşamalardan biri olan kırma işlemi, zeytin dokusunun parçalanarak meyve içerisindeki yağın serbestleşmesini ve sonraki aşamalarda daha kolay ayrılmasını sağlamaktadır. Bu işlem, geleneksel taş değirmenler veya modern metal değirmenler (çelik kırıcılar, silindir ya da diskli sistemler) kullanılarak gerçekleştirilmektedir (Gümüşkesen ve Yemişçioğlu, 2010; Köylüoğlu ve Özkan, 2012).

Kırma işleminin ardından zeytin hamuru yaklaşık 30 dakika boyunca yavaş ve kontrollü bir şekilde karıştırılmaktadır. Hamurun sürekli ve düşük hızda yoğrulması olarak tanımlanan bu aşama malaksasyon olarak adlandırılmaktadır (Gunstone, 2002). Malaksasyon işleminin temel amacı, küçük yağ damlacıklarının birleşerek daha büyük damlalar oluşturmalarını teşvik etmek, böylece yağ-su emülsiyonunun parçalanmasını ve yağın serbest faza geçmesini sağlamaktır (Gümüşkesen ve Yemişçioğlu, 2010). Ayrıca bu aşamada, verimi artırmaya yönelik katkı maddeleri zeytin hamuruna ilave edilebilmekte; ultrases ve darbeli elektrik alanı (PEF) gibi yenilikçi teknolojiler de uygulanabilmektedir.

Malaksasyon sonrası elde edilen zeytin hamuru, perkolasyon, santrifüjleme veya presleme yöntemlerinden biri ya da bu yöntemlerin birlikte kullanıldığı sistemler aracılığıyla, merkezkaç kuvveti prensibine göre yağ, su ve posa fraksiyonlarına ayrılmaktadır (Gunstone, 2002). Kullanılan ekstraksiyon sistemine bağlı olarak, elde edilen fazların yapısı ve ürün çeşitliliği farklılık gösterebilmektedir.

Zeytin içerisindeki yağın çoğunluğu serbest yağ olarak bulunurken, küçük bir kısmı hücredeki sitoplazma içerisinde yer alır. Bu sitoplazma içerisindeki yağ bağlı yağ olarak adlandırılmaktadır. Bu bağlı yağlar ekstraksiyonu zorlaştırmakta ve yağın kolaylıkla ayrımının olmasını engellemektedir. Bu bağlı yağlar atık olarak proseslerden ayrılmaktadır. Emülgatör özellikteki bazı maddeler serbest yağ asitlerinin ayrışmasını zorlaştırmaktadır (Cert ve ark., 1996). Proses sırasında emülsiyon oluşumunu engellemek için işlemin sıcaklık ve süresinin iyi ayarlanması ve verimi artırmaya yönelik maddelerin kullanılması gerekmektedir (Gümüşkesen ve ark., 2001).

2.4. Zeytinyağı Üretim Sistemleri

Zeytinyağı üretiminde genel olarak iki sistemden bahsedilir. Bunlar kesikli ve sürekli (santrifüj proses) sistemlerdir. Sürekli sistemler ise 2 fazlı ve 3 fazlı olarak ikiye ayrılmaktadır (Di Giovacchino ve ark., 2002). Zeytinyağın da üretimi ve verimi artırmak, oksidasyonu azaltmak ve raf ömrünü uzatmak amacı ile iki fazlı ve üç fazlı sistemler geliştirilmiştir (Hepsağ ve Kaya, 2018).

2.4.1. 2 faz ve 3 faz üretim sistemleri

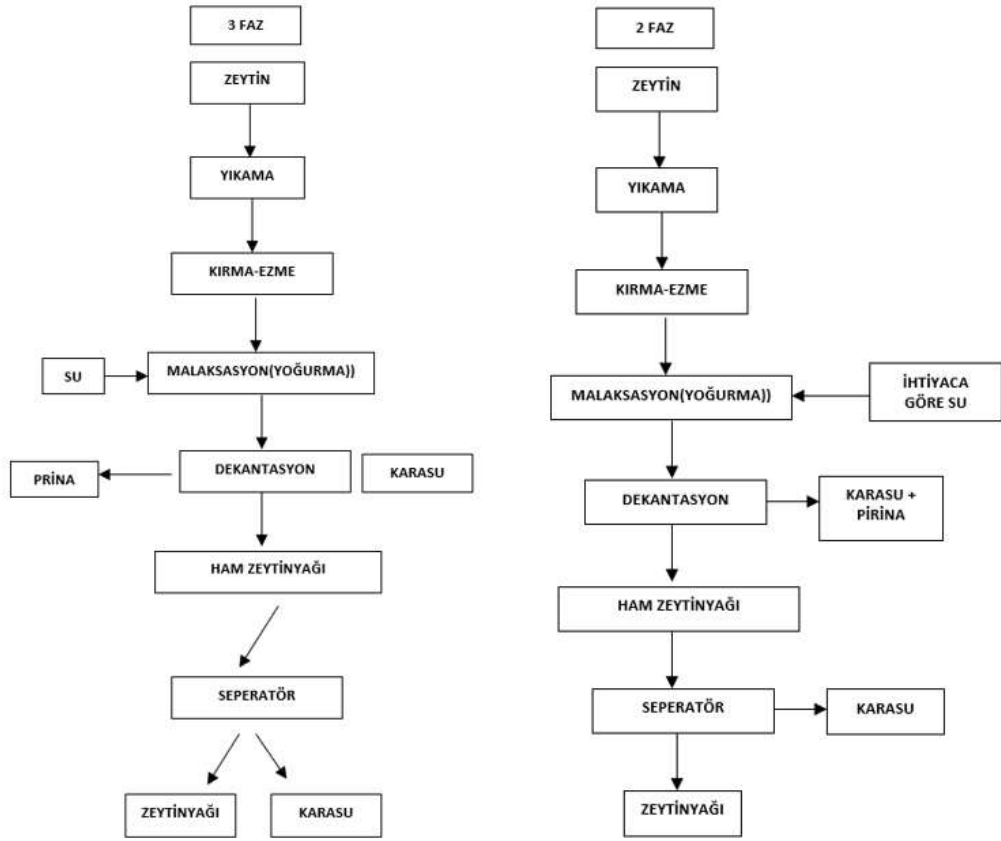
Klasik yöntemle yani kesikli sistemlerde yıkanan zeytin meyveleri değirmenlerde veya modern kırıcılarda parçalanır ve hamur elde edilir. Bu hamur daha sonra preslenerek, sonrasında düşey santrifüj veya dekantör yardımı ile yağ ve prina olarak ikiye ayrılır. Bu sistem kullanılarak elde edilen zeytinyağlarında verim düşüktür.

Bu sistemde kırma işleminde kontrollü ilerlemek gerekmektedir. Kontrol edilmezse ısıdan kaynaklı yağda kusurlar oluşabilir (Aydın, 2022).

Zeytin posası posa, çekirdek, kabuk ve yağdan oluşan katı kalıntılardır. İki aşamalı olan sistemlerden elde edilen nihai üründe nem oranı yüksek ve yağ miktarı düşüktür. Yağ içeriği işlemin etkinliğine göre %2-4 arasında değişmektedir. Bu sistem üç faz çıkışlı sistemlere göre daha verimli ve çevre dostudur (Moya ve ark., 2018).

Sürekli üretim prosesi ise besleme, yıkama, kırma ve hamur oluşturma aşamalarından oluşmaktadır. Bu proseste ayırma metoduna bağlı olarak iki teknolojiye yararlanılmaktadır. Bu teknolojiler iki fazlı ve üç fazlı proseslerdir.

Üç fazlı dekantör (yatay santrifüj) yağı üç fraksiyonu ayırır: bir katı, posa ve iki sıvı fraksiyon, bunlar sulu faz (alpechin) ve organik faz, yani sızma zeytinyağıdır (Moya ve ark., 2018). Fazlı proseslerde su ilave edilerek üç faz (yağ, atık su ve katı atık) oluşmaktadır. İki fazlı proseste ise yağ ve katı atık+su üretilmektedir (Ünlü ve Tunç, 2015). Sürekli santrifüj sisteminin klasik sisteme göre bazı avantajları bulunmaktadır. Gelişmiş prosesi kontrolü, yüksek kaliteli yağ, az yer ihtiyacı, iş gücü maliyetinde azalma ve otomasyon gibi kolaylıklar sağlamaktadır. Bu kolaylıkların yanında pres teknolojisinin yanında yüksek yatırım maliyetleri gerekmektedir.



Şekil 2.2. Zeytinyağı 2 faz ve 3 faz üretim akış şemaları

Sürekli proste elde edilen katı fazlarda su içeriği oldukça fazladır. Üç fazlı sistemde ortalama %30-50 civarındayken, iki fazlı sistemde %60-70'tir. Proses sonuçlarında oluşan atıklar bünyesinde %2-4 arasında yağ barındırır.

Çizelge 2.1. Üç fazlı ve iki fazlı zeytinyağı ekstraksiyon proseslerinin farklı basamaklarında üretilen atık suların ortalama hacimleri (Ünlü ve Tunç, 2015).

Çıkış suyu	Üç fazlı proses (L/kg işlenilen zeytin)	İki fazlı proses (L/kg işlenilen zeytin)
Zeytinleri yıkama	0.09	0.05
Yatay santrifüj	0.9	0.00
Zeytinyağı yıkama (Düşey Santrifüj)	0.2	0.15
Genel temizleme	0.05	0.05
Toplam çıkış suyu	1.24	0.25

İki fazlı sistem proses suyunda %80'e kadar tasarruf sağlamaktadır (Ünlü ve Tunç, 2015). İki fazlı sistemde zeytin yağlarında antioksidanlar, aromalar, vitaminler yağdan uzaklaşmaz, kaliteli ve besleyici değeri yüksek güzel bir zeytinyağı elde edilir (Doghan, 2022). Kalite ve verimi yüksek yağlar elde edilmesini sağlayan bu sistemler, geleneksel yöntemle kıyasla oksidasyona uğramama ve genel hijyen açısından güvenli bir yöntem olarak kabul edilmektedir.

2.4.2. Sinolea yöntemi

Malaksasyon ünitesinde bulunan zeytin hamuruna, paslanmaz çelikten üretilmiş plakalar daldırılarak yağ ve karasu gibi sıvı fazlar arasındaki yüzey gerilimi farkından yararlanılmakta ve bu sayede fazların kısmi olarak ayrılması sağlanmaktadır. Sinolea sisteminde, toplam yağın yaklaşık %25'i bu aşamada geri kazanılmakta; yağın geri kalan kısmını içeren zeytin hamuru ise daha sonra kontinü santrifüj sistemine yönlendirilmektedir. Bu yöntemin etkinliği, plakaların zeytin hamuru içerisindeki dönme hızına doğrudan bağlıdır.

Seçici filtrasyon da denilen bu yöntemde esas yağ ile suyun yüzeylere karşı gösterdiği gerilim farklılıklarından kaynaklı tutunma kuvveti farkıdır. Hamurun içerisine daldırılan çelik plaklar yüzeyine yağ su ve diğer maddelerden önce yapışmaktadır. Taraklar kullanılarak yağ plaklardan sıyrılmaktadır. Bu yöntemde iyi kalitede yağ elde edilmekte ve başka işlemlere gerek duyulamamaktadır. Sinolea yöntemi ile elde edilen yağlar polifenol içeriği bakımından yüksektir. Yağın duyuşal özelliklerinin iyi olması, biyolojik değer ve kalitesinin yüksek olması, yağın ve suyun yağdan ayrışması için yüksek enerjilere gerek duyulmaması bu yöntemin avantajlarıdır (Anonymous, 2007). Bu yöntemle üretilen yağlarda prinada yüksek oranda yağ kalmaktadır. Bu yağ prinaya su katılıp yoğurma ve santrifüjleme yapılarak ayrıştırılmaktadır (Kayahan ve Tekin, 2006).

Günümüzde zeytinyağı tüketiminde, özellikle yemeklik amaçla tercih edilen ürünlere yönelik tüketici beklentileri, üretim tesislerinin yapısını ve uygulanan teknolojik süreçleri önemli ölçüde etkilemektedir. Türkiye'de 2016 yılı itibarıyla zeytinyağı tüketicilerinin öne çıkan beklentileri arasında "kuru baskı" ve "soğuk sıkım" yöntemleri ön plana çıkmıştır. Geleneksel taş değirmenlerde ezilerek hamur haline getirilen zeytinler, koko lifinden üretilmiş torbalara yerleştirilmekte ve bu torbalar presleme ünitesinde üst üste dizilmektedir. Sıkım işlemi sırasında torbalara belirli

miktarda su eklenerek presleme gerçekleştirilmekte olup, bu uygulama “sulu baskı” yöntemi olarak adlandırılmaktadır. Presleme esnasında kullanılan suyun sıcaklığı 28 °C’nin üzerine çıkarılmamakta; böylece zeytinyağında bulunan E vitamini ve karakteristik aroma bileşenlerinin korunması amaçlanmaktadır. Bu yöntemle elde edilen zeytinyağı genellikle filtre edilmeden tüketime sunulmakta ve özellikle pişirmede kullanım için uygun bir ürün olarak değerlendirilmektedir.

Zeytinyağı üretiminde uygulanan Sinolea yönteminin, hem teknik hem de ürün kalitesi açısından çeşitli üstünlükleri ve sınırlılıkları bulunmaktadır. Bu yöntemle elde edilen zeytinyağının oksidatif stabilitesinin yüksek olması; duyuşal özellikler, biyolojik değeri ve genel kalite bakımından olumlu sonuçlar vermesi Sinolea sisteminin öne çıkan avantajları arasında yer almaktadır. Ayrıca işlemin düşük sıcaklık koşullarında, otomatik ve kapalı bir sistemde gerçekleştirilmesi; iş gücü ihtiyacının sınırlı olması, yağ-su ayırma aşamasına gerek duyulmaması ve enerji tüketiminin görece düşük olması, bu yöntemin teknolojik açıdan önemli artılarıdır.

Buna karşın Sinolea yöntemi, presleme ve santrifüjleme gibi yaygın kullanılan ekstraksiyon sistemleriyle karşılaştırıldığında daha düşük yağ verimi sağlamaktadır. Yeterli verimin elde edilebilmesi için genellikle diğer ekstraksiyon teknikleriyle birlikte kullanılması zorunlu hale gelmektedir. Bunun yanı sıra, sistemin daha yüksek hijyen standartları ve sıkı temizlik kontrolü gerektirmesi ile ilk kurulum maliyetinin yüksek olması, Sinolea yönteminin başlıca dezavantajları olarak değerlendirilmektedir (Kaya ve Keçeli, 2008).

2.5. Zeytinyağında Bulunan Fenolik Bileşikler

Fenolik bileşikler veya polifenoller, yapılarında en az bir tane aromatik halka (benzen halkası) ve bu halka üzerinde bir ya da daha fazla hidroksil (-OH) grubu içeren kimyasal maddelerdir. Bu bileşikler genel olarak iki ana kategoriye ayrılır: fenolik asitler (hidroksisinamik ve hidroksibenzoik asit çeşitleri) ve flavonoidler (örneğin antosiyanidinler, proantosiyanidinler, flavonlar, flavononlar, flavonoller ve izoflavonoidler). Fenolik bileşiklerin en zengin kaynakları meyveler ve sebzelerdir.

Bitkilerin farklı kısımlarında bulunan bu bileşikler, bitkileri zararlı böcekler ve mikroplara karşı koruyan doğal savunma maddeleri olup, aynı zamanda bitkilere özgün tat ve renk özelliklerini kazandırır.

Fenolik yapıya sahip bileşikler, serbest radikallerin zararlı etkilerini azaltarak ve lipidlerin oksidasyonuna neden olan metal iyonlarını bağlayarak güçlü antioksidan etkiler gösterirler (Pereira ve ark.,2009). Bu özellikleri nedeniyle fenolik ve antioksidan açısından zengin beslenme şekillerinin, kanser, kalp-damar hastalıkları ve diyabet gibi çeşitli sağlık problemlerinin önlenmesinde olumlu etkileri olduğu belirlenmiştir (Huang ve ark., 2009; Zhong ve ark., 2012; Khan ve Mukhtar, 2010).

Zeytin meyvesi, hamur ağırlığına bağlı olarak yaklaşık %1–3 oranında fenolik bileşik içermektedir (Restuccia ve ark., 2018). Sızma zeytinyağı, karakteristik acı ve yakıcı tadını büyük ölçüde bu bileşiklere borçlu olup, diğer bitkisel yağlara kıyasla daha az rafinasyon işlemine maruz kaldığından fenolik madde açısından daha zengin bir bileşime sahiptir. Zeytinyağında baskın olarak bulunan başlıca fenolik bileşikler arasında oleuropein glikoziti, hidrokstitirozol (3,4-dihidroksifenil etanol) ve tirozol yer almaktadır. Bu bileşiklerden oleuropein, kurutulmuş zeytin meyvelerinde %14'e varan oranlarda bulunabilen temel fenolik bileşiklerden biridir. Hidrokstitirozol ise zeytinyağında en yüksek düzeyde tespit edilen fenolik bileşik olarak öne çıkmaktadır (Amiot ve ark., 1996).

Zeytinyağı üretim sürecinde, zeytindeki fenolik maddelerin büyük çoğunluğu (%98) pirina ve karasu adı verilen yan ürünlerde kalırken, sadece küçük bir kısmı (%2) zeytinyağına geçmektedir (Morillo ve ark., 2009). Pirina ve karasu, yüksek fenolik içerik barındırdıkları için, bu bileşiklerin ekstraksiyonu yapılarak gıda ürünlerinde çeşitli amaçlarla kullanılmasına olan ilgi giderek artmaktadır. Örneğin, Amerika Birleşik Devletleri'nde zeytin posasından elde edilen ekstrakt, antioksidan özelliği nedeniyle unlu mamuller, içecekler, soslar, atıştırmalıklar ve fonksiyonel gıdalarda kullanılmak üzere FDA tarafından genel olarak güvenli kabul edilmiştir ve ürünlerdeki maksimum kullanım miktarı 3000 mg/kg ile sınırlandırılmıştır (Galanakis ve ark., 2015).

2.6. Zeytinyağı Kalitesini Etkileyen Faktörler

Zeytinyağı kalitesini zeytin çeşidi, zeytinin yetiştiği ekoloji, hasat zamanı ve şekli, yağ işleme sistemleri gibi faktörler etkilemektedir.

2.6.1. Zeytin çeşidinin zeytinyağı kalitesi üzerine etkisi

Zeytinin çeşidi yağın kalitesini etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Bazı zeytin çeşitlerinde doğası gereği yüksek polifenol içermektedir. Yağın antioksidan özelliğini büyük ölçüde zeytinin çeşidi etkilemektedir (Tura vde ark., 2007). Türkiye’de 90 adet dünyada ise 1275 adet zeytin çeşidinden bahsedilmektedir. Zeytin çeşidinin gösterdiği periyodisite, içindeki yağ oranı, kimyasal bileşimi gibi özelliklerden dolayı yağın kalitesinin etkilemektedir. Zeytin çeşitlerinin farklı periyodisite eğilimleri proses sonunda elde edilen yağ oranını etkilemektedir (Özdoğan,2018).

2.6.2. Ekolojinin zeytinyağı kalitesi üzerine etkisi

İklim durumlarının yağ kalitesi üzerine direkt etkisi bulunmaktadır. Yağışlı geçen dönemlerde yağda oleik asit miktarı azalmaktadır. Soğuk veya don olayının yüksek olduğu yörelerde ise yağda stabilite azalmakta fenol miktarı yükselmektedir (Romero ve Motilva, 2010). 30-50 yaş arasında olan zeytin ağaçlarından elde edilen zeytinyağının fenol içeriğinin, 30 yaşından küçük ağaçlardan elde edilen yağa göre daha yüksek olduğu görülmüştür (Lechhab ve ark., 2022).

Zeytinde, deniz ve karaya yakınlık, enlem, boylam, yer şekilleri gibi faktörler yağ oranını doğrudan etkilemektedir. Bölge farklılıkları yağ miktarı farklılıklarına neden olmaktadır. İklim değişiklikleri zeytinin olgunluk seviyesini ve dolayısı ile yağın kimyasal bileşimine etki eder. Doğal antioksidanları, tokoferoller ve yağın oksidatif stabilitesini etkilemektedir (Bıyıklı, 2009; Özdoğan,2018). Coğrafi konum, zeytinin sadece bulunduğu bölgeye ait özelliklerini barındırarak coğrafi işaretli olmasında sağlamaktadır. Coğrafi işaret, ürünün kaynağını, spesifik özelliklerini ve karakteristik özelliklerine bağlı coğrafi alan içerisindeki bağı gösteren bir kalite işaretidir. Bir bölgenin ürünü, meyvesi, taşı vb. diğer yörelerden farklı olabilmektedir veya farklı bir nedene bağlı olarak ün kazanmış olabilir. Bu bakımdan coğrafi işaretler yörenin geleneksel bilgisinin şekillendiği, paketlenildiği ve satıldığı boyuttur. Bu işaret ürün kalitesi ve üretim metodu arasındaki bağı simgeler. Bu coğrafi işaretler ticari piyasalarda ekonomiye pozitif katkı sağlamaktadır. Ekonomileri işlenmiş ve tarımsal ürünlere dayanan ülkeler için bu işaret ülkeler için değerli olmaktadır (Özdoğan, 2018).

Potasyum ve azot bakımından zengin topraklarda yetişen zeytin ağaçlarının meyvelerinin ağırlığı artmaktadır. Bu topraklarda bulunan B, Cr, Mn, Zn mineralleri ise yağın yağ asiti bileşimini etkilemektedir (Lechhab ve ark., 2022). Zeytin ağaçlarının

gelişiminde yağmur suyu yeterli olabilmektedir. Kurak geçen bir sezonda meyve verme döneminde yapılan sulama yağın kalitesini ve miktarını etkilemektedir (Aydın, 2022). Zeytin hasadı sonrasında yapılan budama ise ağacın güneş ışığını daha iyi almasını sağlar, hastalıklardan ve zararlılardan koruyarak meyve ve yağın kalitesine etki eder.

2.6.3. Hasat zamanı ve şeklinin zeytinyağı kalitesi üzerine etkisi

Zeytinyağının kalitesi meyvenin hasat zamanı ve olgunluk derecesine göre değişebilmektedir. Olgunluk derecesinin yükselmesi ile tokoferol ve fenolik bileşiklerin miktarında azalma görülmektedir. Tam tersi de yağ miktarında artış vardır. Bu durumlar zeytin çeşidi ve iklim koşullarına göre değişebilmektedir. Hasat sırasında zeytini toplama yöntemleri yağda kaliteyi etkilememektedir. Toplama yönteminden ziyade toplandıktan sonra nasıl ve hangi koşullarda depolandığı önemlidir. Bundan dolayı toplanan zeytinler oda sıcaklığında depolanmalı ve en geç 24 saat içinde işlenmelidir (Lechhab ve ark., 2022).

2.6.4. Yağ işleme sistemlerinin zeytinyağı kalitesi üzerine etkisi

Kaliteyi etkileyen bir faktör ise zeytini işleme koşullarıdır. Prosesin ilk sırasında yaprak ayırma ve meyveyi yıkama işlemi gelmektedir. Yapraklar yeterince ayrılmadığında hamura karışan yapraklar yağın yeşil renkte olmasına neden olabilmekte ve acılık artabilmektedir (Di Giovacchino ve ark., 2002). Proses sırasında yıkanan zeytinlerden kaba kir, pislikler ve çoğu suda çözünabilen pestisitler ayrılmaktadır (Kalogianni ve ark., 2019).

Proses aşamasının diğer bir işlemi olan kırmada zeytin meyvesi parçalanarak zeytinyağı serbest kalır. Malaksör aşaması öncesindeki metal kırıcılar, granit kırıcılara göre meyveyi büyük parçalara ayırdığı için yağ verimini ve fenolik madde miktarını artırmaktadır. Metal kırıcıların sıcaklığının 10-15 °C artmasından dolayı olumsuz bir etki olan uçucu bileşenlerin miktarından azalma görülmektedir (Di Giovacchino ve ark., 2002). Metal kırıcılardaki elek çapının küçülmesi ve dönme hızının artması yağ miktarının artmasını sağlamaktadır (Aydın, 2022).

Kırıcılardan çıkan zeytin hamuru malaksöre gelir. Yoğurma işlemi sırasında küçük yağ damlacıkları bir araya gelmektedir. Bu malaksör aşaması yağın verimini, kalitesini ve besin değerini önemli ölçüde etkilemektedir. Burada önemli olan noktalar yoğurma sıcaklığı ve süresidir (Kalogianni ve ark., 2019). Süre ve sıcaklık yağın kalitesi

ve organoleptik özellikleri etkileyen enzimlerin çalışması için önemlidir. Hamurdan en iyi yağı elde edebilmek için malaksörlerin kapalı olması ve içindeki oksijen gazının kontrol edilmesini sağlayan inert gazlardan yararlanılır. Bu inert gazlar fenolik bileşiklerin parçalanmasını önler ve kayıp olmadan yağ elde edilmesine olanak sağlar. Ayrıca yoğurma aşamasında ılık su ilave edilmesi yağ miktarını olumlu yönde etkiler (Aydın, 2022).

İki fazlı ya da üç fazlı sistemler yağın özelliklerine ve verimine büyük ölçüde etki eder. Üç fazlı sistemde dekantöre verilen su, fenolik ve uçucu bileşiklerin azalmasına neden olmaktadır. İki fazlı sistemde su hiç kullanılmadığı ya da az kullanıldığı için fenolik ve uçucu bileşen konsantrasyonlarını olumlu yönde etkiler (Kalogianni vd., 2019).

2.7. Kalite Tespit Yöntemleri ve Sınıflandırma

Kalite tespiti fiziksel, kimyasal ve duyuşal olarak üç şekilde yapılmaktadır. Fiziksel Analiz; Zeytinler işletmeye geldiği anda çeşit, yaprak, çöp, vb. yabancı maddelerden temizlenerek ön işlemlerden geçirilir. Kimyasal Analiz; Zeytinyağının akredite Laboratuvarlarda yağın temel kalite kriterlerini belirleyen kimyasal analizler şunlardır;

Serbest asitlik; zeytinyağında çok önemli bir kalite kriteridir. Serbest yağ asitlik değeri yağların hem ticari olarak sınıflandırılmasında hem de yemeklik veya rafinajlık olarak ayrılmasında kriter olarak kullanılır. Bundan dolayı hasattan başlayarak, yağ olarak sofraya gelene kadar meyvenin içerdiği asitlik değerinin artışına neden olabilecek tüm dış etkenlerden korunması gerekir (Bıyıklı, 2009).

Ultraviyole ışıktaki özgül soğurma; Bu metot, dien konjuge bileşiklerin 232 nm, trien konjuge bileşiklerinin 270 nm dalga boyundaki ışığı absorbe etmesi prensibine dayanmaktadır. Bu konjuge bileşikler yağın oksidasyona maruz kalmasında veya ağartma ve deodorizasyon aşamalarında ortaya çıkar. Analiz sonuçlarının yorumlanmasında tek başına bu kriter eksik kalmaktadır.

Peroksit değeri; yağlar oksidasyona maruz kaldıklarında hidroperoksitler oluşur. Peroksit değeri, oluşan bu hidroperoksitlerin ölçümüdür. Natürel zeytinyağlarında peroksit üst limiti, diğer prina yağlar veya zeytin için yasal olan limitten yüksektir. Rafinasyon basamakları sırasında özellikle deodorizasyon aşamasında verilen yüksek

sıcaklıklarda oluşan peroksitler daha sonra uygulanan vakum işlemi ile bertaraf edilmektedir (Özdoğan, 2018).

Duyusal Analiz; Zeytinyağının duysal kalitesini etkileyen tat ve aroma, düşük yoğunluklarda bulunan antioksidan özellik gösteren polar uçucu ve fenol bileşikler tarafından sağlanır (Kiritsakis, 1998). Bu fenolik bileşikler kırma ve malaksasyon aşamalarında enzimler ile ortaya çıkar (Aydın, 2022).

Yağdaki uçucu bileşikler çoklu doymamış yağ asitlerinin oksidasyonu ile oluşur. Zeytinyağındaki aromaya katkı sağlayan bileşenlerin %50-75'i aldehitlerdir. Hekzanal, *trans*-2-hekzenal, 1-hekzanol, ve 3-metilbutanol yağa aroma veren başlıca bileşenlerdir (Kiritsakis, 1998). Zeytinyağına yeşil tadı, koku ve burukluk tadı gibi tüketici açısından olumlu özellikleri veren 6 karbonlu bileşikler (aldehitler, alkoller, asetil esterler) toplam uçucu bileşenlerin %60-80'ini oluşturur (Fernandes-Silva ve ark., 2013).

Polifenoller, hidroksitirozol, tirozol, kafeik asit, kumarik asit ve hidroksibenzoik asit yağın duysal karakterlerine etki eden önemli bileşiklerdir. Kaliteli zeytinyağının en önemli göstergesi olan acılık, oleuropeinin hidrolize olmasından sonra oluşan hidroksifenil-etanollerin esterleridir (Kiritsakis, 1998).

Natürel zeytinyağı, ekolojik şartlar, çeşitlilik, yöre, mevsimsel özellikler, ağacın besleme durumu, meyve olgunluk derecesi, depolama şartları ve hasat zamanı gibi özelliklere bağlı olarak ortalama 100'ün üzerinde tat ve koku maddeleri barındırmaktadır. Duyusal analiz için panel oluşturulur. Tadım, panelistlerin birbirini etkilemeyecek özel duysal analiz laboratuvarlarında ve koyu renkli bardaklara hazırlanan numunelerde yapılmaktadır. Panelistler sırası ile numuneleri deneyerek değerlendirmelerini pozitif veya negatif olarak yapar ve forma işler. Duyusal değerlendirmede negatif özellikler; kızışma, çamurlu tortu, posa, küflü, rutubetli, sirkemsi, şarabımsı, ekşi, ransit, bayat oksidedir. Pozitif özellikler meyvemsilik, acılık, yakıcılık olarak değerlendirilmektedir (Tunalıoğlu ve ark., 2016).

2.8. Zeytinyağının Raf Ömrü

Sızma zeytinyağı diğer yağlara göre daha stabildir ve yemeklik yağlara kıyasla raf ömrü daha uzundur. Karakteristik triasilgliserol bileşimi ve antioksidanların (başlıca polar fenoller ve α - tokoferol) zeytinyağındaki varlığı, yağın oksidasyona karşı göstermiş olduğu direncinin başlıca sebepleri olarak kabul edilmektedir. Yağ içerisinde bulunan serbest yağ asitleri, pigmentler, doymamış hidrokarbonlar, enzimler; oksidatif

stabiliteyi minimum değerlerde de olsa olumlu veya olumsuz yönde etkilemektedir. Sızma zeytinyağının raf ömrü, uygun ortam sıcaklığında, acı tadın oluşmadığı, peroksit ve özgül absorpsiyon gibi kalite parametre değerlerinin kabul edilen sınırlar içinde kaldığı süre olarak tanımlanabilir. Zeytinyağının raf ömrünü etkileyen diğer bir parametre ise kullanılan ambalajdır. Paslanmaz çelik tanklar, teneke ve cam ambalajlar yağı oksijen ve ışıktan korur. Yüksek oranda reçine ile kaplanmış polietilen veya oksijen tutucu özelliği olan polimer ambalajlar cam ambalajın yerine tercih edilen örneklerdir (Tsimidou, 2006).

2.9. Zeytinyağında Verim ve Verimi Artırmak Amacı ile Kullanılan Katkılar

Zeytin, her çeşidinde farklı oranlarda olmak üzere yaklaşık olarak %20-30 arasında yağ içermektedir. Yağlı meyveler grubunda olan zeytin ile yağlı tohumlar arasındaki temel fark, yağlı meyveler grubunun yağlı tohumlar grubuna göre yaklaşık %30-50 oranında fazla su içermesidir. Zeytin meyvesinde emülsifiye olarak bulunan lipoproteinler oldukça fazladır. Zeytinin içerisindeki yüksek su, üretim aşamalarında emülsifikasyona neden olarak bazı sorunlar yaratmaktadır. Zeytin kırıcılardan geçtikten sonra yoğurma aşamasında bu sorunların minimize edilmesi oldukça önemlidir. Bu nedenle; meyve hücre duvarının yıkımı ve yağ damlacıklarının birleşmesi gerekmektedir.

Endüstriyel olarak zeytinyağı üretim tesislerinde yağın verimi %80-87 arasında değişmektedir. Yağ, sitoplazmanın kolloidal hücrelerinde hapsedildiği ve proses sonunda oluşan karasu ile emülsiyon oluşturduğu zaman verim %70'lere kadar düşmektedir. Düşen bu verimi artırmak için farklı teknolojik uygulamalarla hücreler parçalanarak yağ miktarı artırılmaktadır (Köylüoğlu ve Özkan, 2012).

Bu teknolojik uygulamaların avantajları; oksidasyona karşı stabilitenin yükselmesi, yağ ekstraksiyonunun daha etkili olması ve yağın kalitesinin düzelmesine katkı sağlaması, emülsiyonu ortadan kaldırarak verimi artırması, proses sonunda oluşan katı atıklardaki yağ miktarının azalması ve filtrasyon işleminin etkinliğinin artırılmasıdır (Cert ve ark., 1996).

2.9.1. Enzim kullanımı

Teknolojik olarak üretim proseslerinde kullanılan enzim preparatları, yağlı hücrelerde selüloz ve pektini parçalayarak meyveden çıkacak yağ miktarlarında artış

sağlamaktadır (Köylüoğlu ve Özkan, 2012). Yapılan bazı araştırmalarda enzim preparatlarının, malaksasyon basamağında ilave edilmesinin, polisakkaritler ile hidrofilik fenollerin kompleksleşmesini azaltabildiği, bu durumun da hamurdaki serbest fenollerin yoğunluğunu artırarak bunların işlem sırasında yağ ve atık sulara karışmasını azaltabileceği görülmüştür. Siyah ve yeşil zeytinlerle yapılan bir çalışmada, bu iki zeytinden elde edilen hamura malaksasyon sırasında pektinaz, pektinaz2, ksilanaz ve selülaz enzimlerini tek tek veya birleşik olarak ilave ederek yağın verimini ve kalitesini incelemişlerdir. Çalışma başında siyah zeytinde verim %14, yeşil zeytinde %8,5 olarak ölçülmüştür. Enzimleri ekleyerek yapılan çalışmadan sonra ise siyah, yeşil zeytinlerde sırası ile %15,7 ve %10 yağ verimleri ölçülmüştür. Bu enzimlerin birlikte karıştırılarak uygulanmasının, ayrı ayrı uygulanmasından daha fazla verim artışı sağladığı saptanmıştır (Ablay ve Gümüşkesen, 2019).

2.9.2. Talk kullanımı

Zeytinyağından yağ çıkarılırken malaksasyon sırasında hamur içerisinde hücrelerde yağ birikimi oldukça fazladır (Gümüşkesen ve ark., 2001). Bu hamur içerisinde yağ etkin bir şekilde ayırmak olgunlaşmamış zeytinlerde, olgunlaşmış ve tam hasat zamanında hasat edilen zeytinlere göre oldukça zordur. Bunun nedeni olgunlaşmamış zeytinlerde bulunan yüksek pektinin emülsiyon oluşturmamasıdır. Bunun önüne geçebilmek için talk, tuz ve kalsiyum karbonat gibi maddeler kullanılmaktadır. (Ablay ve Gümüşkesen, 2019). Yardımcı malzeme olarak kullanılan talk; mikrokristal magnezyum silikattır. Doğal veya sentetik olarak elde edilen, beyaz renkli, ince toz formunda yüksek emicilik özelliği ve kimyasal stabilitesi olan bir inorganik mineraldir. Talk, prosese yoğurma aşamasında yaklaşık %0,3-1 (kütle/kütle) oranında eklenir. Araştırmalar sonucunda yardımcı madde olarak talk kullanımı yağ veriminde bir artış sağlarken, yağın kalitesi üzerine herhangi bir etkisinin olmadığı gözlemlenmiştir. Malaksasyon aşamalarında hamura katılan talk miktarının değişkenliği yağ veriminde istatistiksel olarak etki göstermemektedir. Talk kullanılması yağda, peroksit sayısı ve tokoferol miktarında düşüşe neden olurken, karotenoit, klorofil, fenoller, antioksidan aktivite, K270 (spesifik sönme katsayısı) değerlerinde artış sağlamıştır. Serbest yağ asitlik değerini değiştirmemektedir (Ablay ve Gümüşkesen, 2019).

Ayvalık ve Memecik zeytinlerinin verimi üzerine yapılan bir araştırmada; Ayvalık zeytin çeşidinde talk kullanılmadığında yağ verimi %58,68 olarak

hesaplanmıştır. %1 oranında natürel mikronize talk kullanımı ile beraber yağ veriminin %73,93'e yükseldiği tespit edilmiştir. Mikronize talk kullanım oranının %1,5-2 civarlarına yükseltilmesinin yağ veriminde düşüşe neden olduğu görülmüştür. Aynı şekilde Memecik zeytininde natürel mikronize talk kullanılmadığında ölçülen verim %83,60'tır. %1 oranında talk kullanıldıktan sonra verimin %94,15'e yükseldiği görülmüştür. Ayvalık zeytininde olduğu gibi talk kullanımının %1,5-2 oranlarına yükseltilmesinin verimde düşüşe neden olduğu tespit edilmiş, en uygun talk oranının %1 olduğu belirtilmiştir. Yoğurma sırasında ilave edilen talk, yapısından dolayı hamurda bulunan karasuyu absorbe ederek yağ moleküllerinin makromoleküller haline gelmesine yardımcı olur ve sistemde emülsiyon oluşmasını engeller. Bunun sonucunda da yağ veriminde artış görülür. Natürel mikronize talk kullanımının %1,5-2 değerlerine kadar yükseltilmesi elde edilen yağ miktarını düşürmüş, bu durum, optimum konsantrasyon değerlerinin üzerinde ilave edilen talkın sistemde mevcut olan yağı da absorblayarak katı fazla birlikte sistemden uzaklaştırmasıyla açıklanmıştır (Gümüşkesen ve Otağ, 2023).

Gümüşkesen ve Otağ (2023) tarafından Ayvalık ve Memecik zeytin çeşitlerinde gerçekleştirilen çalışmada, natürel mikronize talk kullanımının yağ verimini artırdığı ve en uygun talk oranının %1 olduğu bildirilmiştir. Söz konusu çalışmada, talkın karasuyu absorbe ederek emülsiyon oluşumunu engellediği ve bu mekanizma ile yağ verimini artırdığı belirtilmiştir.

Mevcut çalışmada ise, doğal talk kullanımının etkileri farklı su ilave oranları (%0, %20 ve %40) ile birlikte değerlendirilmiş ve yağ veriminin yalnızca talk oranına değil, hamur nem içeriği ile olan etkileşimine bağlı olarak değiştiği ortaya konmuştur.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Zeytinler, 2023-2024 güz hasat döneminde Bursa Orhangazi ilçesi Yeniköy köyünden elle hasat edilmiş olarak temin edilmiştir. Gemlik çeşidi zeytinlerin olgunlaşma indeksi yaklaşık 5 seviyesinde tespit edilmiştir. Ön işlemlerde kullanılan mikronize talk (Micro Talc, Agrekal, Antalya, Türkiye) firmasından temin edilmiştir.

Analizlerde kullanılan kimyasallar analitik saflıkta olup; analitik saflıkta aseton, kloroform, hekzan, sodyum tiyosülfat, potasyum iyodür, potasyum hidroksit (KOH), ve sodyum karbonat (Tekkim), glasiyel asetik asit, Folin Ciocalteu's reaktifi, etil alkol, metil alkol, dietil eter (Merck), fenolftalein, sikloheksan ve nişastadır.

3.2. Metot

3.2.1. Zeytin Hamurlarının Hazırlanması

Her deneme için 60 kg zeytin kullanılarak endüstriyel ölçekte yağ ekstraksiyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Yaprak ayırma ve yıkama ünitesi, çekiçli kırıcı, malaksör ve basket santrifüjden oluşan Miniolive Eko800 (Türkiye) zeytinyağı ekstraksiyon ünitesi kullanılmıştır.



Şekil 3.1. Zeytin numuneleri

Zeytin hamurlarından ilki herhangi bir su ilavesi yapılmadan işlenmiş ve su ilavesiz hamur olarak tanımlanmıştır. İkinci parti hamura %20 su, üçüncü parti hamura ise %40 su ilave edilmiştir. Aynı zamanda, su ilavesiz ve su ilave edilmiş zeytin hamurlarının her biri kendi içerisinde dört alt gruba ayrılmıştır. Alt gruplar, talk ilave edilmeden ve %1, %2 ve %3 talk ilave edilerek malaksiyona tabi tutulmuştur.



Şekil 3.2. Zeytin hamurlarının hazırlanışı ve isimlendirilmesi

3.2.2. Zeytinyağında yapılan analizler

3.2.2.1. Zeytinyağı veriminin belirlenmesi

Her numune için, presleme sonrasında hesaplanan zeytinyağı miktarının (g) başlangıçta kullanılan zeytinyağı miktarına (g) oranıdır. Verim aşağıda belirtilen denklem kullanılarak hesaplanmış ve yüzde (%) olarak ifade edilmiştir.

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

$A_{\text{yağ}}$ yağın kütlesi (kg) ve A_{hamur} ise kullanılan zeytin hamurunun kütlesi (kg).

3.2.2.2. Serbest yağ asitliği analizi

Serbest yağ asitleri, yağ matrisinde trigliserit moleküllerine ester bağıyla bağlı olmayan ve serbest formda bulunan yağ asitleridir. Yağların serbest yağ asidi içeriği, kalite değerlendirmesinde temel göstergelerden biri olarak kabul edilmektedir. Serbest yağ asitliği, AOCS Official Method Ca5a-40'a göre yapılmıştır (AOCS, 1989). Yağ, erlen içerisine yaklaşık 2 g olacak şekilde tartılmış ve 75 ml %95'lik etanol-dietil eter karışımında (1:1, v/v) çözülmüştür. 3-4 damla fenolfitalein damlatılarak 0.01N KOH çözeltisi ile renk pembe oluncaya kadar titre edilmiştir. Sonuçlar oleik asit (%) cinsinden verilmiştir (EEC, 1991).

3.2.2.3. Peroksit değeri (PV) tayini

Peroksit sayısı, yağların 1 kg'ında bulunan peroksit oksijeninin miliekivalen gram ($\text{meq}[\text{O}_2]\text{kg}^{-1}[\text{yağ}]$) olarak miktarıdır (EEC, 1991). Peroksit değeri, AOCS Off. Method Cd8-53'a göre yapılmıştır.

3.2.2.4. pH ve nem tayini

Zeytin hamurlarının pH değeri, örnekler saf su ile homojenize edildikten sonra pH metre ile ölçülmüştür.

Nem tayini için, tartım kapları, sabit ağırlık elde edilinceye kadar 135 °C’de ayarlanmış etüvde 30 dakika bekletilmiş, ardından desikatöre alınarak yaklaşık 45 dk süreyle soğumaya bırakılmıştır. Soğutma işlemi tamamlanan kapların daraları tartılarak kaydedilmiştir. Daha sonra her bir tartım kabına 5 g zeytin hamuru örneği konulmuş ve örnekler 105 °C’de ayarlanmış etüvde 24 saat boyunca kurutulmuştur. Kurutma sürecinin ardından kaplar etüvden çıkarılarak tekrar desikatöre alınmış ve yaklaşık 45 dk soğutulmuştur. Soğuyan örnekler yeniden tartılarak ağırlıkları kayıt altına alınmıştır. Nem oranı, elde edilen tartım sonuçları kullanılarak ilgili formüle göre hesaplanmış ve analiz iki paralel olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

$$\%Nem\ i\c{c}eri\i{g}i = 100 - [(Son\ tartım - Dara) / İlk\ tartım * 100]$$

3.2.2.5. Toplam fenolik madde tayini

10 g zeytinyağı tartılmış ve 5 mL n-hekzan içerisinde çözündürülmüştür. Bu çözeltiye 10 mL metanol-su karışımı ilave edilerek yaklaşık 2 dk süreyle vortekslenmiştir. Ardından örnekler 3000 rpm hızda 5 dk boyunca santrifüjlenmiştir. Santrifüj işlemi sonrasında fazların ayrılması ayırma hunisi kullanılarak gerçekleştirilmiş, hekzan fazı alındıktan sonra ekstraksiyon işlemi aynı koşullarda bir kez daha tekrarlanmıştır.

Toplam fenolik madde miktarının belirlenmesi amacıyla elde edilen ekstraktan 0,2 mL deney tüpüne aktarılmış ve üzerine 4,8 mL saf su eklenerek toplam hacim 5 mL’ye tamamlanmıştır. Karışıma 0,5 mL Folin–Ciocalteu reaktifi (saf su ile 1:3, v/v oranında seyreltilmiş) ilave edilerek karıştırılmış ve 30 dakika süreyle karanlık ortamda inkübasyona bırakılmıştır. Bunu takiben, karışıma 1 mL %35’lik sodyum karbonat çözeltisi ile 3,5 mL saf su eklenmiş ve örnekler karanlıkta yaklaşık 2 saat bekletilmiştir. Süre sonunda absorbans değerleri 725 nm dalga boyunda spektrofotometrik olarak ölçülmüştür.

3.2.2.6. Renk tayini (L^* , a^* , b^*)

Renk ölçümleri, Minolta Chroma Meter CR-400 (Minolta Co., Osaka, Japonya) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ölçüm öncesinde cihaz, standart beyaz referans yüzeyine sahip kalibrasyon plakası ile kalibre edilmiş ve CIE Standart Aydınlatıcı C koşullarına göre ayarlanmıştır. Renk ölçümleri, cihazın uygun başlığının beher yüzeyine temas ettirilmesiyle her bir örnek için en az üç tekrar halinde yapılmış ve elde edilen değerler kayıt altına alınmıştır. CIE Lab^* renk sistemine göre, L^* değeri rengin parlaklık düzeyini ifade etmekte olup 0 (siyah) ile 100 (beyaz) arasında değişmektedir. a^* koordinatının pozitif değerleri kırmızılığı, negatif değerleri yeşil tonu; b^* koordinatının pozitif değerleri sarılığı, negatif değerleri ise maviliği temsil etmektedir.

3.2.2.7. Pektin fraksiyonlarının kantitatif analizi

Etanolde Çözünmeyen Katı Madde (EÇK) Ekstraksiyonu; 5 g zeytin ezmesi örneğine 20 mL %80 etanol eklenmiş ve 3 dk homojenize edilmiştir (Ultraturrax, model T18, IKA, Staufen, Almanya). Karışım, su banyosunda 10 dk 100°C'de kaynatılmış ve ardından oda sıcaklığına soğutulmuştur. Soğutulmuş örnek filtrelenmiş ve kalıntı 10 mL %80 etanol ve 10 mL %100 aseton ile yıkanmıştır. Süzüntü 38°C'de bir kurutucuda kurutulmuştur (Seo ve ark. 2018).

Çözünür Pektin Fraksiyonlarının Ekstraksiyonu; 0,1 g EÇK üzerine 14 mL saf su eklenmiş ve karışım 30°C'de 15 dk. inkübe edilmiştir. Filtrasyondan sonra, EÇK aynı koşullar altında art arda iki kez ekstrakte edilmiştir. Süzüntü hacmi, suda çözünür pektin fraksiyonunu elde etmek için saf su ile 50 mL'ye tamamlanmıştır. Kalan ekstrakt kalıntısına 14 mL 0,1 M Tris/HCl tamponu ve %0,2 EDTA çözeltisi eklenmiş ve kalıntı 30°C'de üç kez ekstrakte edilmiştir. Süzüntü iyonik olarak bağlı pektin veya şelat çözünür pektin olarak adlandırıldı. Daha sonra, şelat çözünür pektin ekstrakt kalıntısı 30°C'de 15 dk. 14 mL 0,05 M NaOH çözeltisi ile üç kez ekstrakte edilmiştir. Böylece kovalent olarak bağlı pektin veya çözünmeyen pektin fraksiyonu elde edilmiştir (NaOH çözünür pektin). Toplam pektin içeriği, üç pektin fraksiyonunun toplanmasıyla elde edilmiştir (Rouse ve ark., 1962; Levi ve ark. 1988, Zhang ve ark., 2007).

Pektinaz Enzim Ekstraksiyonu; 0,2 g EÇK'nın %95 etanol içerisinde karıştırılmasının ardından, 40 mL %0,5'lik versen çözeltisi (1 L damıtılmış su içerisinde çözünmüş 5 g etilendiamin tetraasetik asit tetrasodyum tuzu) ilave edilmiştir. 1 N NaOH

çözeltisi ile pH 11,5'e ayarlanmış ve 30 dk süreyle 25°C'de tutulmuştur. pH, asetik asit kullanılarak 4,0 ila 4,5 arasında tutulmuştur. Son olarak, 1 saat reaksiyona girmesi için 30 mg pektinaz eklenmiş ve enzim ekstraktı olarak kullanılmıştır (McCready ve McComb, 1952).

Pektin Miktarının Belirlenmesi; Fraksiyon ekstraktları ve enzim ekstraktının her birinden 1 mL cam tüpe alınmış, karışım 5 dk. buzlu su banyosunda soğutulmuş ve ardından 6 mL 12,5 mM H₂SO₄/tetraborat çözeltisi (tetraborat H₂SO₄ içinde çözülmüş) eklenmiştir. Numune daha sonra vortekslenerek 100°C'de 5 dk. kaynatılmış ve hemen buzlu su banyosunda soğutulmuştur. Karbonhidrat inhibisyonu için 0,1 mL %0,5 NaOH çözeltisi ve renk gelişimi için 0,1 mL %0,15 m-hidroksidifenil çözeltisi eklenmiştir. 30 dk. sonra, absorbans 520 nm'de bir UV spektrofotometre (Biochrom Libra S22, Cambridge, İngiltere) kullanılarak ölçülmüştür. Standart eğri, galakturonik asit monohidrat kullanılarak hazırlanmıştır (Blumenkrantz ve Asboe-Hansen 1973; Kintner ve Van Buren 1982).

3.3. İstatistik Analiz

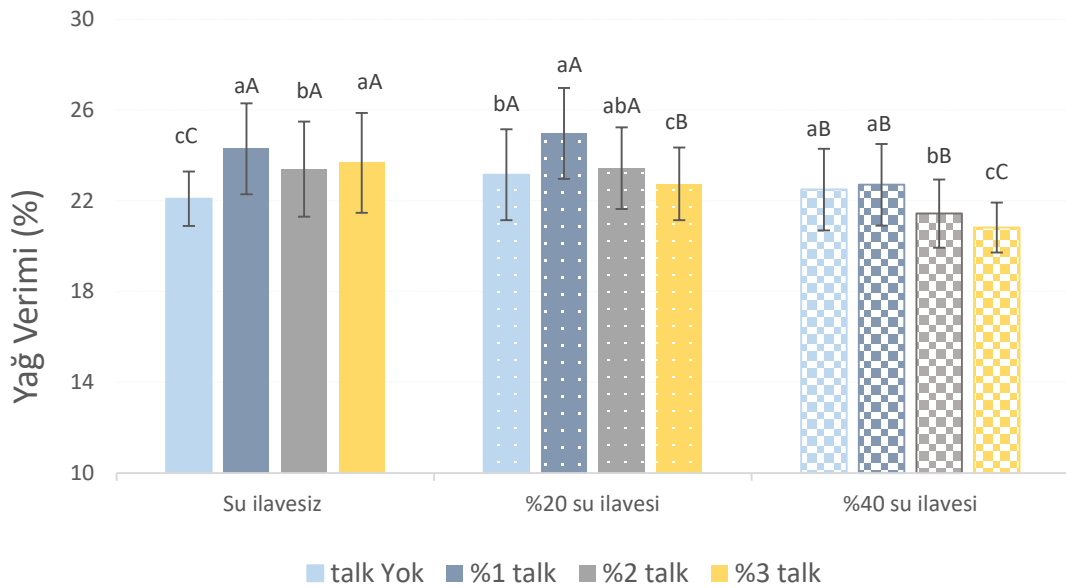
Sunulan tüm değerler, standart sapmalarla birlikte iki ayrı tespitin ortalamalarıdır. İstatiksel analizler SPSS 17.0 yazılımı kullanılarak Duncan çoklu karşılaştırma ile gerçekleştirilmiştir.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Çalışmada zeytinyağı hamuruna, ezme işleminden sonra yoğurma sırasında farklı oranlarda su ve talk ilavesi yapılmıştır. Elde edilen zeytinyağının verimi ve bu yağların bazı kimyasal ve fiziksel özellikleri incelenmiştir.

4.1. Verim Değerlerine İlişkin Bulgular

Zeytinyağı % verim değerleri incelendiğinde, Zeytinyağı verim değerleri incelendiğinde, talk ve su ilavesi oranlarına bağlı olarak istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.1.). Talk ilavesi olmayan numunelerde verim değerleri %22,09–23,15 aralığında değişirken, %1 ve %2 oranında talk ilavesi yapılan numunelerde genel olarak daha yüksek verim değerleri elde edilmiştir.



Şekil 4.1. Zeytinyağı verim değerleri (%)

**Farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel ($p < 0,05$) farklılıklar vardır. Küçük harfler farklı talk oranları arasındaki, büyük harfler farklı su oranları arasındaki karşılaştırma için kullanılmıştır.*

En yüksek yağ verimi, %1 talk ve %20 su ilavesi uygulanan zeytin hamurunda elde edilmiş olup verim değeri %24,97 olarak tespit edilmiştir. Su ilavesiz koşullarda talk içermeyen örnekler daha düşük verim değerleri gösterirken, %1 talk ilavesi yapılan örneklerde verimde belirgin bir artış gözlenmiştir.

%20 su ilavesi uygulanan örneklerde, talk ilavesinin verim üzerindeki olumlu etkisi daha net ortaya çıkmış; %1 talk oranında maksimum verime ulaşılmıştır. Buna karşılık, talk oranının %2 ve %3'e çıkarılması verim değerlerinde kademeli bir azalmaya yol açmıştır. %40 su ilavesi yapılan zeytin hamurlarında ise yağ verimi genel olarak düşmüş, talk ilavesi bu koşullarda sınırlı bir iyileşme sağlamıştır. Özellikle yüksek talk oranlarında (%2 ve %3), verim değerlerinin su ilavesiz ve %20 su ilaveli örneklerle kıyasla anlamlı derecede düşük olduğu belirlenmiştir.

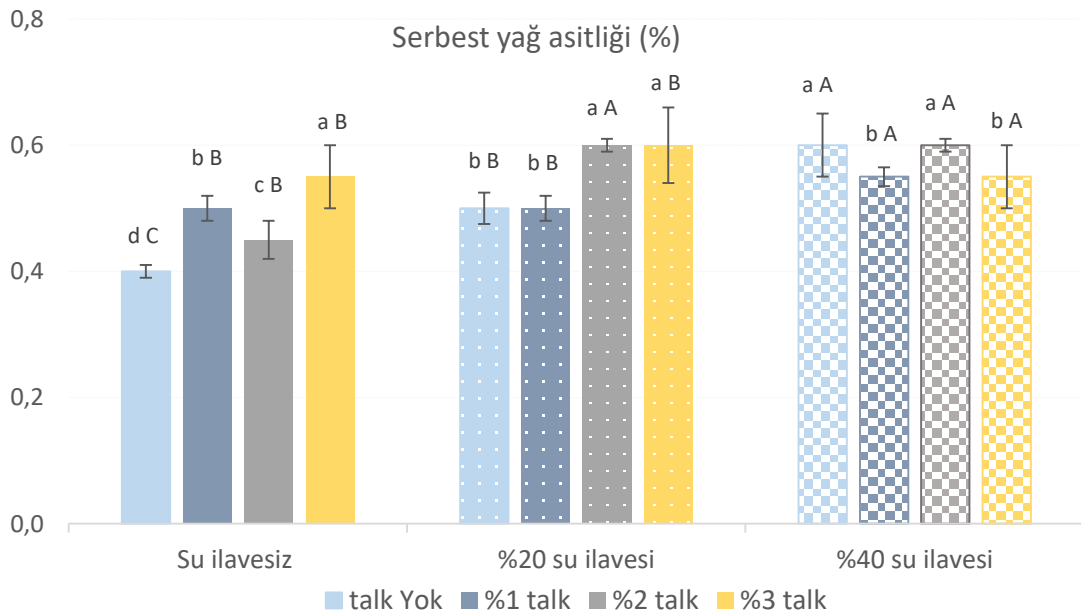
Genel olarak değerlendirildiğinde, düşük düzeyde (%1) talk ilavesinin, orta düzeyde su ilavesi (%20) ile birlikte uygulandığında zeytinyağı verimini maksimize ettiği; buna karşılık yüksek su ilavesinin (%40) verim üzerinde olumsuz bir etki oluşturduğu sonucuna varılmıştır.

Yüksek su (%40) ve yüksek talk (%3) ilavelerinin yağ verimi üzerindeki olumsuz etkisi, zeytin hamurunda oluşan mikro yapısal ve faz davranışı değişimleriyle açıklanabilir. Literatürde, yüksek su ilavesinin yağ-su emülsiyonlarının stabilitesini artırdığı ve santrifüjle faz ayrımını zorlaştırdığı belirtilmiştir (Akbarnia ve Rashvand, 2019; Cecchi ve ark., 2019). Su fazının yüksek olması, yağ damlacıklarının koalesansını engelleyerek daha küçük, stabil emülsiyon damlacıklarının oluşmasına yol açar; bu durumda santrifüj ayrımı için gereken kinetik enerji artar ve net yağ verimi azalır. Ek olarak, Moya ve ark. (2018) yüksek nem koşullarında coadjuvantların (örn. talk) agregasyon davranışının değiştiğini ve bu nedenle etkin yüzey alanlarının düştüğünü rapor etmişlerdir. Bu da, talkın hücre duvarı kırılmasını ve yağ serbestleşmesini teşvik etme kapasitesini sınırlamaktadır. Benzer şekilde Sadkaoui ve ark. (2017) mikronize doğal talkın hücre duvarı polisakkaritleri üzerindeki etkisini incelemiş, talkın daha düşük nem koşullarında pektik matrisi zayıflattığını ancak su fazının artmasıyla bu etkinin azalabildiğini göstermiştir. Bu mekanizma, bizim verilerimizde yüksek talk oranında bile %40 su ilaveli örneklerde verim değerinin düşük kalmasını açıklamaktadır. Ayrıca yüksek talk yükünün, artan su varlığıyla birlikte hamurun viskozitesini yükselterek yağ-su faz ayrımını olumsuz etkileyebileceği düşünülmüştür. Dolayısıyla, yüksek su içeriğinin stabil emülsiyonlar oluşturması ve faz ayrımı için gerekli enerjinin artması, talk miktarı artışının verim artışıyla doğru orantılı sonuçlanmamasının başlıca nedenleri olarak değerlendirilebilir.

Doğal talk ilavesi ve hamur nem içeriğinin yağ verimi üzerindeki etkileri değerlendirildiğinde, bazı uygulamalarda verimde artış gözlenmesine rağmen bu artışın

talk oranı ve pektin fraksiyonlarındaki değişimle doğrusal bir ilişki göstermediği belirlenmiştir. Doğal talkın, zeytin hamurunun plastisitesini iyileştirerek ve yağ damlacıklarının koalesansını teşvik ederek ekstraksiyon verimini artırdığı bilinmekle birlikte, bu etkinin belirli bir eşik değerin üzerinde doygunluğa ulaştığı literatürde açıkça rapor edilmiştir (Caponio ve ark., 2016; Vidal ve ark., 2018). Özellikle artan hamur nem içeriği ile birlikte, yağ-su emülsiyonlarının stabilitesinin artması ve katı fazın seyreilmesi, talkın olumlu etkisini sınırlamış olabilir (Akbaria ve Rashvand, 2019; Moya ve ark., 2018). Ayrıca, pektin fraksiyonlarındaki azalma hücre duvarı bütünlüğünü zayıflatarak yağ salınımını kolaylaştırır da, nihai verimin yalnızca pektin yapılarının modifikasyonu ile belirlenmediği; yağ damlacıklarının birleşme derecesi, emülsiyon davranışı ve santrifüjle faz ayrımı gibi süreçlerin birlikte etkili olduğu anlaşılmaktadır (Masella ve ark., 2008; Sadkaoui ve ark., 2017). Bu nedenle, yağ veriminin; hamur nemi, talk ilavesi ve hamur mikro yapısındaki değişimlerin karmaşık etkileşimi sonucu şekillendiği ve bu parametrelerin birlikte optimize edilmesinin gerekli olduğunu belirtmek gerekir (Cecchi ve ark., 2019; Squeo ve ark., 2020).

4.2. Serbest Yağ Asitliği Değerine İlişkin Bulgular



Şekil 4.2. Zeytin yağı örneklerinin serbest yağ asitliği (% , oleik asit) değerleri

*Farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel ($p < 0,05$) farklılıklar vardır. Küçük harfler farklı talk oranları arasındaki, büyük harfler farklı su oranları arasındaki karşılaştırma için kullanılmıştır.

Şekil 4.2.'de zeytinyağı için kalite parametrelerinden serbest asitlik değerlerine yer verilmiştir. Serbest yağ asitliği analiz sonuçları birlikte değerlendirildiğinde, zeytinyağı kalitesi üzerinde hamur nem içeriğinin ve su ilave oranının baskın bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. Su ilavesinin artmasıyla birlikte serbest yağ asitliği değerlerinde genel bir yükselme eğilimi gözlenmiş, bu durum hamur ortamında suyun artmasının trigliseritlerin hidrolizini hızlandırarak serbest yağ asidi oluşumunu teşvik edebileceğini göstermiştir. Özellikle talk kullanılmayan numunelerde bu artışın daha belirgin olması, suyun kalite parametreleri üzerindeki doğrudan etkisini ortaya koymaktadır.

Serbest yağ asitliği analiz sonuçları birlikte değerlendirildiğinde, zeytinyağı kalitesi üzerinde hamur nem içeriğinin ve su ilave oranının baskın bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. Su ilavesinin artmasıyla birlikte serbest yağ asitliği değerlerinde genel bir yükselme eğilimi gözlenmiş, bu durum hamur ortamında suyun artmasının trigliseritlerin hidrolizini hızlandırarak serbest yağ asidi oluşumunu teşvik edebileceğini göstermiştir. Özellikle talk kullanılmayan numunelerde bu artışın daha belirgin olması, suyun kalite parametreleri üzerindeki doğrudan etkisini ortaya koymaktadır.

Doğal talk kullanımının, hamurun fiziksel yapısını iyileştirerek yağ fazının ayrılmasını kolaylaştırmasına rağmen, serbest yağ asitliği üzerinde sınırlı ve koşullara bağlı bir etki gösterdiği belirlenmiştir. Düşük ve orta seviyelerde talk ilavesinin bazı numunelerde serbest yağ asitliği değerlerini dengeleyici bir rol oynadığı görülse de, yüksek su ilavesi koşullarında bu etkinin azaldığı ve talk ilavesinin serbest yağ asitliği artışını tamamen engelleyemediği anlaşılmaktadır.

Bununla birlikte, yüksek talk oranının (%3) serbest yağ asitliği açısından belirgin bir iyileşme sağlamadığı, hatta bazı durumlarda değerlerin benzer seviyelerde seyrettiği tespit edilmiştir. Bu durum, doğal talk kullanımında optimum bir dozajın bulunduğunu ve belirli bir oranın üzerine çıkıldığında kalite parametreleri açısından ek bir avantaj sağlanmadığını ortaya koymuştur.

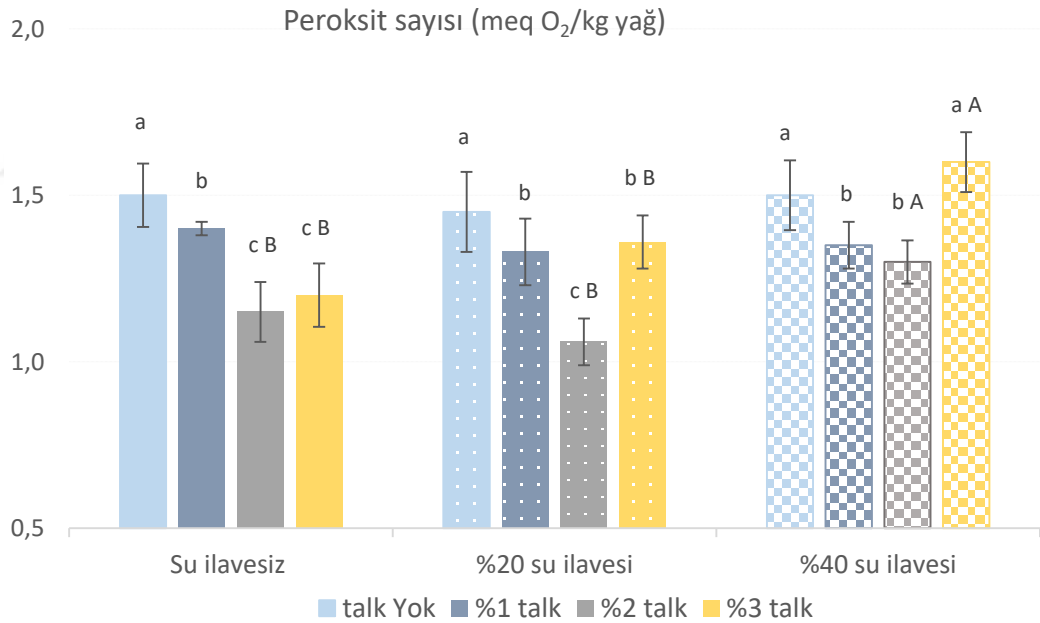
Sonuç olarak, serbest yağ asitliği açısından zeytinyağı üretiminde en kritik unsurun hamur nem içeriğinin kontrolü olduğu; doğal talk kullanımının ise bu temel etkiyi destekleyici ancak ikincil bir faktör olarak değerlendirilmesi gerektiği ortaya konmuştur. Bu bulgular, zeytinyağı üretiminde su ilavesi ve doğal talk kullanımının birlikte optimize edilmesinin hem proses verimliliği hem de nihai ürün kalitesinin korunması açısından büyük önem taşıdığını göstermektedir.

4.3. Peroksit Değerlerine İlişkin Bulgular

Bir maddenin üzerindeki oksijenin varlığını gösteren ölçütlerden biri peroksit değeridir ve ürünün kalitesi açısından önemli bir parametredir. Hammaddenin ürünün farklı çeşitlerden elde edilmesi, ürünün hasat zamanı, olgunlaşma derecesi ve ayrıca ürünün işleme koşullarıyla birlikte depolama şartları da yağların peroksit sayılarında belirlenen farklılıklardan etkilendiği bilinmektedir.

Peroksit analizi sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde, Şekil 4.3’de peroksit değeri üzerinde doğal talk kullanım oranının, su ilavesine kıyasla daha belirleyici bir faktör olduğu görülmektedir.

Özellikle %1 ve %2 talk ilavesi yapılan numunelerde peroksit değerlerinin düşük seviyelerde seyretmesi, uygun oranlarda talk kullanımının zeytinyağının oksidatif stabilitesini olumlu yönde etkileyebileceğini ortaya koymaktadır.



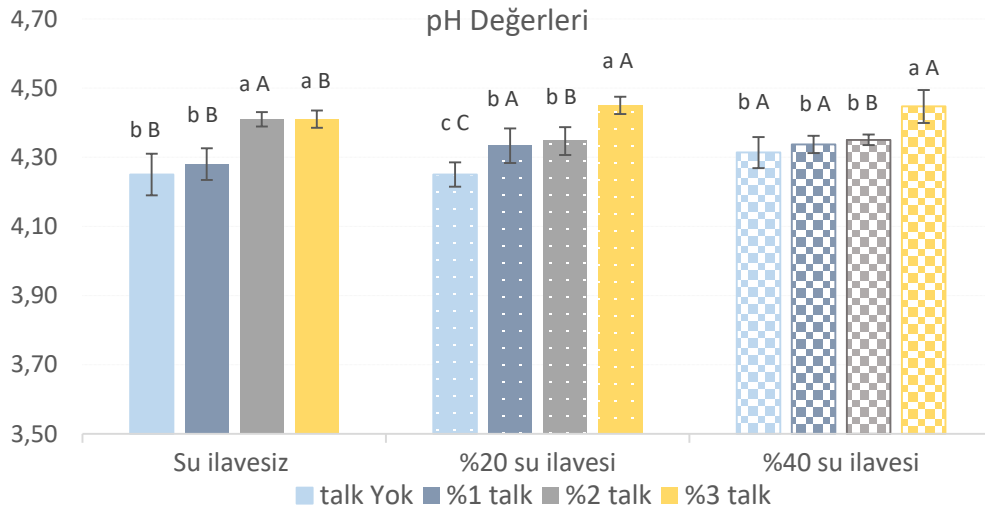
Şekil 4.3. Zeytin yağı örneklerinin peroksit değerleri (meq O₂/kg yağ)

**Farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel ($p < 0,05$) farklılıklar vardır. Küçük harfler farklı talk oranları arasındaki, büyük harfler farklı su oranları arasındaki karşılaştırma için kullanılmıştır.*

Bu durum talkın yağ–su emülsiyonlarını azaltarak ve oksijenin yağ fazına geçişini sınırlandırarak oksidatif reaksiyonları baskılamasıyla ilişkilendirilmiştir. Literatürde, doğal talk kullanımının zeytinyağı ekstraksiyonu sırasında oksidatif

bozulmayı artırmadığı, aksine bazı koşullarda peroksit değerlerini düşürebildiği rapor edilmiştir (Caponio ve ark., 2016; Vidal ve ark., 2018; Elsorady, 2020). Buna karşın, yüksek su ilavesi (%40) ile birlikte yüksek talk oranlarının (%3) uygulanması durumunda peroksit değerlerinde belirgin bir artış gözlenmiş, bu kombinasyonun oksidatif bozulmayı teşvik edebileceği anlaşılmıştır. Bu durum, hamur nem içeriğinin artmasıyla birlikte oksijenle temasın ve oksidatif reaksiyonların hızlanabileceğini düşündürmektedir. Yüksek nem içeriğinin, yağ-su ara yüzey alanını artırarak oksijen transferini kolaylaştırdığı ve lipid oksidasyonunu hızlandırdığı bilinmektedir (Akbarnia ve Rashvand, 2019; Cecchi ve ark., 2019). Ayrıca Moya ve ark. (2018), yüksek nem koşullarında yardımcı maddelerin agregasyon davranışının değiştiğini ve koruyucu etkilerinin zayıflayabildiğini bildirmiştir. Bu bağlamda, %40 su ve %3 talk kombinasyonunda gözlenen daha yüksek peroksit değerleri, yüksek su içeriğine bağlı artan emülsiyon stabilitesi ve oksidatif reaksiyonlara daha elverişli bir mikro ortam oluşmasıyla açıklanabilir.

4.4. pH Değerlerine İlişkin Bulgular



Şekil 4.4. Zeytin hamurlarının pH değerleri

*Farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel ($p < 0,05$) farklılıklar vardır. Küçük harfler farklı talk oranları arasındaki, büyük harfler farklı su oranları arasındaki karşılaştırma için kullanılmıştır.

Zeytin hamurlarının pH değerleri Şekil 9’da belirtilmiştir. Elde edilen pH ölçüm sonuçları incelendiğinde, tüm numunelerin pH değerlerinin 4,25–4,45 aralığında olduğu görülmektedir.

Talk ilavesi olmayan örneklerde pH değerleri daha düşük ve değişkenlik gösterirken, talk ilavesiyle birlikte pH değerlerinde hafif bir artış ve daha dengeli bir dağılım gözlenmiştir. Özellikle %2 ve %3 oranında talk içeren numunelerde pH değerlerinin su ilavesi oranına bağlı olarak sınırlı değişim gösterdiği gözlenmiştir.

Su ilavesinin pH üzerindeki etkisi değerlendirildiğinde, %20 ve %40 oranlarında yapılan su ilavelerinin pH değerlerini sınırlı düzeyde yükselttiği görülmektedir. Bu durum, su ilavesinin ortamın asidik yapısını kısmen seyrelterek pH üzerinde dengeleyici bir etki oluşturduğunu göstermektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, talk ve su ilavelerinin pH üzerinde belirgin ancak sınırlı bir etkiye sahip olduğu, sistemin asidik karakterini korumakla birlikte bu katkıların pH stabilitesini artırdığı sonucuna varılmıştır.

4.5. Nem Değerlerine İlişkin Bulgular

Zeytin hamurlarında ölçülen nem değerleri Çizelge 4.1.’de belirtilmiştir;

Çizelge 4.1. Zeytin hamurlarında belirlenen nem değerleri (%)

Su ilave oranı	Talk ilave oranı	Nem içeriği (%)
Su ilavesiz hamur	<i>talk ilavesiz</i>	33,05±0,95 b B
	%1 <i>talk</i>	32,40±0,57 a C
	%2 <i>talk</i>	31,38±0,90 a B
	%3 <i>talk</i>	30,30±0,41 b B
%20 su ilavesi	<i>talk ilavesiz</i>	37,06±0,93 c B
	%1 <i>talk</i>	36,07±0,90 b B
	%2 <i>talk</i>	34,97±0,27 a A
	%3 <i>talk</i>	34,10±0,90 a A
%40 su ilavesi	<i>talk ilavesiz</i>	41,20±0,61 c A
	%1 <i>talk</i>	40,02±0,22 b A
	%2 <i>talk</i>	38,89±0,90 a A
	%3 <i>talk</i>	38,04±0,55 b A

*Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasında %5 düzeyinde farklılık vardır (Küçük harfler farklı talk oranları arasındaki, büyük harfler farklı su oranları arasındaki karşılaştırma için kullanılmıştır).

Elde edilen bulgular, zeytin hamuruna uygulanan su ilavesinin hamurun nem içeriği üzerinde belirleyici bir etkiye sahip olduğunu ve nem oranının su ilave miktarına bağlı olarak düzenli bir artış gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Bu durum, uygulanan deneysel yöntemin kontrollü ve tutarlı olduğunu göstermesi açısından da önem taşımaktadır.

Hamur nem içeriğindeki artış, zeytinyağı üretim sürecinde özellikle yoğurma (malaksasyon) aşamasında hamurun fiziki yapısını ve akışkanlık özelliklerini doğrudan etkilemektedir. Yüksek nem içeriğine sahip hamurların daha yumuşak ve akışkan bir yapı sergilemesi, yağ damlacıklarının birleşmesini ve faz ayrımını kolaylaştırabilmektedir. Buna karşın, düşük nem içeriğine sahip hamurların daha viskoz bir yapı göstermesi, yağ verimini ve separasyon verimliliğini olumsuz yönde etkileyebilmektedir.

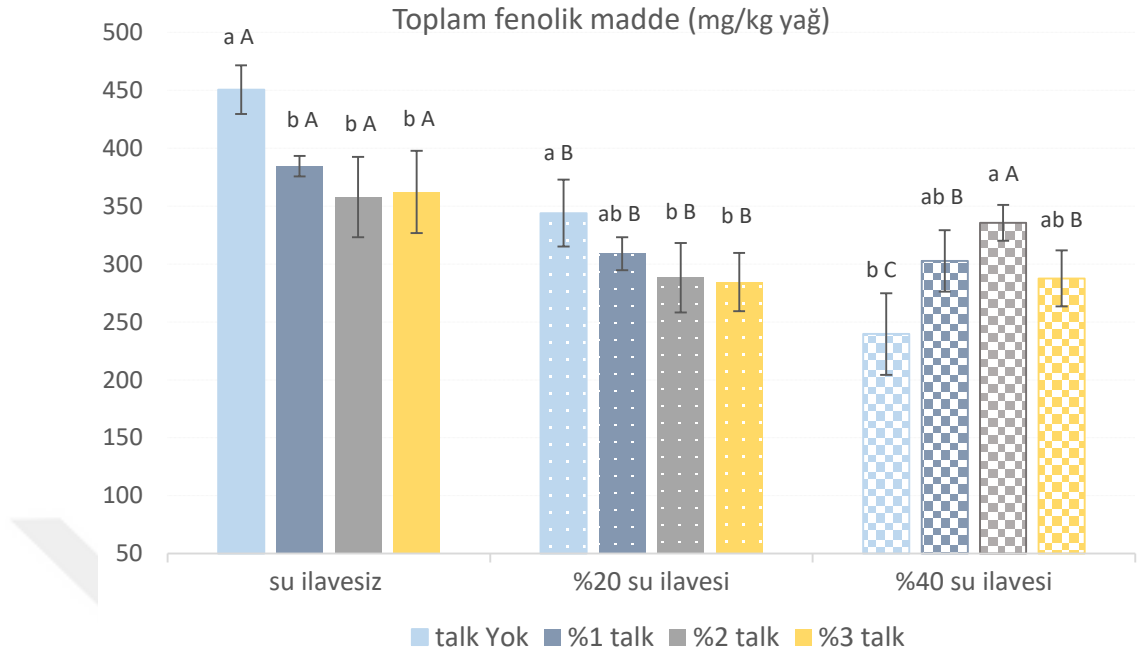
Bu bağlamda, hamur nem içeriği ile doğal talk kullanım oranı arasında anlamlı bir ilişki bulunması beklenmektedir. Nem oranı düşük olan hamurlarda, hamurun katı faz içeriğinin artması ve separasyonun zorlaşması nedeniyle doğal talk kullanımına olan ihtiyacın artabileceği; nem oranı yüksek hamurlarda ise talk kullanım ihtiyacının azalabileceği öngörülmektedir. Dolayısıyla, su ilavesi yoluyla hamur neminin kontrol edilmesi hem proses verimliliğinin artırılması hem de doğal talk kullanımının optimize edilmesi açısından önemli bir parametre olarak değerlendirilmektedir.

Bu sonuçlar, zeytinyağı üretiminde hamur nem içeriğinin kontrolünün, kalite ve proses optimizasyonu açısından dikkate alınması gereken temel faktörlerden biri olduğunu göstermektedir.

4.6. Toplam Fenolik Madde Analizine İlişkin Bulgular

Zeytin hamurunun malaksasyonu esnasında su ilave oranının artması fenolik bileşik miktarında azalmaya yol açmıştır. Su ilavesiz hamurlarda en yüksek fenolik değerler elde edilirken, %40 su ilavesi yapılan hamurlarda fenolik içeriğin düştüğü görülmüştür. Bu durum, fenolik bileşiklerin karasu fazına geçmesiyle ilişkilidir.

Zeytin yağı örneklerinin toplam fenolik madde içerikleri nicel olarak değerlendirildiğinde, Şekil 4.5.'de su ve talk ilavesinin fenolik bileşiklerin yağ fazındaki korunumu üzerinde önemli etkiler oluşturduğu görülmektedir. En yüksek toplam fenolik madde içeriği, su ve talk ilavesi yapılmayan örneklerde yaklaşık 450 mg GAE/kg yağ olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.5. Zeytin yağı örneklerinin toplam fenolik değerleri (mg GAE/kg yağ)

**Farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel ($p < 0,05$) farklılıklar vardır. Küçük harfler farklı talk oranları arasındaki, büyük harfler farklı su oranları arasındaki karşılaştırma için kullanılmıştır.*

Buna karşılık, en düşük fenolik değerler, talk ilavesiz %40 su ilaveli örneklerde (239 mg GAE/kg yağ) ile %3 talk ve su ilavesi yapılan yağlarda (yaklaşık 284–289 mg GAE/kg yağ) tespit edilmiştir. Ayrıca, %2 talk ve %20 su ilavesi uygulanan örneklerde de toplam fenolik madde içeriğinin görece düşük seviyelerde kaldığı belirlenmiştir.

Su ilavesiz ve %20 su ilaveli üretim koşullarında, talk kullanımının toplam fenolik madde içeriğinde genel olarak bir azalmaya yol açtığı dikkat çekmektedir. Bu durum, fenolik bileşiklerin hidrofilik karakteri nedeniyle, talkın hamur mikro yapısını değiştirerek fenoliklerin sulu faza geçişini kolaylaştırmasıyla açıklanabilir. Benzer şekilde Cecchi ve ark. (2019) ve Akbarnia ve Rashvand (2019), su varlığının fenolik bileşiklerin faz dağılımını belirleyen temel faktörlerden biri olduğunu bildirmiştir. Buna karşılık, %40 su ilavesi yapılan örneklerde, talk kullanımıyla birlikte yağ fazındaki toplam fenolik içeriğin talk ilavesiz örneklere kıyasla arttığı görülmüştür. Bu durum, yüksek nem koşullarında talkın hamur yapısını kısmen stabilize ederek fenoliklerin yağ fazında tutulmasına sınırlı da olsa katkı sağlayabileceğini düşündürmektedir. Ancak bu artış, su ilavesiz ve %20 su ilaveli örneklerde elde edilen fenolik seviyelere

ulaşmamıştır. Literatürde de bildirildiği üzere, yüksek su ilavesi fenolik kayıpları artıran baskın bir faktör olup, talk gibi teknolojik yardımcılardan koruyucu etkileri bu koşullarda sınırlı kalmaktadır (Vidal ve ark., 2018; Caponio ve ark., 2016; Squeo ve ark., 2020; Moya ve ark., 2018). Genel olarak, orta düzey talk ilavesinin (%1–2), özellikle yüksek nem içeriğine sahip hamurlarda, fenolik bileşiklerin korunmasına katkı sağlayabileceği söylenebilir. Bu sonuçlar, doğal talk kullanımının hamur nem içeriğiyle birlikte değerlendirilmesi gerektiğini ve fenolik bileşiklerin korunması açısından dengeleyici bir rol oynayabileceğini göstermektedir.

4.7. Renk Analizine İlişkin Bulgular

Renk, gıdalarda görünümünü, tat algısını ve gıdanın kabulünü etkileyen önemli bir kalite kriteridir. Çalışmada yapılan renk analizi sonucunda su ve talk ilavesi yapılmış zeytin hamurlarının L^* , a^* ve b^* değerleri Çizelge 4.2.'de belirtilmiştir.

Renk analizinde L^* değeri parlaklık, a^* değeri yeşillik-kırmızılık ve b^* değeri mavilik-sarılık kriterlerini temsil etmektedir. Çalışma 3 paralel olacak şekilde yapılmış olup, sonuçlar ortalama değer yazılmıştır.

Çizelge 4.2. Zeytin yağı örneklerinin renk (L^* , a^* ve b^*) değerleri

Su ilave oranı	Talk ilave oranı	L^*	a^*	b^*
Su ilavesiz hamur	<i>talk ilavesiz</i>	31,63 b B	-0,06 a B	4,01 c B
	%1 <i>talk</i>	33,48 a C	-1,95 b C	5,69 a B
	%2 <i>talk</i>	33,38 a B	-1,94 b B	5,65 a A
	%3 <i>talk</i>	31,70 b B	-1,71 b B	4,95 b B
%20 su ilavesi	<i>talk ilavesiz</i>	31,49 c B	-0,29 a B	4,60 c A
	%1 <i>talk</i>	34,07 b B	-1,79 c B	6,48 a A
	%2 <i>talk</i>	36,77 a A	-1,39 b A	5,36 b B
	%3 <i>talk</i>	37,22 a A	-1,25 b A	4,97 bc B
%40 su ilavesi	<i>talk ilavesiz</i>	35,55 c A	0,03 a A	4,50 b A
	%1 <i>talk</i>	36,89 b A	-1,34 b A	5,12 a B
	%2 <i>talk</i>	37,22 a A	-1,42 b A	5,26 a C
	%3 <i>talk</i>	36,72 b A	-1,4 b A	5,16 a A

*Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasında %5 düzeyinde farklılık vardır (Küçük harfler farklı talk oranları arasındaki, büyük harfler farklı su oranları arasındaki karşılaştırma için kullanılmıştır).

Elde edilen L^* , a^* ve b^* değerleri hem su ilavesinin hem de talk kullanım oranının zeytin hamurunun fiziksel ve görsel özelliklerini önemli ölçüde etkilediğini göstermektedir.

Su ilavesi, hamur sisteminin nem içeriğini artırarak partiküller arası etkileşimi ve pigmentlerin dağılımını etkilemiş; bu durum özellikle L^* değerlerinde artış şeklinde kendini göstermiştir. Artan L^* değerleri, hamurun daha açık ve parlak bir görünüm kazandığını ortaya koymaktadır. Ancak yüksek su içeriğiyle birlikte a^* değerlerinin sıfıra yaklaşması, yeşil renk yoğunluğunda kısmi bir azalmaya işaret etmekte olup, bu durum klorofil pigmentlerinin seyreltiği veya homojen dağılımının değiştiği şeklinde yorumlanabilir.

Doğal talk ilavesi, özellikle %1 ve %2 oranlarında kullanıldığında, renk parametreleri üzerinde olumlu bir etki göstermiştir. Talk ilavesiyle birlikte parlaklık (L^*) değerlerinin arttığı, a^* değerlerinin daha negatif hale gelerek yeşil tonların korunduğu ve b^* değerlerinin artmasıyla sarı tonların belirginleştiği tespit edilmiştir. Bu durum, talkın hamur yapısını düzenleyerek pigmentlerin daha homojen dağılmasını sağladığını ve ışık yansıtma özelliklerini iyileştirdiğini düşündürmektedir.

Bununla birlikte, yüksek talk oranlarında (%3) renk parametrelerinde belirgin bir iyileşme sağlanamadığı, bazı uygulamalarda ise L^* ve b^* değerlerinde sınırlı düşüşlerin meydana geldiği görülmüştür. Bu bulgu, talk kullanımının belirli bir optimum seviyeye kadar fayda sağladığını, aşırı kullanımın ise hamur yapısında doygunluk oluşturarak renk özellikleri üzerinde beklenen olumlu etkiyi azaltabileceğini göstermektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, orta ve yüksek nem içeriğine sahip zeytin hamurlarında (%20–40 su ilavesi), %1–2 oranında doğal talk kullanımının, hamurun daha parlak, dengeli ve zeytinyağı üretimi açısından istenen renk karakteristiklerine sahip olmasına katkı sağladığı sonucuna varılmıştır.

4.8. Pektin Fraksiyonlarının Miktarlarına İlişkin Bulgular (Mg/100 G Alkolde Çözünmeyen Katı Madde)

Zeytinyağı üretiminde doğal talk kullanım oranının ve hamur nem içeriğinin, zeytin hamurundaki pektin fraksiyonlarının dağılımı üzerindeki etkilerini gösteren Çizelge 4.3. incelendiğinde, su ve talk ilavelerinin pektinin çözünürlük özelliklerini ve toplam pektin miktarını önemli ölçüde etkilediğini, dolayısıyla hamurun fiziksel yapısını ve yağ ekstraksiyon verimi açısından kritik bir rol oynadığını göstermektedir.

Pektin, zeytin hücre duvarının temel polisakkaritlerinden biri olup, hücreler arası adezyonu sağlayarak yağ damlacıklarının serbestleşmesini sınırlayan başlıca bileşenlerden biridir.

Çizelge 2.3. Farklı su ve talk ilavesi yapılan zeytin hamurlarının pektin miktarları (mg/100g EÇK)

Su ilave oranı	Talk ilave oranı	Suda çözünür pektin	Na ₂ CO ₃ çözünür pektin	Şelat çözünür pektin	Toplam pektin
Su ilavesiz hamur	<i>talk ilavesiz</i>	319±34 a B*	641±74 a A	280±35 a B	1250±180 a A
	<i>%1 talk</i>	226±23 b C	572±80 b A	270±56 a B	1050±157 b B
	<i>%2 talk</i>	253±47 b C	542±83 b A	240±46 b A	1030±140 b A
	<i>%3 talk</i>	219±33 b C	494±78 c A	250±38 b A	980±139 c B
%20 su ilavesi	<i>talk ilavesiz</i>	450±69 a A	558±58 a B	330±46 a A	1300±265 a A
	<i>%1 talk</i>	371±64 b B	474±75 b B	300±25 b A	1150±175 ab A
	<i>%2 talk</i>	324±48 b B	466±32 b B	250±41 c A	1000±131 b B
	<i>%3 talk</i>	389±88 b B	408±46 c B	250±44 c A	1020±111 b A
%40 su ilavesi	<i>talk ilavesiz</i>	443±54 b A	456±62 a C	270±26 a B	1100±100 a B
	<i>%1 talk</i>	479±61 a A	394±49 b C	210±13 b C	1050±75 a B
	<i>%2 talk</i>	408±38 c A	395±32 b C	200±10 b B	950±76 b C
	<i>%3 talk</i>	402±43 c B	288±23 c C	200±21 b B	900±105 b C

*Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasında %5 düzeyinde farklılık vardır (Küçük harfler farklı talk oranları arasındaki, büyük harfler farklı su oranları arasındaki karşılaştırma için kullanılmıştır).

Özellikle alkolde çözünmeyen pektin fraksiyonları, zeytin hamurunun viskozitesini ve plastisitesini artırarak santrifüjle yağ ayrımını zorlaştırmaktadır (Masella ve ark., 2008). Bu bağlamda, çalışmamızda talk ilavesiyle birlikte özellikle Na₂CO₃ ve şelat çözünebilir pektin fraksiyonlarında gözlenen azalmalar, talkın hücre duvarı matriksiyle etkileşerek pektik yapıların agregasyonunu ve parçalanmasını kolaylaştırdığını düşündürmektedir.

Elde edilen bulgular, Sadkaoui ve ark. (2017) tarafından bildirilen, mikronize doğal talkın zeytin hamurunda pektik polisakkaritlerin organizasyonunu değiştirdiği ve hücre duvarı bütünlüğünü zayıflattığı yönündeki sonuçlarla yüksek derecede uyumludur. Söz konusu çalışmada, talkın özellikle kalsiyuma bağlı pektin fraksiyonları üzerinde etkili olduğu ve hücre duvarı proteini ile pektin etkileşimlerini modüle ettiği belirtilmiştir. Mevcut çalışmada da talk oranı arttıkça Na₂CO₃ ve şelat çözünebilir

pektin miktarlarında genel bir düşüş eğilimi gözlenmesi, bu mekanizmayı desteklemektedir. Ayrıca, Squeo ve ark. (2020) tarafından bildirildiği üzere, teknolojik yardımcıların hücre duvarı enzim aktiviteleri üzerindeki dolaylı etkileri de göz önünde bulundurulduğunda, talk ve su ilavesinin pektin metilesteraz ve poligalakturonaz gibi enzimlerin substrata erişimini kolaylaştırmış olabileceği düşünülmektedir. Bu durum, özellikle Na_2CO_3 ve şelat çözünebilir pektin fraksiyonlarındaki azalmayı açıklayan bir diğer olası mekanizma olarak değerlendirilebilir.

Hamur nem içeriği de pektin fraksiyonlarının dağılımında belirleyici bir faktör olarak öne çıkmıştır. Özellikle %20 ve %40 su ilavesi yapılan hamurlarda, suda çözünebilir pektin miktarının arttığı; buna karşın toplam pektin miktarının azaldığı belirlenmiştir. Bu durum, su ilavesinin pektinlerin kısmi solubilizasyonunu teşvik ettiğini, ancak aynı zamanda pektik yapıların parçalanarak ekstraksiyon sırasında ortamdaki uzaklaştırılmasına neden olabileceğini düşündürmektedir. Benzer şekilde Cecchi ve ark. (2019), rehidre edilmiş zeytin hamurlarında nem artışının hücre duvarı bileşenlerinin ekstraksiyon ortamına geçişini kolaylaştırdığını ve bunun yağ verimi ile fenolik bileşik profilini doğrudan etkilediğini bildirmiştir.

Su ve talk ilavesinin birlikte değerlendirilmesi, bu iki parametrenin sinerjik bir etki oluşturduğunu ortaya koymaktadır. Düşük nemli hamurlarda talk ilavesi, pektin fraksiyonlarının daha belirgin şekilde yeniden dağılımına yol açarken; yüksek nemli hamurlarda bu etkinin kısmen azaldığı görülmüştür. Bu durum, Moya ve ark. (2018) tarafından rapor edilen, yüksek nem içeriğinin coadjuvantların agregasyon davranışını değiştirdiği ve yüzey aktif etkilerini sınırladığı yönündeki bulgularla örtüşmektedir.

Talk ilavesi ile zeytin hamurundaki pektin fraksiyonlarının çözünürlük profili belirgin şekilde değişmesine rağmen, yağ verimindeki artışın bu değişimle orantılı olmaması, zeytinyağı ekstraksiyonunun tek bir yapısal parametre ile açıklanamayacak kadar çok faktörlü bir süreç olduğunu göstermektedir. Pektinin kısmen solubilize edilmesi ve hücre duvarı bütünlüğünün zayıflatılması, yağ damlacıklarının serbestleşmesini kolaylaştıran bir ön koşul olmakla birlikte, ekstraksiyon verimini sınırlayan temel adım her zaman pektin yapılarının parçalanması değildir (Masella ve ark., 2008; Cecchi ve ark., 2019). Literatürde de belirtildiği üzere, doğal talkın etkisi çoğu zaman doğrusal bir doz-yanıt ilişkisi göstermemekte, belirli bir eşik düzeyin üzerinde hamur mikro yapısında sağlanan iyileşmeler ilave verim artışına dönüşmemektedir (Caponio ve ark., 2016; Vidal ve ark., 2018). Özellikle hamur nem

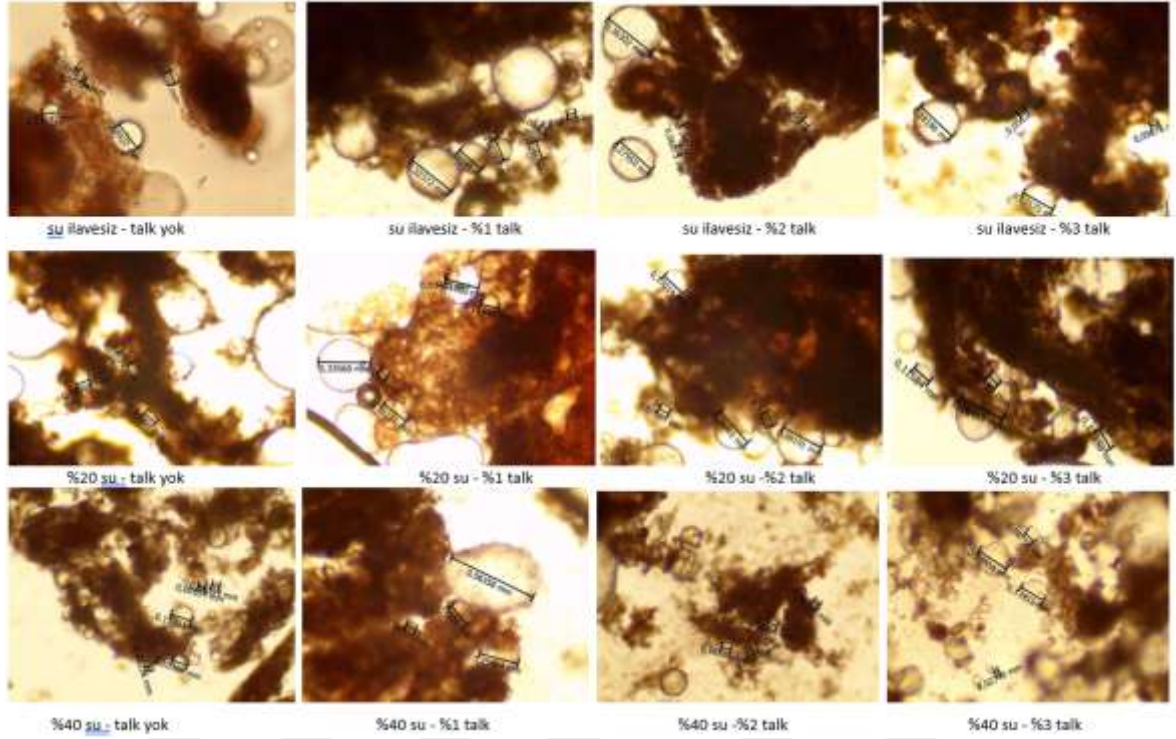
içeriğinin artmasıyla birlikte, talkın yağ damlacıklarının koalesansını teşvik edici etkisinin, katı fazın seyrelmesi ve emülsiyon stabilitesinin artması nedeniyle sınırlanmış olabileceği düşünülmektedir (Akbarnia ve Rashvand, 2019; Moya ve ark., 2018). Sadkaoui ve ark. (2017) tarafından da vurgulandığı gibi, talk hücre duvarı pektik polisakkaritleri üzerinde etkili olmakla birlikte, yağ-su emülsiyonlarının stabilitesi ve faz ayrımı dinamikleri bağımsız sınırlayıcı faktörler olarak varlığını sürdürmektedir. Bu bağlamda, pektin fraksiyonlarındaki değişimlerin yağ salınımını kolaylaştırıcı bir rol oynadığı, ancak nihai yağ veriminin; hamur nemi, yardımcı maddelerin davranışı, yağ damlacıklarının kümeleşmesi ve santrifüjle faz ayrımını etkileyen bazı faktörler gibi birden fazla mekanizmanın etkileşimi sonucunda belirlenebileceği söylenebilir (Squeo ve ark., 2020). Literatürde, talk kullanımının esas olarak yağ verimi ve nihai zeytinyağı kalitesi üzerindeki etkileri ele alınmış olsa da (Caponio ve ark., 2016; Vidal ve ark., 2018; Elsorady, 2020), pektin fraksiyonları özelinde detaylı mekanistik çalışmalar sınırlıdır. Bu açıdan bakıldığında, mevcut çalışma; talk kullanım oranı ile hamur nem içeriği arasındaki etkileşimin, hücre duvarı pektinlerinin çözünürlük profili üzerinden açıklanabileceğini ortaya koymuştur.

4.9. Mikroskopik Görüntülere İlişkin Bulgular

Yağ veriminin yüksek olduğu su ilavesiz- talk ilaveli hamur örnekleri ile %20 su ilaveli (%3 talk hariç) hamur örneklerine ait görüntülerde yağ globüllerinin daha büyük olduğu görülmüştür. Su ilavesine göre sınıflandırmada %1 talk ilaveli örneklerin talksız veya %1'in üzerinde talk ilavelilere göre daha yüksek yağ verimi sağlayan bu numunelerde yağ globüllerin daha büyüktür. Ayrıca, %40 su ilaveli numunelerde yağ globülleri yüzeylerinin düzensiz ve pürüzlü hale geldiği görülmüştür. Bu görüntüler, bu örneklerde emülsiyon oluşumunun engellendiği, yağ globüllerinin birleşerek daha büyük oldukları ve böylece verimin yükseldiği sonucunu desteklemektedir.

Yüksek oranda su ilavesiyle malaksasyon yapılması, zeytin hamurundaki emülsiyon sisteminin dengesini bozarak yağ damlacıklarının (globüllerin) koalesans ve deformasyon davranışını etkileyebilir. Normal koşullarda malaksasyon, yağ-su ve yağ-hücre matriksi arayüzeyindeki yüzey aktif bileşenlerin (fosfolipitler, proteinler, fenolikler) dengeye ulaşmasını sağlar. Ancak fazla su ilavesi, bu bileşenlerin yağ damlacığı yüzeyinde yeterli stabilite sağlamasını engeller, ayrıca mekanik karıştırma

sırasında yüzey gerilimini artırarak damlacıkların deformasyonuna, parçalanmasına veya birleşme eğiliminin artmasına yol açabilir (Clodoveo, 2012).



Şekil 4.6. Zeytin hamuruna farklı oranlarda su ve talk ilavesi yapıldıktan sonra elde edilen hamur örneklerinin mikroskop görüntüleri

Bu durum, mikroskop altında gözlemlenen pürüzlü, şekilsiz ve yıpranmış yağ globülleri morfolojisini açıklayabilir. Başka bir deyişle, yüksek su oranı hem emülsiyon dengesini hem de hücre duvarı-yağ etkileşimini zayıflatır, bu da yağ globüllerinin yapısal bütünlüğünün bozulmasıyla sonuçlanır. Ayrıca, su fazı arttıkça hücre içi enzimlerin (ör. lipaz, fosfolipaz) aktivitesi artabilir; bu da fosfolipit tabakasının hidrolizine neden olarak globül yüzeyinin yapısını bozabilir (Salvador ve ark., 2003; Jiménez ve ark., 2014). Benzer şekilde, Talk ilavesinin suyun etkisini artırarak yağ-su arayüzeyindeki mekanik stresi yükseltmesi de bu morfolojik bozulmayı destekleyebilir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Bu çalışmada, zeytinyağı üretim sürecinde zeytin hamurunun nem içeriği ile doğal talk ilavesinin yağ verimi ve bazı kalite parametreleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Elde edilen bulgular, hamur nemi ve yardımcı madde kullanımının zeytinyağı üretiminde hem verim hem de kalite açısından belirleyici olduğunu ortaya koymuştur.

Araştırma sonuçlarına göre, yağ verimi açısından en yüksek değer %20 su ve %1 talk ilavesi uygulanan örneklerde %24,97 olarak belirlenmiştir. Buna karşılık, %40 su ve %3 talk gibi yüksek ilave oranlarında yağ veriminin düştüğü saptanmıştır. Bu durum, aşırı su ve yardımcı madde kullanımının faz ayırımı olumsuz yönde etkileyerek verimde azalmaya yol açabileceğini göstermektedir.

Toplam fenolik madde içeriği bakımından en yüksek değer, su ve talk ilavesiz üretimde yaklaşık 450 mg GAE/kg yağ olarak belirlenmiştir. Su ilavesinin artmasıyla birlikte toplam fenolik madde içeriğinde belirgin bir azalma gözlenmiştir; özellikle talk ilavesiz %40 su ilaveli örneklerde en düşük fenolik içerikler tespit edilmiştir. Su ilavesiz ve %20 su ilaveli üretimlerde talk kullanımı toplam fenolik madde içeriğini genel olarak azaltırken, %40 su ilavesi yapılan örneklerde talk ilavesinin fenolik seviyeleri talk ilavesiz örneklere kıyasla artırdığı belirlenmiştir. Bu sonuçlar, su ve talk etkileşiminin fenolik bileşiklerin faz dağılımını etkilediğini göstermektedir.

Serbest yağ asitliği değerleri tüm örneklerde natürel sızma zeytinyağı sınırları içerisinde kalmakla birlikte, su ve talk ilavesiyle birlikte artış göstermiştir. En düşük serbest yağ asitliği değeri su ve talk ilavesiz örneklerde yaklaşık %0,40 (oleik asit cinsinden) olarak belirlenirken, özellikle %20 ve %40 su ilavesi ile %2–3 talk uygulamalarında bu değerin %0,55–0,62 aralığına yükseldiği tespit edilmiştir. Bu bulgu, su ve talk ilavesinin hidrolitik reaksiyonları teşvik edebileceğini göstermektedir.

Hamur nemi ve talk ilavesinin, zeytin hamurundaki pektin fraksiyonlarının dağılımını belirgin şekilde etkilediği saptanmıştır. Talk oranının artmasıyla birlikte özellikle Na_2CO_3 ve şelat çözünebilir pektin fraksiyonlarında azalma gözlenmiştir; ancak bu azalmanın yağ verimiyle doğrudan ve doğrusal bir ilişki göstermediği belirlenmiştir. Bu durum, yağ salınımında pektin modifikasyonunun önemli olmakla birlikte, nihai

verimin hamur nemi ve faz ayrımı gibi çoklu faktörlerin etkileşimiyle belirlendiğini ortaya koymuştur.

Sonuç olarak, zeytinyağı üretiminde orta düzeyde su (%20) ve düşük oranlı talk (%1) ilavesinin yağ verimini artırmada etkili olduğu; buna karşın yüksek su ilavesinin fenolik kayıplara ve serbest yağ asitliği artışına neden olarak kaliteyi olumsuz yönde etkilediği belirlenmiştir. Bu bulgular, zeytinyağı üretiminde verim artışı hedeflenirken kalite kriterlerinin korunmasının gerekliliğini ve su ile yardımcı madde kullanımının kontrollü bir şekilde uygulanmasının önemini ortaya koymaktadır.

5.2 Öneriler

Zeytinyağı üretiminde, hamur nem içeriğinin mümkün olduğunca kontrol altında tutulması, özellikle yüksek oranlı su ilavesinden kaçınılması önerilmektedir. %1 oranında doğal talk kullanımı, özellikle su ilavesiz veya %20 su ilaveli hamurlarda, verim ve kalite açısından en uygun uygulama olarak değerlendirilmiştir.

%40 su ilavesi ile yüksek talk oranlarının (%3) birlikte kullanımının hem verim hem de kalite parametreleri açısından olumsuz sonuçlar doğurabileceği dikkate alınmalıdır. Endüstriyel uygulamalarda, doğal talk kullanımının sabit bir oran yerine hamur nem içeriğine bağlı olarak ayarlanması, proses optimizasyonu açısından faydalı olacaktır. Gelecek çalışmalarda, farklı zeytin çeşitleri, hasat dönemleri ve malaksasyon koşulları dikkate alınarak, hamur nemi–talk oranı etkileşiminin daha geniş bir perspektifte değerlendirilmesi önerilmektedir. Ayrıca, doğal talk kullanımının uzun dönemli depolama stabilitesi ve duyu kalite üzerine etkilerinin incelenmesi, literatüre katkı sağlayacaktır.

6. KAYNAKLAR

- Ablay, Ö., ve Gümüşkesen, A. (2019). *Zeytinyağında farklı teknolojik uygulamaların yağ verimi ve kalitesi üzerine etkisi*. Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü.
- Akbarnia, A., ve Rashvand, M. (2019). Effect of temperature, water content and velocity on the quality of virgin olive oil extracted through three-phase centrifuge. *AIMS Agriculture and Food*, 4(1), 165–176.
- Amiot, M. J., Fleuriot, A., ve Macheix, J. J. (1996). Importance and evolution of phenolic compounds in olive during growth and maturation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 34, 823–826.
- Anonymous. (n.d.). *Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society* (4th ed., Methods: Ca 5a-40, Cd8-53, Ch 5-91).
- Aydın, A. (2022). İşletme koşullarında erken hasat ve normal hasat zeytinyağı üretimi ve ürün özelliklerinin karşılaştırılması [Yüksek Lisans Tezi]. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Bayramer, G. (2015). *Türkiye'nin sofralık zeytin ve zeytinyağı ihracatındaki sorunların değerlendirilmesi* [Yüksek Lisans Tezi]. Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Blumenkrantz, N., ve Asboe-Hansen, G. (1973). New method for quantitative determination of uronic acids. *Analytical Biochemistry*, 54, 484–489. [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(73\)90377-1](https://doi.org/10.1016/0003-2697(73)90377-1)
- Bıyıklı, K. (2009). *Türk zeytinyağlarının saflık derecelerinin belirlenmesi* [Yüksek Lisans Tezi]. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Caponio, F., Squeo, G., Difonzo, G., Pasqualone, A., Summo, C., ve Paradiso, V. M. (2016). Has the use of talc an effect on yield and extra virgin olive oil quality? *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96, 3292.
- Cecchi, L., Breschi, C., Migliorini, M., Canuti, V., Fia, G., Mulinacci, N., ve Zanoni, B. (2019). Moisture in rehydrated olive paste affects oil extraction yield and phenolic compound content and profile of extracted olive oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 121(4), 1800449.
- Cert, A., Alba, J., Camacho, M. L., Moreda, W., ve Camino, M. C. P. (1996). Effects of talc addition and operating mode on the quality and oxidative stability of virgin olive oils obtained by centrifugation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44, 3930–3934.
- Didar, S., ve Tuncay, Ö. (2013). Farklı hasat zamanlarında toplanan zeytinlerden zeytin yaprağı ilavesiyle elde edilen Ayvalık zeytinyağının kalite kriterleri, yağ asidi kompozisyonu ve minör bileşenlerindeki değişimin depolama süresi boyunca incelenmesi. *Zeytin Bilimi*, 3(2), 81–90.

- Doghan, H. (2022). Bazı doğal atıkların lipaz inaktivasyonu amacıyla zeytinyağı üretiminde inhibitör olarak kullanımı [Yüksek Lisans Tezi]. Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- EEC. (1991). Characteristics of olive and olive pomace oils and their analytical methods (Regulation EEC/2568/91). *Official Journal of the European Communities*, L248, 1–82.
- Elsorady, M. E. (2020). Effect of using some extraction coadjuvants on extraction yield and quality of olive oil extracted from some Egyptian olive cultivars. *Food Science and Technology*, 21(1), 64–71.
- Fernandes, G. D., Ellis, A. C., Gámbaro, A., ve Barrera-Arellano, D. (2018). Sensory evaluation of high-quality virgin olive oil: Panel analysis versus consumer perception. *Current Opinion in Food Science*, 21, 66–71. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2018.06.001>
- Galanakis, C. M., Martinez-Saez, N., del Castillo, M. D., Barba, F. J., ve Mitropoulou, V. S. (2015). *Food waste recovery, processing technologies and industrial techniques*. Elsevier Academic Press. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-800351-0.00015-8>
- Gemicioğlu, Y. (2016). Türkiye’de zeytinyağı üretiminde kullanılan yöntemler ve makine sistemlerinin varlığı [Yüksek Lisans Tezi]. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Gunstone, F. D. (2022). *Vegetable oils in food technology*. University of St Andrews.
- Gümüşkesen, A. S., Otağ, M., Yemişcioğlu, F., ve Cillidağ, I. S. (2001). The use of technological aids in olive oil extraction. *Australian Olive Grower*, 21, 15–17.
- Gümüşkesen, R., ve Otağ, M. (2023). Zeytinyağı üretiminde verim artırıcı maddelerin kullanımının bazı kalite özellikleri üzerine etkisi. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 13, 1234–1236. <https://doi.org/10.31466/kfbd.1338335>
- Hepsağ, F., ve Kaya, R. (2018). Natürel zeytinyağı üretim aşamalarının aroma bileşenleri üzerine etkileri. *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi*, 4(1–2).
- Huang, Y. W., Liu, Y., Dushenkov, S., Ho, C. T., ve Huang, M. T. (2009). Anti-obesity effects of epigallocatechin-3-gallate, orange peel extract, black tea extract, caffeine and their combinations in a mouse model. *Journal of Functional Foods*, 3, 304–310. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2009.06.002>
- Ege Barış. (2025). Zeytin ve zeytinyağları. <https://www.egebaris.com.tr/zeytin-ve-zeytinyagi/>
- Kalogianni, E. P., Georgiou, D., ve Hasanov, J. H. (2019). Olive oil processing: Current knowledge, literature gaps, and future perspectives. *Journal of the American Oil Chemists’ Society*, 96(5), 481–507. <https://doi.org/10.1002/aocs.12207>

- Kayahan, M., ve Tekin, A. (2006). *Zeytinyağı üretim teknolojisi*. Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü.
- Keçeli, T. (2008). Zeytinyağının depolanması ve ambalajlanmasının yağ kalitesine etkileri. Türkiye 10. Gıda Kongresi, Erzurum, 625–628.
- Khan, N., ve Mukhtar, H. (2009). Green tea catechins: Anticancer effects and molecular targets. In *Plant phenolics and human health: Biochemistry, nutrition, and pharmacology* (pp. 165–183). <https://doi.org/10.1002/9780470531792.ch7>
- Kırmızıkuşak, D., ve Yaman, M. (2021). Fonksiyonel bir gıda: Zeytinyağı. Sosyal, Beşeri ve İdari Bilimler Dergisi, 4(6), 587–596.
- Kintner, P. K., ve Van Buren, J. P. (1982). Carbohydrate interference and its correction in pectin analysis using the m-hydroxydiphenyl method. *Journal of Food Science*, 47, 756–759. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1982.tb12708.x>
- Kiritsakis, A. K. (1998). Flavor components of olive oil: A review. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 75. <https://doi.org/10.1007/s11746-998-0205-6>
- Köylüoğlu, F., ve Özkan, G. (2012). Yardımcı katkı maddeleri kullanımının zeytinyağı verim ve kalite parametreleri üzerine etkisi. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 7(3), 32–45.
- Lechhab, T., Lechhab, W., Cacciola, F., ve Salmoun, F. (2022). Sets of internal and external factors influencing olive oil (*Olea europaea* L.) composition: A review. *European Food Research and Technology*, 248(4), 1069–1088. <https://doi.org/10.1007/s00217-021-03947-z>
- Masella, P., Parenti, A., ve Spugnoli, P. (2008). Olive paste consistency as a control parameter for oil extraction: A preliminary approach. *Journal of Agricultural Engineering*, 3, 27–30.
- McCready, R. M., ve McComb, E. A. (1952). Extraction and determination of total pectic materials in fruits. *Analytical Chemistry*, 24, 1986–1988. <https://doi.org/10.1021/ac60072a033>
- Morillo, J. A., Antizar-Ladislao, B., Monteoliva-Sánchez, M., Ramos-Cormenzana, A., ve Russell, N. J. (2009). Bioremediation and biovalorisation of olive-mill wastes. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 82, 25–39. <https://doi.org/10.1007/s00253-008-1801-y>
- Moya, M., Alcalá, S., Terasa, M., Vidal, A., ve Espínola, F. (2018). Oil mill coadjuvants: Aggregation due to moisture and action on olive-pomace oils. *Journal of Food Engineering*, 213, 1–2. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.05.013>
- Nebioğlu, M. (2020). Farklı malaksasyon parametrelerinin biofenol miktarı ve duyuşal profili üzerine etkisi. *Gıda ve Yem Bilimi-Teknolojisi Dergisi*, 24, 55–64. <https://doi.org/10.53471/bahce.1140541>

- Oktar, A., Çolakoğlu, A., ve Işıklı, T. (1983). *Zeytinyağı ve zeytinyağı teknolojisi*. Bornova Zeytinyağı Araştırma Enstitüsü Yayınları.
- Otağ, M. (2002). Zeytinyağı üretiminde verim artırıcı maddelerin kullanımı ve bu maddelerin zeytinyağı kalitesi üzerine etkileri [Yüksek Lisans Tezi]. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Özdek, H. (2019). Zeytinyağı üretiminde yenilikler ve Türkiye'nin küresel rekabetçi pozisyonu: Ayvalık örneği [Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Aydın Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Özdoğan, D., ve Tunalıoğlu, R. (2017). Zeytinyağında kalite. *Zeytin Bilimi Dergisi*, 7(1), 25–31.
- Pereira, D. M., Valentão, P., Pereira, J. A., ve Andrade, P. B. (2009). Phenolics: From chemistry to biology. *Molecules*, 14(6), 2202–2211. <https://doi.org/10.3390/molecules14062202>
- Restuccia, D., Clodoveo, M. L., Corbo, F., ve Loizzo, M. R. (2018). De-stoning technology for improving olive oil nutritional and sensory features: The right idea at the wrong time. *Food Research International*, 106, 636–646. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.01.043>
- Romero, M. P., ve Motilva, M. J. (2010). Effect of climatic conditions on quality of virgin olive oil. In *Olives and olive oil in health and disease prevention* (pp. 43–50). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374420-3.00005-X>
- Rouse, A. H., Atkins, C. D., ve Moore, E. L. (1962). Seasonal changes occurring in the pectinesterase activity and pectic constituents of the component parts of citrus fruits: I. Valencia oranges. *Journal of Food Science*, 27, 419–425. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1962.tb00120.x>
- Sadkaoui, A., Jimenez, A., Pacheco, R., ve Beltran, G. (2017). Micronized natural talc affects the proteins and pectic cell wall polysaccharides during “Hojiblanca” virgin olive oil extraction. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 119(1), 1600039.
- Salvador, M. D., Aranda, F., Gómez-Alonso, S., ve Fregapane, G. (2003). Influence of extraction system, production year and area on Cornicabra virgin olive oil: A study of five crop seasons. *Food Chemistry*, 80(3), 359–366.
- Seo, M. H., Tilahun, S., Park, D. S., Melaku, A., ve Jeong, C. S. (2018). Effect of ripening conditions on the quality and storability of muskmelon (*Cucumis melo* L.) fruits. *Horticultural Science and Technology*, 36, 741–755. <https://doi.org/10.12972/kjhst.20180073>
- Squeo, G., Difonzo, G., Summo, C., Crecchio, C., ve Caponio, F. (2020). Study of the influence of technological coadjuvants on enzyme activities and phenolic and volatile compounds in virgin olive oil by a response surface methodology approach. *LWT*, 133, 109887.

- Tarım ve Orman Bakanlığı. (2025). Zeytinyağı üretimi tesisleri hijyen esasları ve uygulama. https://www.tarimorman.gov.tr/GKGM/Belgeler/Uretici_Bilgi_Kosesi/Egitim/Hijyen_Kilavuz/Zeytinyag%CC%86%C4%B1%20%C3%9Cretim%20Tesisleri%20%C4%B0%C3%A7in.pdf
- Tsimidou, M. (2006). Olive oil quality. In *Olive oil: Chemistry and technology* (pp. 1–2). <https://doi.org/10.1201/9781439832028.ch6>
- Tunalıoğlu, R., Keser, B., ve Şahin, G. (2016). Sensory tasting panel in the journey for quality of olive oil in Turkey. VIII International Olive Symposium, 1–7, Hırvatistan.
- Tura, D., Gigliotti, C., Pedò, S., Failla, O., Bassi, D., ve 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(1), 108–119. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2006.12.036>
- Ünlü, A., ve Tunç, M. (2015). Zeytinyağı üretim atık sularının özellikleri, çevresel etkileri ve arıtım teknolojileri. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 2, 44–74. <https://doi.org/10.17100/nevbiltek.211031>
- Vidal, A. M., Alcalá, S., de Torres, A., Moya, M., ve Espínola, F. (2018). Use of talc in oil mills: Influence on the quality and content of minor compounds in olive oils. *LWT*, 98, 31–38.
- Zhong, Y., Chiou, Y. S., Pan, M. H., Ho, C. T., ve Shahidi, F. (2012). Protective effects of epigallocatechin gallate (EGCG) derivatives on azoxymethane-induced colonic carcinogenesis in mice. *Journal of Functional Foods*, 4(1), 323–330. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2011.12.011>
- Zhang, X., Lee, F. Z., ve Eun, J. B. (2007). Changes of phenolic compounds and pectin in Asian pear fruit during growth. *Korean Journal of Food Science and Technology*, 39, 7–13.