



# **ZEYTİNYAĞI ÜRETİMİNDE VURGULU ELEKTRİK ALAN TEKNOLOJİSİNİN (PEF) UYGULANMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**AZİME AYDOĞAN**

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GIDA MÜHENDİSLİĞİ  
ANABİLİM DALI**

**MERSİN  
NİSAN - 2023**

**ZEYTİNYAĞI ÜRETİMİNDE VURGULU ELEKTRİK ALAN  
TEKNOLOJİSİNİN (PEF) UYGULANMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**AZİME AYDOĞAN**  
**ORCID ID: 0000-0003-2769-7234**

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GIDA MÜHENDİSLİĞİ**  
**ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN**  
**PROF. DR. H. İBRAHİM EKİZ**  
**ORCID ID: 0000-0002-0775-9250**

**MERSİN**  
**NİSAN – 2023**

## ÖZET

### ZEYTİNYAĞI ÜRETİMİNDE VURGULU ELEKTRİK ALAN TEKNOLOJİSİNİN (PEF) UYGULANMASI

Zeytinyağı; zeytin ağacının meyvelerinden sadece mekanik yollarla elde edilen, sağlık açısından oldukça faydalı olan ve biyoaktif bileşenlerce zengin, tüketimi çok eski tarihlere kadar dayanan bitkisel bir yağdır. Zeytinyağı üretimi tarihlerden buyana gelişim göstermiş ve daha yüksek kalite ve verimde üretim yapabilmek için birçok yenilikçi teknolojilerin arayışına girilmiştir. Bu teknolojilerin başında ise PEF (vurgulu elektrik alan) teknolojisi gelmektedir. PEF teknolojisinin temel prensibi ısı işlem uygulamadan mikro saniyelerde gıdaya elektrik enerjisi vererek hücre dokusunun parçalanmasını sağlamaktır. Bu çalışmada ise Mersin' in Mut ilçesinden elde edilen Gemlik cinsi siyah zeytinler ele alınmıştır. PEF uygulamasının tekstürdeki değişimi ve zeytinyağı üretimi sonucu yağ verimi ve kalitesi ölçülmüştür. Çalışmada zeytin dokusunda yapılan tekstür analizinde zamana bağlı güç grafiği çıkarılmıştır. Zeytinyağı üretiminde ise 0,5 kV/cm, 0,8 kV/cm, 1 kV/cm olacak şekilde 3 farklı vurgu derecesi belirlenmiş aynı zamanda malaksiyon sürelerinde de 20 dk, 30 dk, 40 dk olacak şekilde belirlenmiştir. Bu parametreler ışığında zeytinyağı verimindeki artış gözlenmiş olup serbest yağ asitliği oleik asit cinsinden %0,7-1 arasında olduğu gözlenmiş ve PEF teknolojisinin asitlik üzerine bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Zeytin, Zeytinyağı, Zeytinyağı Üretimi, Vurgulu Elektrik Alan Teknolojisi, PEF, Zeytinyağı Verimi, Zeytinyağı Kalitesi

**Danışman:** Prof. Dr. H. İbrahim Ekiz, Mersin Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Mersin.

## ABSTRACT

### APPLICATION OF PULSED ELECTRIC FIELD TECHNOLOGY (PEF) IN OLIVE OIL PRODUCTION

Olive oil; It is a vegetable oil obtained from the fruits of the olive tree only by mechanical means, very beneficial for health and rich in bioactive components, and its consumption dates back to ancient times. Olive oil production has developed since ancient times and many innovative technologies have been sought in order to produce with higher quality and efficiency. At the beginning of these technologies is PEF (emphasized electric field) technology. The basic principle of PEF technology is to break down the cell tissue by giving electrical energy to the food in microseconds without applying heat treatment. In this study, Gemlik black olives obtained from Mut district of Mersin were handled. Oil yield and quality were measured as a result of the change in texture of PEF application and olive oil production. In the study, a time dependent power graph was drawn in the texture analysis of olive tissue. In olive oil production, 3 different emphasis levels were determined as 0.5 kV/cm, 0.8 kV/cm, and 1 kV/cm, as well as 20 minutes, 30 minutes, and 40 minutes for malaxation times. In the light of these parameters, an increase in olive oil yield was observed and free fatty acidity was observed to be between 0.7-1% in terms of oleic acid and it was observed that PEF technology had no effect on acidity.

**Keywords:** , Olive, Olive Oil, Olive Oil Production, Pulsed Electric Field Technology, PEF, Olive Oil Yield, Olive Oil Quality.

**Advisor:** Prof. Dr. H. İbrahim EKİZ, Department of Food Engineering, University of Mersin, Mersin.

## TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca benimle bilgi ve tüm imkanlarını paylaşan karşılaştığım zorlukların üstesinden gelebilmem için sabır ve hoşgörü ile yol gösteren değerli hocam Sayın Prof. Dr. H. İbrahim EKİZ'e sonsuz teşekkür ederim.

Tez çalışmamda benim her daim yanımda olan ve maddi manevi desteklerini esirgemeyen her daim motive eden annem Ayşe Aydoğan'a ve babam Yusuf Aydoğan' a teşekkür eder minnet duyarım. Benim kahrımı çeken ve her daim yanımda olan kardeşlerim Emine Aydoğan ve Fatma Aydoğan'a sonsuz teşekkür ederim.

Tez çalışmamı yapabilmem ve farklı deneyimler kazanabilmem için bana olanak tanıyan, PEF teknolojisini yakından deneyimleyip tecrübe edebildiğim gibi her türlü bilgi ve imkanlarını açan Elea Teknoloji' ye teşekkür ederim.

Tez çalışmamda ham madde tedariki için ihtiyacım olan Mut zeytinlerini bana ulaştırmada destekçi olan arkadaşım İnşaat mühendisi Kemal Aslan'a teşekkürü borç bilirim.

Tezimi yazarken bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan ve bana yol gösteren arkadaşım Didem Erbaşçıvan'a ve hocam Selen Çalışkantürk Karataş' a teşekkür ederim.

Bu tez çalışması Mersin Üniversitesi BAP Koordinatörlüğü tarafından 2020-1-TP2-4613 numaralı projeye desteklenmiştir ve bu çalışmama sağladıkları destek ve tüm katkıları için teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
<b>İÇ KAPAK</b>	<b>i</b>
<b>ONAY</b>	<b>ii</b>
<b>ETİK BEYAN</b>	<b>iii</b>
<b>ÖZET</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>v</b>
<b>TEŞEKKÜR</b>	<b>vi</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b>	<b>vii</b>
<b>TABLolar DİZİNİ</b>	<b>ix</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b>	<b>x</b>
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR</b>	<b>xi</b>
<b>1. GİRİŞ</b>	<b>1</b>
<b>2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI</b>	<b>3</b>
2.1. Zeytin Bitkisi	3
2.1.1. Zeytin Meyvesi	3
2.2. Zeytinyağı	4
2.2.1. Zeytinyağının Faydaları	4
2.2.2. Zeytinyağının Bileşimi	5
2.3. Zeytinyağı Çeşitleri	6
2.4. Dünyada ve Türkiye’ de Zeytinyağı ve Üretim Yöntemleri	7
2.4.1. Zeytinyağı Üretiminde Taş Baskı	8
2.4.2. Zeytinyağı Üretiminde Pres Yöntemi	9
2.4.3. Zeytinyağı Üretiminde Sürekli (Continue) Sistem	9
2.4.4. Zeytinyağı Üretiminde PEF Teknolojisi	10
<b>3. MATERYAL ve YÖNTEM</b>	<b>14</b>
3.1. Materyal	14
3.1.1. Zeytin ( <i>Olea europea</i> ) Meyvesi	14
3.1.2. PEF (Vurgulu Elektrik Alan) Cihazı	14
3.1.3. Zeytin Kırıcı	15
3.1.4. Malaksör	15
3.1.5. Santrifüj	15
3.1.6. Tekstür Analiz Cihazı	16
3.1.7. Yardımcı Alet ve Ekipmanlar	16
3.2. Yöntem	16
3.2.1. Ham (Taze) Zeytinlerin Tekstür Analizi için Laboratuvara Gelmesi	16
3.2.2. Ham (Taze) Zeytin Tekstür Analizi için PEF Uygulanması	17
3.2.3. Ham (Taze) Zeytinlerde Tekstür Analizi	18
3.2.4. Zeytinyağı Üretimi için Zeytinlerin Laboratuvara Getirilmesi	19
3.2.5. Zeytinyağı Üretimi için Zeytinlere PEF Uygulanması	19
3.2.6. Zeytinin Ezilmesi ve Malaksiyon	20
3.2.7. Zeytin Hamurunda Santrifüj ve Yağ Eldesi	21
3.2.8. Zeytinyağı Verimi ve Kimyasal Analiz	22
3.2.9. Zeytinyağı Asitlik Ölçme	24
<b>4. BULGULAR ve TARTIŞMA</b>	<b>25</b>
4.1. Ham (Taze) Zeytin Örneklerinde PEF Teknolojisinin Zeytin Dokusuna Etkisinin İncelenmesi	25
4.2. Zeytinyağı Üretiminde PEF Teknolojisinin Yağ Verimi ve Kalitesine Etkisinin İncelenmesi	28

**5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER**

**31**

**KAYNAKLAR**

**32**

**ÖZGEÇMİŞ**

**34**



## TABLULAR DİZİNİ

	Sayfa
<b>Tablo 2. 1.</b> Zeytinyağında bulunan fenolikler (Dinçer, 2018)	6
<b>Tablo 2. 2.</b> Türkiye’de yıllara göre zeytin ve zeytinyağı (Özkan, 2020)	8
<b>Tablo 2. 3.</b> Zeytinyağı üretiminde sürekli (continue) sistem	10
<b>Tablo 2.4.</b> Zeytinyağı üretiminde sürekli PEF (vurgulu elektrik alan) sistem	13
<b>Tablo 3. 1.</b> Ham (taze) zeytin örneklerinde PEF uygulanması	17
<b>Tablo 3. 2.</b> Zeytinyağı üretimi için Pef uygulaması	20
<b>Tablo 4. 1.</b> Ham (taze) Domat yeşil zeytinlere PEF uygulanması sonucu dokudaki değişim	26
<b>Tablo 4. 2.</b> Ham (taze) Domat siyah zeytinlere PEF uygulanması sonucu dokudaki değişim	27
<b>Tablo 4. 3.</b> Ham (taze) Gemlik siyah zeytinlere PEF uygulanması sonucu dokudaki değişim	28
<b>Tablo 4. 4.</b> Farklı PEF uygulama parametrelerinin ve farklı malaksiyon sürelerinin zeytinyağı verimine etkisi	28
<b>Tablo 4.5.</b> Pef uygulamasının zeytinyağı serbest yağ asitliği (oleik asit) üzerine etkisi	29

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Şekil 2.1. Zeytin meyvesi	4
Şekil 2.2. Zeytinyağında bulunan Oleuropein bileşiği	5
Şekil 2.3. Vurgulu elektrik alan teknolojisi uygulama cihazı	11
Şekil 2.4. Vurgulu elektrik alan teknolojisi uygulanan hücrenin bozunması	12
Şekil 3.1. Laboratuvara getirilen zeytin örnekleri	14
Şekil 3.2. PEF cihazı katı ürün uygulama odacığı	15
Şekil 3.3. Deneyde kullanılan santrifüj cihazı	16
Şekil 3.4. Zeytinlere PEF uygulama haznesi	18
Şekil 3.5. Siyah Gemlik zeytin kontrol grubu tekstür analiz grafiği.	21
Şekil 3.6. Zeytin tekstür analizi.	22
Şekil 3.7. Zeytin hamuru malaksiyon aşaması.	22
Şekil 3.8. Zeytin hamurunun santrifüj için hazırlanması.	22
Şekil 3.9. Zeytinyağı üretimi sonucu kontrol grubu ve PEF grubu.	23
Şekil 3.10. Zeytinyağı kontrol grubu ve PEF grubu verim farkı.	23
Şekil 3.11. Zeytinyağı serbest yağ asidi ölçümü	24
Şekil 4.1. PEF uygulaması sonrası zeytin tanesinin yüzeyi	25

## SİMGELER VE KISALTMALAR

Kısaltma/Simge	Tanım
T.C.	Türkiye Cumhuriyeti
YÖK	Yükseköğretim Kurulu
MEÜ	Mersin Üniversitesi
FBE	Fen Bilimleri Enstitüsü
ms	Milisaniye
cm	Santimetre
dk	Dakika
G	Gram
kg	Kilogram
Kj/kg	Spesifik Enerji
V	Voltaj
mg	Miligram
ml	Mililitre
mm	Milimetre
S	Saniye
N	Newton
W	Watt
kV/cm	Vurgu Alanı
J/kg	Enerji
°C	Santigrat derece

## 1. GİRİŞ

İnsanın fiziksel ve ruhsal sağlığı için beslenmenin önemi oldukça büyüktür. Sağlıklı beslenme dediğimizde ise her geçen gün insanların daha sağlık ve uzun yaşama olan ilgisi artmakta ve bu durumda yükselen popülaritesi ile Akdeniz diyeti kendini göstermektedir. Zeytin ve zeytinyağı Akdeniz diyetinin temel bir ürünü olup insan sağlığı için oldukça faydalı biyoaktif bileşenlere sahiptir (Tiryaki, 2005).

Zeytinyağı; yağ asitleri içerir ve bunlar; tekli doymamış yağ asitleri; oleik, palmitoleik, çoklu doymamış yağ asitleri; linoleik, linolenik, doymuş yağ asitleri; palmitik, stearik asitlerdir. Aynı zamanda tokoferoller (E vitamini), uçucu bileşikler, suda eriyen bileşenler ve mikroskobik zeytin eti parçacıklarından oluşur. Bu birçok değer zeytinyağının içeriğinde değişkenlik gösterir. Bu farklılıkları ise zeytinlerin yetiştiği yer, iklim, zeytinin cinsi, zeytinin toplanma zamanı, toplandıktan sonraki bekleme süresi gibi birçok faktörde etkiler. Hatta üretim teknikleri ve saklama koşulları da bu değerlerin zeytinyağındaki oranını etkiler (Uygur, 2010).

Zeytin ağacı çok eski tarihlerden bugüne var olan bir bitki olup *Oleacea* familyasından gelir ve ortalama 2-10 metre arasında uzunluğa sahip yuvarlak taneli meyveleri olan uzun yıllar yaşayabilen bitki çeşididir. Zeytin ağacı yıl boyunca yeşil yapraklı kalır ve yaprakları iğne uçludur. Zeytin ağacı ortalama 300-400 sene yaşayabilen bir bitki olup 2000 yıl yaşan çeşitlerine rastlamak da mümkündür. Zeytin meyveleri küçük taneli olup zeytin sezonun başında (eylül – ekim) yeşil renkli sezon ilerledikçe (kasım- aralık) olgunlaşır ve rengi koyu morumsu ve siyah renklerini almaktadır. Zeytin meyveleri direk tüketime uygun olmayıp salamura şeklinde tatlandırma yaparak sofralık zeytin olarak ve pres yöntemi ile yağını çıkararak tüketimi yapılmaktadır. Zeytin çeşitleri ülkemizde domat, ayvalık, gemlik, çöpaşı, çilli gibi isimlerle adlandırılmakta ve bu cinsler arasında sofralık ya da yağlık verimi olarak kullanım değişmektedir (Cömert, Özata, 2016).

Zeytinyağı üretimi sebebi ile bir meyve suyu niteliği taşımakta olup fiziksel yollarla üretilen tek bitkisel yağ çeşididir. Zeytinyağı üretiminde olgunlaşan zeytin taneleri ezilerek hamur haline getirilir ve bu hamur malaksiyon aşaması dediğimiz bir yoğurma aşamasından sonra mekanik yollar ile ezilerek zeytinin suyu ve yağı posasından ayrılmış olur. Bu yöntemlerle üretildiği için zeytinde bulunan insan sağlığına faydalı bileşenler yağda da bulunur. Yapısında temel olarak trigliseritler, serbest yağ asitleri, steroller, aroma maddeleri, E vitamini ve fenolik bileşikler bulunmaktadır. Yağda bulunan çok kıymetli bileşenler herhangi bir kimyasal ya da ısıl işlem olmadığı için zeytinden yağ geçmekte ve bu sayede vücuda alınabilmektedir. Sağlığa faydası ve lezzeti nedeni ile çok eski tarihlerden beridir çeşitli üretim yöntemleri ile yağ elde edilebilmiş ve insanlığın faydası için kullanılmıştır (Erinç, Tatlı, Tekin, Yorulmaz, 2017).

Gıda endüstrisinde zeytinyağı üretimi çok eski tarihlere dayanmakta olup üretim tekniği zamanla gelişmiştir. Geçmiş dönemlerde taş sıkım olarak üretilen yağ daha sonra presleme yöntemi geliştirildi ve günümüzde continue sistem ile yaygın olarak üretilmektedir. Ancak teknolojiye ki gelişimler gıda sektöründe de etkili olmuş olup yeni ve daha güvenilir teknolojiler arayışına girilmiştir. Gıda sektöründe her geçen gün kullanılmakta olan vurgulu elektrik alan teknolojisi zeytinyağı üretiminde de kendini göstermiştir. Zeytinyağı üretiminde verimi ve kaliteyi olumlu etkileyecek arayışlar içine girilmiş ve bunların başında enzim (talk) kullanımı, ultrasonik ses dalgaları ve vurgulu elektrik alan teknolojisi kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır. Vurgulu elektrik alan ısı olmayan yeni gıda teknolojisi olup gıdanın muhafazası ve içeriğindeki kalite kriterlerini korumada etkili bir yöntemdir. Zeytinyağı üretiminde verimi artırması ve zeytinin içeriğinde bulunan sağlığa faydalı bileşenlerin yağa daha çok geçmesini böylece zeytinyağının kalitesinin artmasını sağlamaktadır. Elektrik darbeleri ile zeytin etinin dokusunu zedeleyerek yağ moleküllerinin bir araya gelmesini kolaylaştırmaktadır (Ablay, Gümüşkesen, 2019).

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI

### 2.1. Zeytin Bitkisi

Zeytin ağacı (*Olea europaea L.*) olarak adlandırılan ve zeytingiller familyasından *Oleaceae* olan tarihin bilinen en eski ekili ağaç türüdür. İnsanlık tarihinde çok eski zamanlara dayanan bu bitki insanlığın tarihine şahitlik etmiş ve yer yer tarihte yer almıştır. Eski dönemlerde barışı simgeleyen bu ağacın meyvelerinden elde edilen yağ da ilaç olarak kullanılmıştır. Akdeniz iklimine özgü bir ağaç türü olup aşılama yöntemi ile yetiştirildiği gibi doğada kendiliğinden de yetişmektedir. Tabiatla kendiliğinden yetişen zeytine yabani zeytin veya delice zeytin (*oleaster*) denmektedir (Tatlı 2014). Zeytin ağacı çalı formunda olan ve yıl boyunca yeşil kalan bir ağaç türüdür. Bu ağaç türü ortalama boyu 5 metre olsa da 2 metre ile 10 metre arasında çeşitli türlerinde görülmektedir. Dünya üzerinde Akdeniz ikliminde yetişen bu bitkinin tropik ve subtropik iklime uyumlu yetişmesi birçok ülkede yaygın olmasını sağlamıştır. En çok yetiştiriciliğinin yapıldığı ülkeler arasında İspanya, İtalya, Türkiye, Yunanistan ve Tunus gelmekte olup ciddi bir geçim kaynağı haline gelmiştir. Zeytin türleri Türkiye’de özellikle Ege bölgesinde, Akdeniz bölgesinde ve Doğu Anadolu’da yetişmektedir. Yaygın olarak; Gemlik, Ayvalık, Halhalı, Domat, Çilli, Kalamata gibi türler bulunmaktadır (Cürebal, Efe, Soykan, Sönmez, 2013).

#### 2.1.1. Zeytin Meyvesi

Zeytin ağacının meyveleri haziran ayı gibi meyve tutumu başlar ve olgunlaşıp toplanmaya başladığı dönem eylül ayını bulmaktadır. Zeytin meyveleri küçük taneli olup ilk olarak yeşil renklidir ve olgunluk derecesi arttıkça morumsu ve en son olarak da siyah rengini almaktadır. Meyvelerin ortalama yağ içeriği %25-30 olup cinse göre ve olgunluk derecesine göre farklılık göstermektedir. İçeriğinde bulunan *Oleuropein* maddesi acılık verir ve bu sebeple direk tüketime uygun değildir. Zeytinler sofralık zeytin olarak tuz ile tatlandırma yapılır ve de zeytinyağı üretilerek tüketilmektedir. Zeytin meyvesinin %1-2 oranında meyve kabuğu (epikarp), %63-86 oranında meyve eti (mesokarp) ve %10-30 oranında meyve çekirdeği oluşturmaktadır. Zeytin meyvesinin et kısmında %1-3 oranında fenolikleri içerir. Zeytinin temel olarak içerdiği fenolikleri; fenolik asitler, fenolik alkoller, sekoiridoitler ve flavonoidlerdir. *Oleuropein* maddesi ise zeytin yeşil olduğunda daha yüksek oranda bulunurken olgunlaşan meyve etinde parçalanarak hidroksitriazol olarak bulunduğu tespit edilmiştir (Tekin, Yorulmaz, 2008).



Şekil 2.1. Zeytin meyvesi

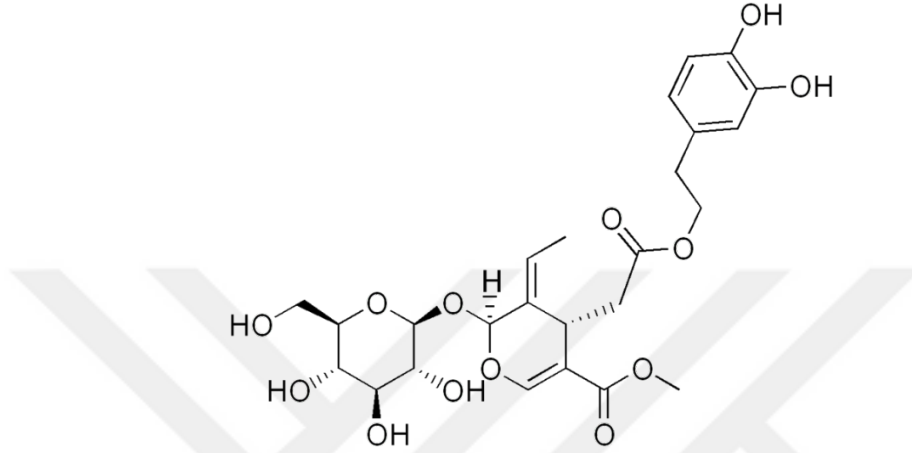
## 2.2. Zeytinyağı

Zeytinyağı, zeytin meyvelerinden sadece mekanik ve fiziksel yollarla elde edilen bitkisel bir yağdır. Bitkisel yağlar içerisinde hiçbir rafine işlemine tabi olmadan direkt olarak zeytinden üretilebilir ve adeta bir meyve suyu niteliği taşımaktadır. Zeytinyağı içeriğinde sağlık açısından faydalı birçok bileşeni bulundurmaktadır. Bu bileşenlerin başında %98 oranında trigliseritler oluşturmakla birlikte %2 oranında da fenolik maddeleri içerir. Yapısında serbest yağ asitleri, steroller, hidrokarbonlar, antioksidanlar, uçucu bileşenler bulunmaktadır. Yapısında bulunan bu minör bileşenler zeytinyağının aromasını, rengini, oksidatif stabilitesini belirlerken majör bileşenler ise besin değerini belirler (Tekin, Yorulmaz, 2008). Oleik asit cinsinden asitlik değeri ise zeytinyağının temel kalite kriterlerinden birisini oluşturmaktadır. Zeytinyağı içeriğindeki bu sağlığa faydalı bileşenleri ile çeşitlilik göstermekte ve bu değerler değişkenlik göstermektedir. Zeytinyağının kalitesi birçok etkene bağlıdır ve bunların başında; zeytin cinsi, zeytinin olgunluk derecesi, zeytin ağacının yetiştirilme şartları iklim ve sulama koşulları, zeytinin toplandıktan sonra ki bekleme süresi ve koşulları, zeytinyağının üretilme yöntemi ve üretildikten sonraki saklama koşulları kaliteyi büyük oranda etkilemektedir (Dinçer, 2018).

### 2.2.1. Zeytinyağının Faydaları

Gıdalar temelde insanların beslenmesi ve enerji ihtiyacının gidermesi için gerekli unsurlar olup sağlık için ihtiyaç olan elementleri alması da gerekmektedir. Her geçen zamanda insanların sağlıklı gıdalara olan ilgisi ve talebi artmakta ve bu durumda çeşitli besinler kendisini göstermektedir. Bu besinlerin başında da zeytinyağı gelmektedir. Özellikle Akdeniz diyetinin vazgeçilmez unsuru

olup dünyada popülaritesi artmaktadır. Zeytinyağının içeriğindeki bileşenleri sebebi ile sağlık için olmazsa olmaz bir besin haline geldi. Yapılan araştırmalarda zeytinyağında bulunan oleik asit, hidroksitirosol ve kafeik asit insan vücudunu kansere karşı korumaktadır. Zeytinyağı tekli doymamış yağ asitleri bakımından zengin olduğu için kalp sağlığında etkili olup kan basıncını dengeleme ve kardiyovasküler hastalıklarda da engelleyici rol oynamaktadır. İçeriğinde bulunan E vitamini sayesinde de cilt sorunlarında iyileştirici bir etkisi bulunmaktadır (Kırmızıkuşak, Yaman, 2021).



**Şekil 2.2.** Zeytinyağında bulunan Oleuropein Bileşiği

Zeytinyağı içeriğinde bulunan *Oleuropein* sayesinde antioksidan, antimikrobiyal, antikarsinojenik etkileri bulunmaktadır. Ayrıca zeytinyağına acılık vermekte ve aromasında da etkili bir bileşiktir. Zeytinyağının mide asidini salgısını dengelediği ve pankreas salgısını uyarıcı görevinin olduğu da araştırmalar arasında yer almakta ve bu yüzden sindirim sistemi problemlerinde etkili bir besindir. Ayrıca zeytinyağı insan beslenmesinde gerekli olan karbonhidrat, çeşitli aminoasitler, yağ asitleri ve vitaminleri içerdiği için protein oranı çok yüksek miktarda olmasa da elzem aminoasitleri barındırdığı için olmazsa olmaz bir gıda halini de almaktadır (Cömert, Özata, 2016).

### 2.2.2. Zeytinyağının Bileşimi

Zeytinyağı içeriği açısından birçok bileşiği bünyesinde barındırmaktadır. Zeytinyağının büyük bir bölümünü ise trigliseritler oluşturmakta olup zeytinyağının kendine has özelliklerini oluşturmasında etkili maddeler de bulunmaktadır. Bunların başında steroller ve fenoller gelmektedir. Steroller ısıya dayanıklı, kokusuz ve tatsız bileşikler olup zeytinyağına aromatik bir özellik katmamaktadır ancak zeytinyağı analizinde yağın saflık derecesini belirlemede kullanılan bir bileşik olduğu için karakteristik bir özellik katmaktadır. Zeytinyağında bulunan steroller 4 farklı grupta toplanmakta olup bunlar; 4 $\alpha$ - metil sterol, 4 $\alpha$ - desmetil sterol, 4,4 dimetil sterol, triterpen

dialkollerdir. Fenoller dediğimiz ise bir veya daha fazla sayıda hidroksil grubu (-OH) içeren benzen halkasına sahip bileşiklerdir. Fenolik bileşikler bitkilerde oluşumu için birçok neden sayılırken başında bitkinin kendisini olumsuz şartlara karşı korumak için geliştirdiği aromatik aminoasitlerin sentezi sırasında sentezlenen yan bileşikler olarak bilinmektedir. Zeytinyağında bulunan başlıca fenolik bileşikler; fenolik asitler, fenolik alkoller, sekoroitler, flavonoitler olarak belirlenmektedir. Zeytinyağında bulunan bazı fenoller zeytininkinden farklılık göstermektedir bunun başlıca sebebi ise üretimi esnasında bazı moleküllerin parçalanarak diğer alt bileşiklere dönüşmesidir. Tablo 2.1.'de zeytinyağında bulunan fenolik bileşikler verilmiştir (Şahin, Tekin, Yorulmaz, 2008).

**Tablo 2. 1.** Zeytinyağında bulunan fenolikler (Dinçer, 2018)

<p style="text-align: center;"><b><u>Fenolik Asitler ve Türevleri</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vanilik asit</li> <li>- Syringic asit</li> <li>- P-kumarik asit</li> <li>- O-kumarik asit</li> <li>- Gallik asit</li> <li>- Kafeik asit</li> <li>- Prokateşik asit</li> <li>- P-hidroksibenzoik asit</li> <li>- Sinnamik asit</li> <li>- 4-(asetoksietil)-1,2 dihidroksibenzen</li> <li>- 4-hidroksifenil asetik asit</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b><u>Sekoiridoitler</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Oleuropein</li> <li>- Oleuropein aglikon</li> <li>- Ligstrosit aglikon</li> <li>- P-HPEA tirevi</li> <li>- Oleuropein aglikon dialdehidik</li> <li>- Ligstrosit aglikon dialdehidik</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b><u>Fenolik Alkoller</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- (3,4-dihidroksifenil) etanol</li> <li>- 2-(4-hidroksifenil) etil asetat</li> <li>- (3,4- dihidroksifenil) etanol-glikozit</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b><u>Flavonoller</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- (+)taksifolin</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b><u>Lignanlar</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- (+)-1-asetoksinopinoresinol</li> <li>- (+)-pinoresinol</li> <li>- (+)-1-hidroksipinoresinol</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b><u>Flavonoidler</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Apigenin</li> <li>- Luteolin</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b><u>Hidroksi-izokromanlar</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1-fenil-6,7-dihidroksi-izokroman</li> <li>- 1-(3-metaksi)-fenil-6,7-dihidroksi-izokroman</li> </ul>

### 2.3. Zeytinyağı Çeşitleri

Zeytinyağı, zeytin ağacı (*Olea europea L.*) meyvelerinden fiziksel yollarla üretilen bir yağdır. Dünyada ortalama olarak 20 tür zeytin çeşidi bulunmaktadır ve her bir zeytin çeşidinin lezzeti, aroması farklılık gösterebilmektedir. Zeytinyağı üretimi hiçbir kimyasal işlem içermediği için zeytinin yağa dönüşmeden önceki koşulları yağ kalitesini oluşturmaktadır. Zeytinyağının kalitesinden

bahsederken duyu analizler ve kimyasal analizler yapılmakta ve farklı gruplara ayrılmaktadır. Günümüzde zeytinyağı çeşitli gruplara ayrılır ve bunu belirlerken Türk Gıda Kodeksi 'nin belirlediği özellikler baz alınarak farklı isimler ve fiyatlarla tüketici ile buluşmaktadır. Temel olarak bazı zeytinyağı çeşitleri bulunmakta olup bunların kısaca tanımları da aşağıda ki gibidir.

- **Ham Pirina Yağı:** Zeytin yağı üretildikten sonra ortaya çıkan zeytin posasının çeşitli işlemler ve yüksek sıcaklık ile elde edilen doğrudan tüketime uygun olmayan ve rafine işlemine ihtiyaç duyan zeytinyağı çeşididir.
- **Rafine Zeytinyağı:** Pirina yağı ve yemeye uygun olmayan yüksek asitli zeytinyağlarının rafinasyon işlemine tabi tutularak serbest yağ asitliği oleik asit cinsinden %0,3 den fazla olmayan zeytinyağı çeşididir.
- **Natürel Zeytinyağı:** Zeytin meyvelerinde yıkama, dekantasyon, santrifüj gibi sadece mekanik ve fiziksel işlemlere tabi olmuş yemeye uygun olan kendi kategorisindeki yağlarla aynı duyu, fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip zeytinyağı çeşididir.
- **Natürel Sızma Zeytinyağı:** Natürel zeytinyağları içinde doğrudan tüketime uygun olan ve serbest yağ asitliği oleik asit cinsinden %0,8 'den fazla olmayan zeytinyağı çeşididir.
- **Natürel Birinci Zeytinyağı:** Natürel zeytinyağları içinde doğrudan tüketime uygun olan ve serbest yağ asitliği oleik asit cinsinden %2 'den fazla olmayan zeytinyağı çeşididir.
- **Riviera Zeytinyağı:** Riviera kelimesi karışık anlamı taşıdığı için bu zeytinyağı çeşidine isim olarak verilmiştir. Temelde rafine işlemi görmüş zeytinyağına %10 oranında natürel zeytinyağı eklenmesi ile oluşmaktadır.
- **Çeşnili Zeytinyağı:** Nature Zeytinyağının içerisine farklı aromalar ve lezzetler elde edebilmek için kekik, biberiye, kantaron gibi bitkilerin eklenmesi ve özlerinin yağa geçmesi ile oluşan zeytinyağı çeşididir (TGK, 2017).

#### 2.4. Dünyada ve Türkiye' de Zeytinyağı ve Üretim Yöntemleri

Zeytin yetiştiriciliği dünyada ekonomik olarak yani %98 oranında Akdeniz bölgesinde bulunan ülkelerde yetiştirilmekte ve zeytinyağı üretimi de bu bölgelerde yapılmaktadır. Ancak artan gıda talepleri ve teknoloji gelişimi ile zeytin yetiştiriciliğinin olmadığı ülkelere de zeytinyağı üretim teknolojisi üzerine çalışmalar mevcuttur. Akdeniz bölgesine yani 30-45 derece enleminde bulunan ülkelere en çok yetiştirildiği ülkeler sırası ile; İspanya, İtalya, Yunanistan, Türkiye, Tunus, Suriye, Fas ve Portekiz gelmektedir (Dıraman, Öztürk, Yalçın, 2009). Geçmişten günümüze doğru baktığımızda ise zeytinyağı çok eski tarihlere dayanmakta ve ilk tespit edildiği bölge ise Mezopotamya olarak bilinen Suriye'nin ve Doğu Anadolu'nun içinde bulunduğu yerler çıkmaktadır. Tarihte kalıntılara bakıldığında ilk olarak taş ile ezilerek ve daha sonra ortaya çıkan karasu ve yağın kuyularda

bekletilmesi ile yağın yüzeyde ayrıştırılması sonucu elde edilebilmekteymiş. Bu üretim şartları ve o dönemlerde zeytin ağacı sayısı göz önüne alındığında zeytinyağı çok kıymetli bir ilaç değeri görmekteymiş. Günümüzde sanayinin gelişmesi ile birlikte zeytin yetiştiriciliği ve zeytinyağı üretimi artmıştır. Ancak nüfus yoğunluğu ve sağlıklı beslenmeye olan talep ile birlikte zeytinyağı tüm dünyaya yayılmış tüketimi de artmıştır.

Zeytinyağı üretim serüvenine baktığımızda ilk olarak taş sıkım kullanılmış daha sonra buharlı makinelerin üretimi ile pres yöntemi dediğimiz yöntem ile üretilmiştir. Günümüzde yaygın olarak kullanılan zeytinyağı üretimi ise continue sistem dediğimiz sürekli sistem ile üretilmektedir. Bu sistemde zeytinler mekanik darbe ile ezilerek hamur haline geliyor ve santrifüj ile yani dönme hızına bağlı olarak yağ zeytin hamurundan ayrılmaktadır. Ancak araştırmaların hala sürdüğü ve bu teknolojiye ilave yan teknolojiler ile iyileştirmeler yapılmaktadır.

Türkiye’de zeytin yetiştiriciliği tarihten günümüze artmakta ve üretim rekoltesine bu yansımaktadır. En çok üretimin yapıldığı bölgeler Marmara bölgesi, Ege Bölgesi, Akdeniz bölgesi ve Doğu Anadolu bölgesi olmaktadır. Zeytin yetiştiriciliğinin en fazla olduğu bölge Ege bölgesi %53,5 oranı ile birlikte bunu Akdeniz bölgesi %23,1 ile takip etmektedir.

**Tablo 2.2.** Türkiye’de yıllara göre zeytin ve zeytinyağı (Özkan, 2020)

	2015	2016	2017	2018	2019	Değişim <sup>1</sup> (%)
<b>Toplam Zeytinlik Alanı ( bin da)</b>	8.369	8.455	8.461	8.644	8,792	1,7
<b>Toplam Zeytin Ağacı Sayısı (bin adet)</b>	171.992	173.758	174.594	177.844	182.076	2,4
<b>Toplam Zeytin Üretimi</b>	1.700.000	1.730.0000	2.100.000	1.500.0000	1.525.000	1,7
<b>Sofralık Zeytin Üretimi</b>	400.000	430.000	460.000	426.995	415.000	-3,0
<b>Yağlık Zeytin Üretimi</b>	1.300.0000	1.300.0000	1.640.000	1.073.472	1.110.000	3,4
<b>Zeytinyağı Üretimi <sup>2</sup></b>	185.000	195.000	287.041	193.613	224.595	16,0
<b>Zeytinyağı İhracatı <sup>3</sup></b>	12.831	17.819	50.217	65.940	43.862	-33,5
<b>Zeytinyağı İthalatı<sup>3</sup></b>	2.632	1.307	16	4.844	23.401	383,1

Tablodan da anlaşılacağı gibi Türkiye’ de zeytinyağı üretimi her geçen yıl artmıştır. Zeytin yetiştiriciliği zeytinyağının üretimini doğrudan etkileyeceği için bu alanda yapılan gelişmelere de açık bir hal almıştır. Zeytinyağı üretimi ile ilk 5 ülkenin arasına girmiş ve ihracatı da ilk 4 ülkeden birisi olmuştur (Özkan, 2020).

#### 2.4.1. Zeytinyağı Üretiminde Taş Baskı

Zeytinyağı üretimi çok eski tarihlere dayanmakta olup Akdeniz bölgesindeki ülkelerde yetiştiriciliği yaygın olsa da yapılan arkeolojik kazılarda Anadolu bölgesinde çeşitli kalıntılara rastlanmıştır. M.Ö. 3000 yıllarına dayanan zeytinyağı üretimi ilk olarak zeytinin taş ile ezilerek kuyularda bekletilmesi ile elde edilmiştir. Bu yöntemde dikey taşlarla zeytin havuzunun içinde ezilmesi ve çıkan suyun yağdan bekleyerek ayrışması prensibine dayanır (Eskiyörük, 2016).

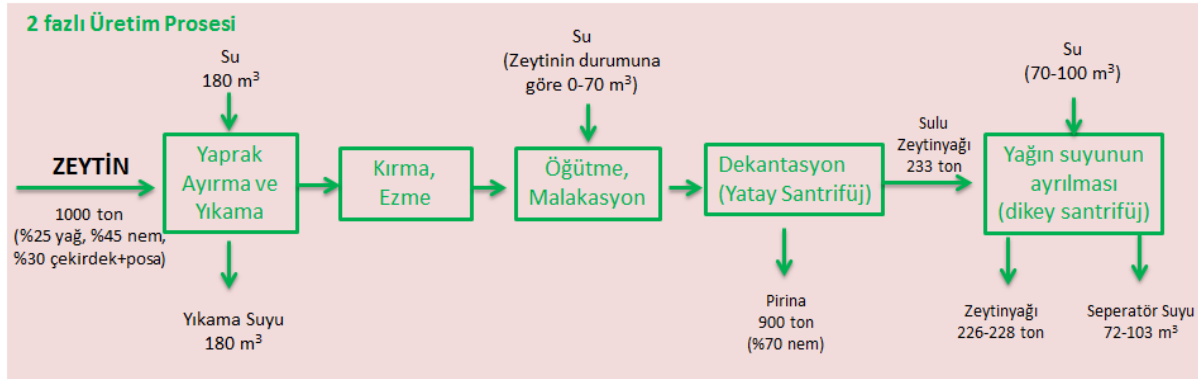
Bu yöntem zeytinyağının üretim verimi ve kalitesi açısından değerlendirildiğinde oldukça uygunsuz bir yöntem olup günümüzde tercih edilmemektedir. Zeytinyağının özelliklerine bakıldığında oksijen ile teması oksitlenmeye sebep olmakta ve bu da bir bozulma etmenidir. Taş baskı üretimde zeytin hamuru ve sonrasında zeytinyağı sürekli olarak hava ile temas halinde olmaktadır. Bunun yanında taşların gözeneklerinin mikrobiyal yük bakımında taşıyıcı özellik göstermesi zeytin hamurunda kimyasal reaksiyonların oluşumunu tetiklemektedir. Zeytinyağı üretim verimini de olumsuz etkilemekte ve bunun temel sebebi ise taş baskıda yeterli basıncın uygulanamaması ve yağ moleküllerinin zeytin etinden yeteri kadar ayrışmamasına sebep olmaktadır.

#### **2.4.2. Zeytinyağı Üretiminde Pres Yöntemi**

Zeytinyağı üretiminde pres yöntemi buharlı makinelerin çıkması ile ortaya çıkmış ve uzun zaman kullanılmıştır. Ancak sürekli sistem makineleri çıktıktan sonra kullanımdan kalkmıştır. Pres yöntemi klasik zeytinyağı üretimi olarak geçmekte ve zeytinyağı kalitesinde ve veriminde istenen sonucu vermemektedir. Pres yöntemi esaslı zeytinlerin ezilerek özel pres çuvallarına koyulması ve bu çuvallara baskı uygulayarak karasu ve yağın çıkmasını sağlamaktadır. Ancak bu yöntemin dezavantajları oldukça fazladır. Bunlardan en önemliler ise zeytinyağının ayrışabilmesi için yüksek sıcaklıkta su ilave ediliyor olması, zeytinlerin olgunluk derecesinin yani yumuşaklığın fazla olması talep edilirken insan gücüne dayanan bir yöntemdir. Pres yönteminde enerji maliyeti düşük olsa da istenen verim ve kaliteye ulaşmak mümkün değildir (Gemicioğlu, 2016).

#### **2.4.3. Zeytinyağı Üretiminde Sürekli (Continue) Sistem**

Zeytinyağı üretiminde sürekli sistem, dünyada ve Türkiye’de günümüz şartlarında yaygın olarak kullanılan bir teknoloji olup yağın elde edilmesinde çeşitli fiziksel ve mekaniksel aşamalardan geçmektedir. İnsan eli değmeden zeytinlerin ilk temizlenme hattından başlayarak yağın eldesi aşamasına kadar her aşama sürekli bir sistem içerisinde gerçekleşmektedir.

**Tablo 2.3.** Zeytinyağı üretiminde sürekli (continue) sistem

Zeytinlerin fabrikaya gelmesi ile başlayan işlemlerde ilk olarak zeytinlerin yaprak, taş gibi yabancı maddelerden ayrıştırılması için vakumlu hava çekiciden bir bant yardımı ile geçmesi sağlanır. Daha sonra yıkama suyuna gelen zeytinler temizlendikten sonra besleme dediğimiz bir helezon kanalı ile kırıcıya taşınır. Kırıcıda yüksek darbe etkisi ile hamur halini almış zeytinler malaksöre gelerek burada yoğrulma aşamasına geçer. Belli bir süre burada yoğrulan zeytinlerin yağının kolay ayrışabilmesi için belli bir kıvam alması sağlanır ve su verilir. Bu aşamadan sonra dekantöre gelerek dönme hızının etkisi ile pirina ve karasu zeytinyağından ayrışır. İçeriğinde tortu bulunan bu zeytinyağı su karışımı dikey santrifüj ile yağ ve seperatör suyu olarak ayrılır. Sürekli sistemin genel hatlarıyla işleyişi yukarıdaki tabloda çizildiği gibidir (Ablay, Gümüşkesen, 2019).

Zeytinyağı üretiminde temel sistem olan sürekli sistem birçok avantajı bulunmaktadır. Bu avantajların başında ise zeytinlerin el değmeden hijyenik şartlarda yağa dönüşebilmesi, zeytin hamurunun ve yağın oksijenle sürekli temasının olamaması, zeytinleri taze bir şekilde fabrikaya gelir gelmez sıkılabilmesi, zeytinyağında hızlı ve yüksek mekanik işlem sebebi sonucu dekantasyon işlemi ile birlikte üretildiği için yağın içeriğindeki bileşenleri en yüksek oranda barındırabilmektedir. Bütün bu şartlar zeytinyağı için verim, kalite ve hijyen parametreleri en iyi şekilde sağlanabilmektedir. Ancak tüm buna rağmen hala yeni teknolojiler arayışı ve araştırmaları da devam etmektedir. Bunun temel sebebi ise her ne kadar en iyi verim sağlansa da hala zeytin posası (pirina) ile ortalama %3 yağ kaybı olmakta ve sağlık için faydalı bazı kıymetli bileşenler de posayla birlikte kaybolmaktadır (Clodoveo, Durante, Notte, 2013).

#### 2.4.4. Zeytinyağı Üretiminde PEF Teknolojisi

Günümüz şartların gıdalara olan ulaşım kolaylığı ve sanayinin gelişimi ile tüketicilerde daha kaliteli, daha taze ve güvenilir gıdaya olan ilgisi artmıştır. Gıda üretim sistemlerinde besleyici özelliği daha yüksek gıda üretebilmek için çeşitli teknolojik girişimler ve çalışmalar olmaktadır. Bu teknolojik

girişimlerin başında ise gıda sektörü için vurgulu elektrik alan (PEF) teknolojisi kendisini göstermektedir. Gıdaların ısı ile işlem görmeden elektrik darbeleri ile mikroorganizmalardan arındırılması, besinsel değerlerini kaybetmeden kurutma işlemi ve çeşitli gıda üretim sistemlerinde verim ve kaliteyi arttırmak için kullanılmaktadır. Yenilikçi bir teknoloji olduğu için hala gıda sektöründe çeşitli araştırmalara ve denemelere açık olan bu teknoloji zeytinyağı üretiminde de başarılı sonuçlar çıkarmaya başlamıştır. Vurgulu elektrik alan (PEF) teknolojisinin temel prensibi mikro saniyeler içerisinde elektrik akımı ile homojen bir şekilde hücre dokusuna darbeler oluşturmak ve hücre çeperinin zedelenmesini sağlamaktadır. Bu sayede ısı ile işlem kullanılmamakta ve gerek mikroorganizmaların öldürülmesinde gerekse gıdaların üretim sürecinde en sağlıklı ve besleyici ürünlerin ortaya çıkmasına yardımcı olmaktadır (Ağçam, Akyıldız, Evrendilek, 2014).

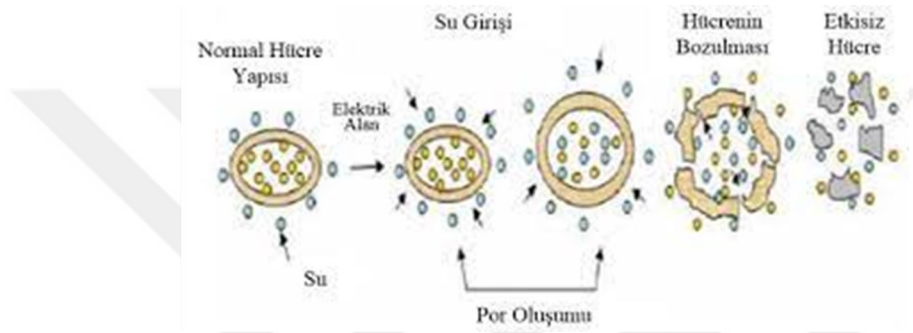


**Şekil 2.3.** Vurgulu elektrik alan teknolojisi uygulama cihazı

Zeytinyağı üretiminde PEF teknolojisi dediğimizde ise hedefler; verimin artması, yüksek kaliteli son ürün, enerjide tasarruf gibi etkenlerdir. Çeşitli PEF sistemleri olsa da temelde yüksek voltajlı vurgu jeneratörü, akış kontrolü odacığı, uygulama ünitesi ve kontrol monitörü olarak ayrılmaktadır. Zeytinyağı üretiminde 2 farklı şekilde sistemi mevcut olup ilk olarak zeytinlere tane olarak elektrik vurgularının yapılması ve daha sonra üretim hattına girmesi ikincisi olarak da zeytinlerin kırıcıdan geçip hamur halini alınca PEF uygulama odacığından geçmesi şeklinde üretilmiştir (Parniakov, 2014).

Vurgulu elektrik alan (PEF) teknolojisi farklı gıdalarda çeşitli amaçlar için kullanılmıştır. Her gıda için farklı vurgu dereceleri ve farklı enerjiler uygulanmaktadır. Her bir gıdanın hücrelerinin yapısı farklılık gösterdiği için uygun vurgu ve enerji hesaplanmış ve uygulanmıştır. Zeytinyağı üretimi için vurgu dereceleri (0-3 kV/cm) ve voltajlarda (0-100 kJ/kg) uygulanmış ve

sıcaklık değerleri malaksörde (15–45 °C) kullanılmış ve bunun sonucunda zeytinyağında üretimde verim, son ürün kalitesi ve enerji maliyeti kontrol edilmiştir. Yapılan çeşitli araştırmalarda PEF malaksörde kalma süresini 60 dk' dan 30 dk'ya düşürdüğü öne sürülmüştür. Zeytin bitkisinin hücrelerinin çeperini parçaladığı için zeytinde bulunan polifenollerin yağa geçmesini kolaylaştırdığı öngörülmüştür. Son ürün kalitesine bakıldığı zaman PEF teknolojisi serbest yağ asitliği, peroksit gibi zeytinyağının duysal özelliklerini etkileyecek değerleri etkilememesi beklenmektedir (Abenzoza, M., ark., 2013).

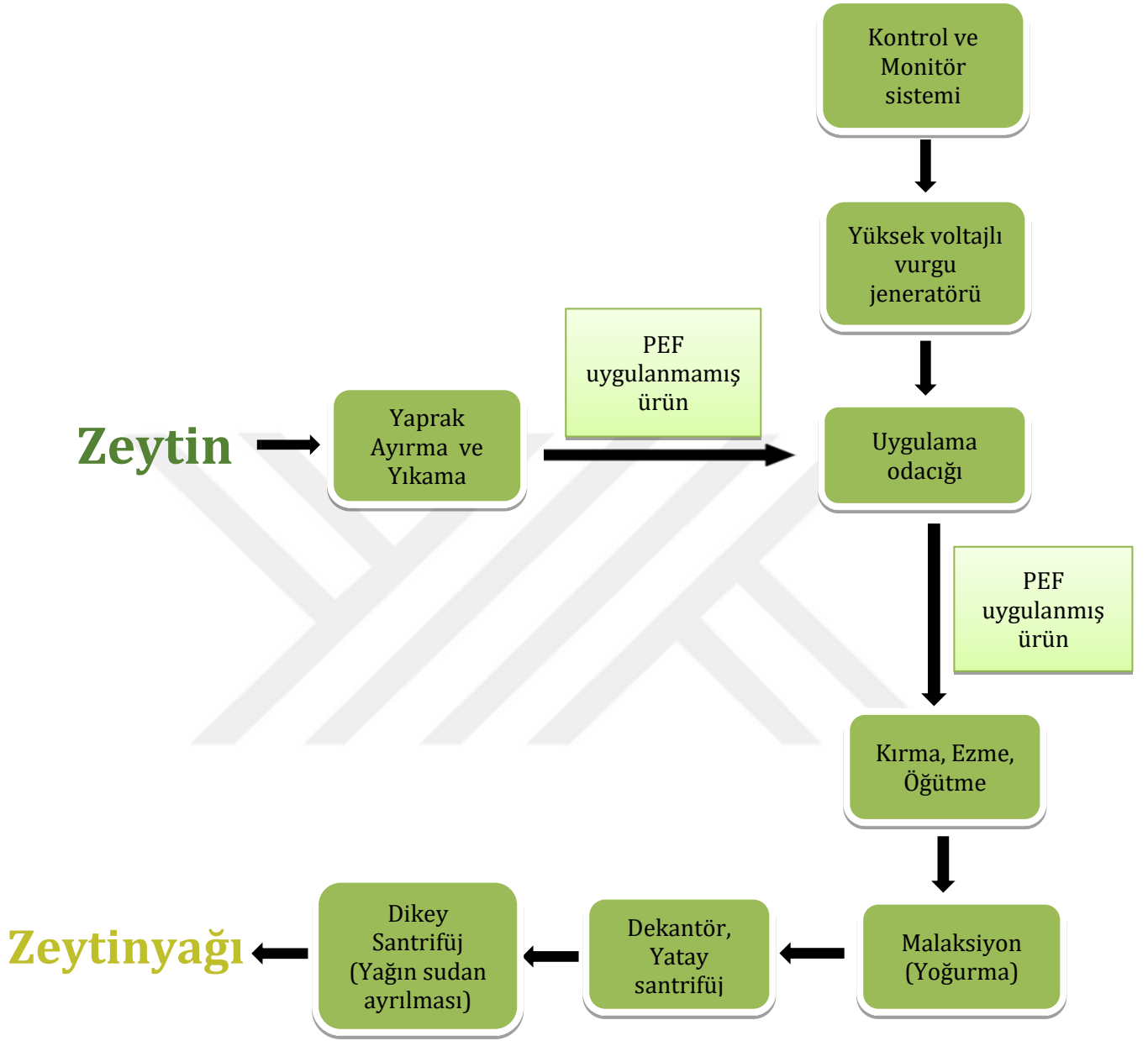


**Şekil 2.4.** Vurgulu elektrik alan teknolojisi uygulanan hücrenin bozunması

Şekilden de anlaşılacağı gibi PEF (vurgulu elektrik alan) uygulamasının temel etkisi hücre zarının tahrip olmasını sağlamak ve yüzeyinde porlar oluşturarak hücreye su girişini kolaylaştırmak. Bunun üzerine hücre su alarak patlaması sağlanıyor. Böylece hücrede bulunan yağ gibi maddelerde hücre dışına çıkmasını kolaylaştırmış oluyor. Aynı zamanda ısıl bir işlem olmadığı için de zeytin hücrelerinde bulunan ısıya duyarlı bileşenlerinde yağa geçmesini kolaylaştırmaktadır.

Tablo2.4.'da zeytinyağı üretim hattına eklendiği bölge malaksiyon aşamasından önceki bir kısım olmaktadır. Bunun temel sebebi ise hücre zarını elektrik ile porlar oluşturup bozunmasını sağladıktan sonra malaksiyon aşamasında su ile yoğrulan zeytin hamurundan yağın çıkışını kolaylaştırmaktır. Bozunan hücre dokuları yoğrulma aşamasında yumuşamaya uğrayarak yağın çıkışını ve bir araya toplanmasını sağlamaktır (Kakı H.İ. ve ark, 2014).

**Tablo 2.4.** Zeytinyağı üretiminde sürekli PEF (vurgulu elektrik alan) sistem



### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Zeytin (*Olea europea*) Meyvesi

Çalışmada kullanılan zeytin örnekleri Mersin'in Mut ilçesinden toplanmış ve Elea Teknoloji Ar-Ge PEF laboratuvarına getirilmiştir. Örnekler yaygın olan Gemlik ve Domat türleri olup deney öncesi muhafaza için 18 °C soğuk hava depoları kullanılmıştır.



Şekil 3.1. Laboratuvara getirilen zeytin örnekleri

##### 3.1.2. PEF (Vurgulu Elektrik Alan) Cihazı

Çalışmada pilot ölçekli bir PEF sistemi kullanılmıştır (Elcrack-5 kW, Elea, Quak enbruck, Almanya). Elea teknoloji üretimi bu cihaz 30 kV ve 200 A özelliğinde 2 cm iç çapı olan elektrotlara sahiptir. Deneyde kullanılan cihaz katı maddeler için hazneli özelliği olup zeytinlere bütün şekilde uygulanmıştır.



Şekil 3.2. PEF cihazı katı ürün uygulama odacığı

### 3.1.3. Zeytin Kırıcı

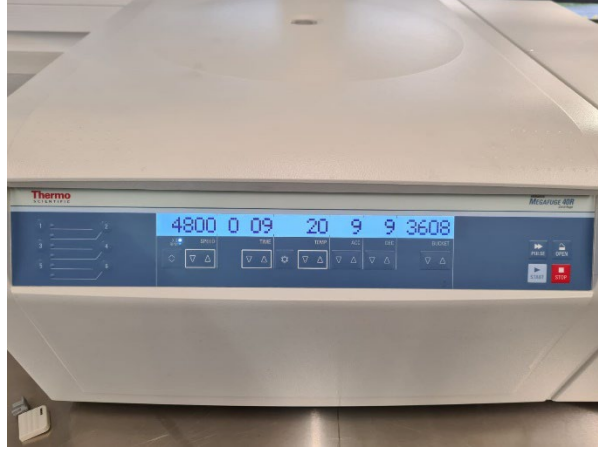
Zeytin kırıcı, 1500 W ve 380 V özellikleri olan dönme hızı ayarlanabilen 3 kg hazneli bıçaklı bir sistemdir. Zeytinleri hamur haline getirme süresi 50 sn olup tüm denemelerde aynı süre ve güç kullanılmıştır.

### 3.1.4. Malaksör

Deneyde kullanılan malaksör cihazı zeytin kırıcı makinesi ile aynı özelliklere sahip olup 1500 W ve 380 V özellikleri olan dönme hızı ayarlanabilen dönme hızı kırıcınının 10/1 olacak şekilde ayarlanmıştır. Malaksiyon aşamasında hamurun yoğrulması için kullanılan dönme hızı sabittir.

### 3.1.5. Santrifüj

Zeytin hamuru için uygun santrifüj cihazı 4800 RPM, 20 °C sıcaklıkta, (Thermo Scientific) Mega Fuge 40R cihazıdır. Cihazın 50 ml tüplerine yerleştirilmiş ve 10 dk çalıştırılmıştır.



**Şekil 3.3.** Deneyde kullanılan santrifüj cihazı

### 3.1.6. Tekstür Analiz Cihazı

Araştırma da kullanılan tekstür analiz cihazı TA-XTPlus 220 V, hız aralığı 0,01 - 70 m/s olan güç kapasitesi 20 kg olan bir cihaz kullanılmıştır. Cihazın sertlik yumuşaklık özelliği göz önüne alınmış iğneleme yani batırma yöntemi kullanılmış ve mesafe 0,5 mm hassasiyet olacak şekilde ayarlanmıştır.

### 3.1.7. Yardımcı Alet ve Ekipmanlar

Araştırmada tartım için 0.001 gram duyarlılıkta analitik terazi (Shimadzu), ayarlanabilir otomatik pipetler, dijital kumpas (Newman) kullanılmıştır. 50 ml tüpler ve 100 ile 10 ml boyutlarında çeşitli cam beherler kullanılmıştır. Zeytinlerin muhafazası için 18 °C de soğuk hava depoları kullanılmıştır.

## 3.2. Yöntem

### 3.2.1. Ham (Taze) Zeytinlerin Tekstür Analizi için Laboratuvara Gelmesi

Zeytin örnekleri Mut yöresinde yetişen Gemlik ve Domat cinsi zeytinlerden alınmış ve örnekler Kasım- Aralık aylarında siyah ve yeşil olacak şekilde toplanmıştır. Bu aylar içerisinde toplanan zeytinler deney sürecinde 18 °C de muhafazası sağlanmıştır. Zeytin örnekleri tekstür

analizi için kullanımda boylama yapılmış ve gruplara ayrılmıştır. Her bir grupta 7 adet zeytin bulunmakta olup zeytinlerin ortalama boyları 2-4 cm olarak ölçülmüştür. Gemlik siyah, Domat siyah ve Domat yeşil zeytin olacak şekilde farklı gruplar oluşturulmuştur.

### 3.2.2. Ham (Taze) Zeytin Tekstür Analizi için PEF Uygulanması

Örnekler Tablo 3.1.'de olduğu gibi deney planı verilmiş ve PEF (vurgulu elektrik alan) uygulanmıştır. Zeytinler sadece tekstür analizi için yeşil ve siyah gruplara ayrılmış ve her bir grupta 7 adet zeytin seçilmiştir. Zeytinlerin ortalama boyları ölçülmüş ve 2-4 cm aralığında belirlenmiştir. Zeytinler kontrol grubu olan 7 adet yeşil ve 7 adet siyah zeytinlerden tekstür analizi yapılmış ve grafiği çıkarılmıştır. Daha sonra zeytinlere 3 farklı vurgu derecesi belirlenmiştir. Bu vurgu dereceleri 1 kV/cm, 2,3 kV/cm, 3 kV/cm olarak ayarlanmıştır. Her bir vurgu alanı değeri için farklı vurgu sayıları belirlenmiş ve spesifik enerjide ki değişim gözlenmiştir. 1 kV/cm vurgu alanı uygulanan zeytin grubuna 14, 70, 140 darbe sayılarında uygulanmış ve bu spesifik enerjide 1 kJ/kg, 5 kJ/kg, 10 kJ/kg şeklinde değişim gözlenmiştir. Bütün zeytin örneklerine aynı değerlerde uygulanmış ve hemen ardından tekstür analizi yapılmıştır.

**Tablo 3.1.** Ham (taze) zeytin örneklerinde PEF uygulanması

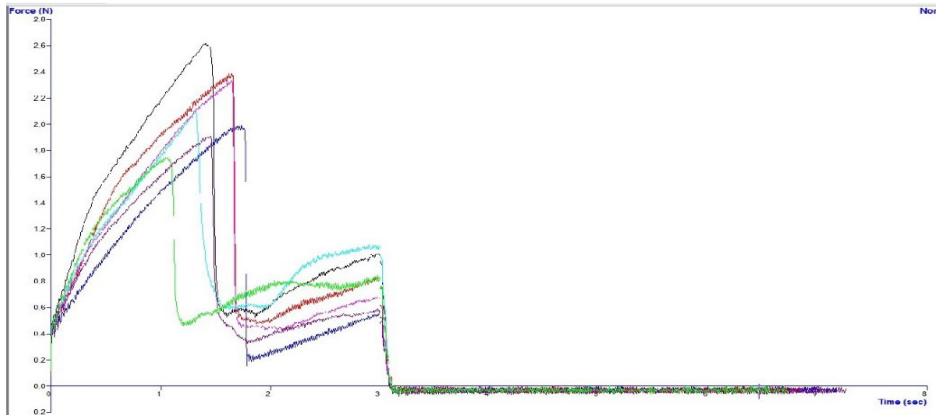
Örnekler	Vurgu Sayısı	Voltaj (kV)	Vurgu Alanı (kV/cm)	Hücre Kütlesi (g)	Enerji (j)/ Vurgu sayısı	Enerji (j/kg)/Vurgu Sayısı	Spesifik Enerji (kJ/kg)
Örnek 1	14	10,0	1,00	700	50	71,43	1,000
Örnek 2	70	10,0	1,00	700	50	71,43	5,000
Örnek 3	140	10,0	1,00	700	50	71,43	10,000
Örnek 4	3	23,0	2,30	700	264,5	377,86	1,134
Örnek 5	14	23,0	2,30	700	264,5	377,86	5,290
Örnek 6	27	23,0	2,30	700	264,5	377,86	10,202
Örnek 7	2	30,0	3,00	700	450	642,86	1,286
Örnek 8	8	30,0	3,00	700	450	642,86	5,143
Örnek 9	16	30,0	3,00	700	450	642,86	10,286



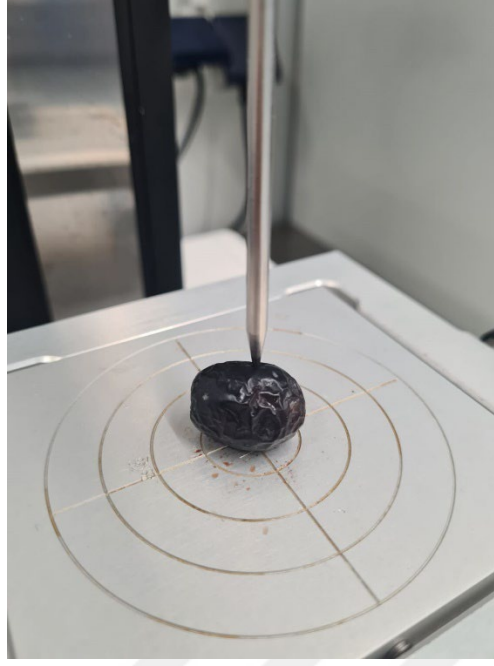
Şekil 3.4. Zeytinlere PEF uygulama haznesi

### 3.2.3. Ham (Taze) Zeytinlerde Tekstür Analizi

Zeytin örneklerinden öncelikle kontrol grupları tekstür analizine tabi tutulmuş ardından ise farklı değerlerdeki vurgu dereceleri olan zeytinler işlenmiştir. Tekstür analizinde dikkate alınan değerler mesafe (mm), zaman (sn), güç (N) olarak belirlenmiş ve şekil 3.5.' de çıkarılmıştır. Elde edilen grafikte her bir zeytin adedi için ayrı bir renk oluşturulmuş ve sonuçlar kontrol grubu ile karşılaştırılmıştır. Aşağıda ki grafik Gemlik cinsi siyah zeytinlerin kontrol grubuna ait olup PEF uygulanmış tüm zeytin örnekleri bulgular ve tartışma bölümünde tablo haline getirilip karşılaştırılması yapılmıştır. Zeytin etindeki değişimleri gözlemlemek için Gemlik Siyah, Domat yeşil ve Domat siyah zeytinler gruplandırılmış ve kıyaslaması yapılmıştır.



Şekil 3.5. Gemlik siyah zeytinin kontrol grubu grafiği



Şekil 3.6. Zeytin tekstür analizi

### 3.2.4. Zeytinyağı Üretimi için Zeytinlerin Laboratuvara Getirilmesi

Zeytin örnekleri, Mut yöresinde yetişen Gemlik cinsi zeytinlerden alınmış ve örnekler Kasım- Aralık aylarında siyah olarak toplanmıştır. Bu aylar içerisinde toplanan zeytinler deney süresince 18 °C de muhafaza edilmiştir. Zeytinyağı üretimi için kullanılan siyah Gemlik cinsi zeytinler 300 g olarak tartılmıştır.

### 3.2.5. Zeytinyağı Üretimi için Zeytinlere PEF Uygulanması

Zeytinyağı üretimi için kullanılan siyah Gemlik cinsi zeytinlerde uygulamalar sonunda **Elde edilen yağ miktarı (g)/Örnek miktarı (g) × 100** olarak yağ verimi hesaplanmıştır. Tablo 3.2. de zeytin örneklerine uygulanan PEF parametreleri verilmiştir.

**Tablo 3.2.** Zeytinyağı üretimi için PEF uygulaması

Örnekler	Vurgu Sayısı	Voltaj [kV]	Vurgu Alanı [kV/cm]	Hücre Kütlesi [g]	Enerji [J]/vurgu	Enerji [J/kg]/Vurgu	Spesifik Enerji [kJ/kg]
Örnek 1	19	10,0	1,00	700	50	71,43	1,357
Örnek 2	19	10,0	1,00	700	50	71,43	1,357
Örnek 3	19	10,0	1,00	700	50	71,43	1,357
Örnek 4	22	8,0	0,80	700	32	45,71	1,006
Örnek 5	22	8,0	0,80	700	32	45,71	1,006
Örnek 6	22	8,0	0,80	700	32	45,71	1,006
Örnek 7	19	10,0	1,00	700	50	71,43	1,357
Örnek 8	19	10,0	1,00	700	50	71,43	1,357
Örnek 9	19	10,0	1,00	700	50	71,43	1,357
Örnek 10	22	8,0	0,80	700	32	45,71	1,006
Örnek 11	22	8,0	0,80	700	32	45,71	1,006
Örnek 12	22	8,0	0,80	700	32	45,71	1,006
Örnek 13	19	10,0	1,00	700	50	71,43	1,357
Örnek 14	19	10,0	1,00	700	50	71,43	1,357
Örnek 15	19	10,0	1,00	700	50	71,43	1,357
Örnek 16	22	8,0	0,80	700	32	45,71	1,006
Örnek 17	22	8,0	0,80	700	32	45,71	1,006
Örnek 18	22	8,0	0,80	700	32	45,71	1,006
Örnek 19	56	5,0	0,50	700	12,5	17,86	1,000
Örnek 20	56	5,0	0,50	700	12,5	17,86	1,000
Örnek 21	56	5,0	0,50	700	12,5	17,86	1,000
Örnek 22	56	5,0	0,50	700	12,5	17,86	1,000
Örnek 23	56	5,0	0,50	700	12,5	17,86	1,000
Örnek 24	56	5,0	0,50	700	12,5	17,86	1,000
Örnek 25	56	5,0	0,50	700	12,5	17,86	1,000
Örnek 26	56	5,0	0,50	700	12,5	17,86	1,000
Örnek 27	56	5,0	0,50	700	12,5	17,86	1,000

Zeytinyağı üretimi için kullanılan zeytinlerde tekstür analizi için kullanılanlara göre daha düşük vurgu alanı değerlerinde PEF uygulanmıştır. Zeytin örneklerine 1 kV/cm, 0,8 kV/cm, 0,5 kV/cm olacak şekilde uygulanmış ve 19, 22, 56 sırası ile vurgu sayıları belirlenmiştir. Bu vurgu derecesi ve sayısında ise spesifik enerji 1,357 kJ/kg, 1,006 kJ/kg, 1,000 kJ/kg olacak şekilde gözlemlenmiştir. Bu değerler ışığında kontrol grupları ile birlikte her bir grup 3'er defa tekrarlanmış ve çıkan yağda verim hesaplanmıştır.

### 3.2.6. Zeytinin Ezilmesi ve Malaksiyon

Çalışmada; laboratuvar şartlarında fakat endüstriye uygun şekilde tasarlanmış cihazlar ile zeytinden zeytinyağı üretilmiştir. Bunun temelini de PEF cihazı, zeytin kırıcı cihaz, zeytinin yoğrulmasını sağlayan malaksör, zeytinin yağdan ayrışmasını sağlayan santrifüj belirlemektedir.

Zeytinin ezilmesinin ardından belli bir dönme hızında farklı sürelerde yoğrulmuş (malaksiyon aşaması) ve elde edilen zeytin hamuru santrifüje verilmiştir. Zeytinin kırıcıda geçen süresi standart olup 50 sn olarak belirlenmiştir. 300 gr olarak belirlenen zeytin örnekleri kırıcıdan sonra malaksöre gelmiştir ve burada 20 dk, 30 dk, 40 dk olacak şekilde farklı sürelerde sabit yoğrulma hızında tutulmuştur. Zeytin hamurunda sıcaklığın sonuçları etkilememesi göz önüne alındığı için sıcaklık değerleri 24-26 °C 'lerde tutulmuştur. Çalışmamızda tüm koşullar sabit tutulmuş ve değişkenler PEF uygulaması ve malaksiyon aşaması olarak belirlenmiştir.



**Şekil 3.7.** Zeytin hamuru malaksiyon aşaması

### **3.2.7. Zeytin Hamurunda Santrifüj ve Yağ Eldesi**

Analizler için hazır hale gelen zeytin hamuru 50 ml olan 6 adet tüpe yerleştirilmiş ve yağın ayrışması için santrifüj cihazına verilmiştir. Santrifüj cihazı 4800 rpm hızında, sabit 20 °C de ve 10 dk süre ile ayarlanmıştır. Santrifüjden çıkan yağlar pipet yardımı ile behere alınmış ve hassas terazi yardımı ile kilosu ölçülmüştür. Ölçülen değerler kontrol grupları ile karşılaştırılmış ve zeytinyağında oluşan verim yani kütle artışı gözle görülmüştür.



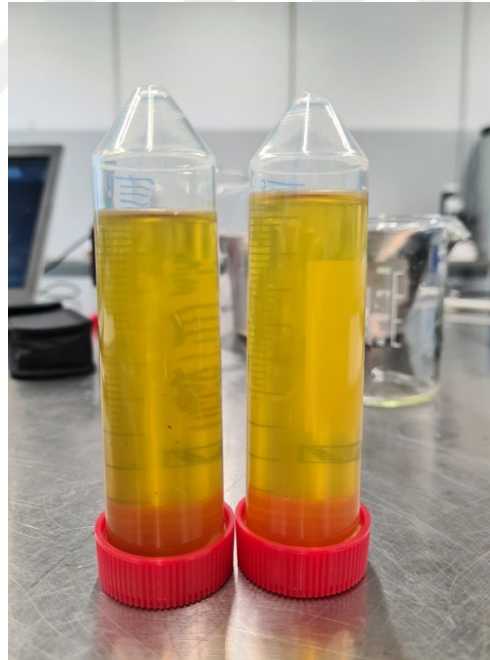
**Şekil 3.8.** Zeytin hamurunun santrifüj için hazırlanması

### **3.2.8. Zeytinyağı Verimi ve Kimyasal Analiz**

Santrifüjden alınan zeytinyağı örnekleri pipet yardımı ile alınmış ve hassas terazide ölçülmüştür. Zeytinyağı oksijen ile temas etmeyecek şekilde tüplere koyulmuş ve 20 °C sıcaklıkta muhafazası sağlanmıştır. Yağın ışık, ısı, oksijen ve metal ile teması olmayacağı şartlarda saklanmıştır. Üretim sonrası muhafaza koşulları analizleri etkileyeceği için Türk Gıda Kodeksince belirlenen koşullarda duyuusal ve kimyasal değerlerinde değişiklik olmayacak şartlarda saklanmıştır.



**Şekil 3.9.** Zeytinyağı üretimi sonucu kontrol grubu ve PEF grubu



**Şekil 3.10.** Zeytinyağı kontrol ve PEF grubu verim farkı

Şekil 3.10.' da görüldüğü gibi zeytinyağı üretimi sonucu verim farkı tespit edilmiştir. Zeytinyağı üretimi sonucu tüm örneklerde verim hesaplanmış ve % olarak değeri belirlenmiştir.

### 3.2.9. Zeytinyağı Asitlik Ölçme

Zeytinyağı temel kalite parametresi olan serbest yağ asitliği (Oleik asit cinsinden) değeri ölçülmüştür. Analiz titrasyon yöntemi ile ölçülür ve kullanılan malzemeler; cam pipet, cam ölçme tüpü, cam balon, alkol eter ve asit solüsyonu. Ölçüm için 10 g zeytinyağı 30 g alkol-eter karışımı içine konur ve asit solüsyonu ile titre edilmiştir. Titrasyon sarı renkli olan yağ alkol karışımı mor renk alana kadar devam eder. İlk renk değişimi gerçekleştiği anda titrasyon sonlandırılmıştır ve kullanılan asit solüsyonu miktarı % oleik asit miktarını belirler. Çıkan sonuçlar bulgular ve tartışma bölümünde değerlendirilmiştir (Çevik Ş., ark., 2015).



**Şekil 3.11.** Zeytinyağı serbest yağ asidi ölçümü

#### 4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Bu çalışmada zeytinyağı üretiminde yenilikçi bir teknoloji olan vurgulu elektrik alan (PEF) teknolojisi zeytinlere uygulanmıştır. Bu uygulama ile zeytin dokusundaki değişiklik incelenmiş olup son ürün olan zeytinyağı verimine ve kalitesine etkisinin araştırılması amaçlanmıştır.

##### 4.1. Ham (Taze) Zeytin Örneklerinde PEF Teknolojisinin Zeytin Dokusuna Etkisinin İncelenmesi

Vurgulu elektrik alan (PEF) teknolojisi meyve ve sebzelerin dokularında elektrik uygulaması ile hücre dokusunu zedelediği ve membran geçirgenliğini arttırdığı yapılan araştırmalarda belirlenmiştir. Zeytin tanelerine uygulanan 3 farklı vurgu dereceleri; 1 kV/cm, 2.3 kV/cm ve 3 kV/cm ile zeytin dokusundaki değişimler gözlemlenmiştir. Zeytin dokusunda yapılan gözlemlerde zeytin yüzeyinde nokta şeklinde kararmalar meydana gelmiş ve zeytin eti dokusunda yumuşama gözlemlenmiştir.



Şekil 4.1. PEF uygulaması sonrası zeytin tanesinin yüzeyi

Tekstür analizinde de uygulanan basınç zamana ve mesafeye göre hesaplanmıştır. Siyah Gemlik zeytinde zamana karşı yapılan analizde kontrol grubu zeytin tanelerinde uygulanan ortalama güç 1.8 N olurken 1 kV/cm vurgu derecesinde, 5 kJ/kg spesifik enerjide ve 70 vurgu sayısında tekstür cihazında uygulanan güç 1,6 N olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlara bakıldığında zeytin dokusunu ısı işlem kullanmadan parçaladığı gözlemlenmiştir. Ancak yapmış olduğumuz PEF uygulamasında ve daha önce yapılan çalışmalarda zeytin tanelerinin zamanla bozulma hızı artmıştır ve dayanıklılığı düşmüştür. Ayrıca ham zeytinlerde dokudaki yumuşaklık ve kararma istenen bir durum olmadığı için olumsuz bir etki olarak belirlenmiştir. Bu şekilde PEF uygulanan ham zeytinler sofralık ya da taze zeytin olarak muhafaza edilmesinde güçlük çekildiği ve istenen standardizasyonu sağlayamadığı gözlemlenmiştir (Maranon I., Puértolas E., 2014).

**Tablo4.1.** Ham (taze) Domat yeşil zeytinlere PEF uygulanması sonucu tekstür delme değerleri

Örnekler	Vurgu Alanı (kV/cm)	Spesifik Enerji (kJ/kg)	Vurgu Sayısı	Zeytin Boyutu (cm)	Delme Sertlik Pik kuvveti (N)
Kontrol Örneği	0	0	0	2,2	2,11
1 PEF Örnek	1	1	14	2,3	1,9
2 PEF Örnek	1	5	70	2,6	2,0
3 PEF Örnek	1	10	140	2,3	2,0
4 PEF Örnek	2,3	1,1	3	2,5	2,0
5 PEF Örnek	2,3	5,2	14	2,6	1,9
6 PEF Örnek	2,3	10,2	27	2,3	1,9
7 PEF Örnek	3	1,2	2	2,4	2,2
8 PEF Örnek	3	5,1	8	2,3	1,7
9 PEF Örnek	3	10,2	16	2,6	1,7

Tabloda zeytin örnekleri için tüm uygulanan parametreler belirlenmiştir. Bu parametreler ışığında zeytin dokusundaki yumuşama uygulanan gücün azalması ile tespit edilmiştir. Kısa sürede daha az güç uygulaması ile zeytin dokusunun parçalanabildiği tespit edilmiştir. Zeytin dokusundaki değişimleri gözlemlemek ve karşılaştırmanın yapılabilmesi için Gemlik siyah zeytin, Domat siyah zeytin ve Domat yeşil zeytinlerde deneme yapılmıştır. Bunun temel sebebi olarak sofralık zeytin işlemede yaygın kullanılan bu iki cinsi karşılaştırmak ve yeşil ile siyah olgunluk derecesini de karşılaştırabilmektir. Tablo4.1 ve Tablo 4.2 kıyaslaması yaptığımızda yeşil Domat zeytinde en düşük delme pik değeri 3 kV/cm vurgu derecesinde ulaşırken Domat siyah zeytinde en düşük delme pik değeri 2.3 kV/cm vurgu derecesinde ulaşılmıştır. Tablo4.3' deki Gemlik siyah zeytinde ise en düşük delme pik değeri 2.3 kV/cm vurgu derecesinde ulaşılmıştır.

**Tablo4.2.** Ham (taze) Domat siyah zeytinlere PEF uygulanması sonucu tekstür delme değerleri

Örnekler	Vurgu Alanı (kV/cm)	Spesifik Enerji (kJ/kg)	Vurgu Sayısı	Zeytin Boyutu (cm)	Delme Sertlik Pik Kuvveti (N)
Kontrol Örneği	0	0	0	2,0	1,8
1 PEF Örnek	1	1	14	2,1	1,6
2 PEF Örnek	1	5	70	2,0	1,6
3 PEF Örnek	1	10	140	2,3	1,6
4 PEF Örnek	2,3	1,1	3	2,4	1,5
5 PEF Örnek	2,3	5,2	14	2,2	1,3
6 PEF Örnek	2,3	10,2	27	2,0	1,7
7 PEF Örnek	3	1,2	2	2,5	1,4
8 PEF Örnek	3	5,1	8	2,4	1,4
9 PEF Örnek	3	10,2	16	2,3	1,5

**Tablo4.3.** Ham (taze) Gemlik siyah zeytinlere PEF uygulanması sonucu tekstür delme değerleri

Örnekler	Vurgu Alanı (kV/cm)	Spesifik Enerji (kJ/kg)	Vurgu Sayısı	Zeytin Boyutu (cm)	Delme Sertlik Pik Kuvveti (N)
Kontrol Örneği	0	0	0	2,4	1,6
1 PEF Örnek	1	1	14	2,3	1,5
2 PEF Örnek	1	5	70	2,6	1,5
3 PEF Örnek	1	10	140	2,4	1,6
4 PEF Örnek	2,3	1,1	3	2,5	1,6
5 PEF Örnek	2,3	5,2	14	2,5	1,3
6 PEF Örnek	2,3	10,2	27	2,3	1,6
7 PEF Örnek	3	1,2	2	2,6	1,5
8 PEF Örnek	3	5,1	8	2,3	1,5
9 PEF Örnek	3	10,2	16	2,6	1,6

Elde ettiğimiz sonuçlardan anlaşılacağı üzere tüm vurgu dereceleri tüm zeytin çeşitlerinde kıyaslandığında vurgu derecesi arttıkça zeytinin delme pik değeri düşmüştür yani PEF uygulanan zeytin etinde yumuşama olmuştur. Ancak yeşil zeytin deki doku yumuşama farkı siyah zeytine göre daha belirgin gözlemlenmiştir. Yeşil zeytinler daha sert olup siyah zeytinler, olgunlaşmanın verdiği bir yumuşaklık sebebi ile PEF 'in etkisi belirgin olarak gözlenmemiştir. Bu durumda sofralık zeytin

işlemede olumlu etki oluşturmadığı ancak zeytinyağı üretimi için bir avantaj oluşturduğu yapılan çalışma sonucundan anlaşılmıştır.

#### **4.2. Zeytinyağı Üretiminde PEF Teknolojisinin Yağ Verimi ve Kalitesine Etkisinin İncelenmesi**

Zeytinyağı üretiminde yüksek kalite ve verim için çeşitli teknolojiler denenmekte ve araştırılmaktadır. Bunların başında büyük bir gelişim sağlayan PEF teknolojisi yer almaktadır. Çalışmada 300 g zeytin örnekleri 3 er defa tekrar edilmek üzere vurgu derecesi ve malaksiyon sürelerindeki değişken parametrelerle belirlenmiş ve sonuçlar incelenmiştir. Zeytinlere yağ üretimi için uygulanan PEF vurgu dereceleri doku analizindeki değerlere göre daha düşük belirlenmiştir. Bunun temel sebebi ise yağ kalitesi için zeytinlere yüksek vurgu yapılması zeytindeki bozulmayı hızlandırdığı gözlemlenmiştir. Zeytin hamuruna 20 dk, 30 dk ve 40 dk olacak şekilde farklı süreler belirlenmiş ve her bir süre için aynı vurgu dereceleri uygulanarak ve diğer tüm sıcaklık, gramaj, zeytin cinsi, santrifüj süresi gibi parametrelerde sabit tutularak verimdeki ve kalitedeki değişim incelenmiştir. Tablo4.4 'de elde edilen yağ miktarları eklenmiş olup farklı malaksiyon süresi ve farklı vurgu derecelerinde yağ verimi kıyaslaması yapılmıştır. Verilere göre 0,5 kV/cm vurgu derecesinde 20 dk, 30 dk ve 40 dk sürelerle baktığımızda yağ verimi yüzdesi %17.4, % 17.7 ve % 18.8 olarak ölçülmüştür. Deney sonuçlarına göre vurgu derecesini sabit tuttuğumuzda malaksiyon süresindeki artış olumlu etki oluşturmuştur. Malaksiyon sürelerindeki kıyaslamada en iyi verimi 40 dk olarak alındığı gözlemlenmiştir. Malaksiyon sürelerini sabit tuttuğumuzda en iyi sonucu veren 40 dk için vurgu derecelerinin kıyaslanmasında diğer tüm değerler sabit tutulmak şartıyla 0.5 kV/cm değerinin verimi en yüksek oranda verdiği gözlenmiştir. Bunun temel sebebi 0,5 kV/cm vurgu alanında en yüksek 56 vurgu sayısı uygulanmış ve zeytin etinde daha çok hücreye etki etmesinin verim açısından olumlu olduğu saptanmıştır.

**Tablo4.4.** Farklı PEF uygulama parametrelerinin ve farklı malaksiyon sürelerinin zeytinyağı verimine etkisi

Örnekler	Zeytin Kütlesi (g)	Yağ Kütlesi (g)	Malaksiyon Süresi (dk)	Vurgu Alanı (kV/cm)	Vurgu Sayısı	Yağ Verimi (%)
<b>Kontrol Örneği 1</b>	300,4	46,9	30	0	0	16,7
<b>PEF 1</b>	300,5	46,6	30	1	19	16,6
<b>PEF 2</b>	300,3	46,9	30	0,8	22	16,7
<b>PEF 3</b>	300,5	50,6	30	0,5	56	17,7
<b>Kontrol Örneği 2</b>	300,2	45	20	0	0	16,1
<b>PEF 1</b>	300,1	43,6	20	1	19	15,6
<b>PEF 2</b>	300,2	43,5	20	0,8	22	15,5
<b>PEF 3</b>	300,3	49,4	20	0,5	56	17,4
<b>Kontrol Örneği 3</b>	300,1	47,4	40	0	0	16,9
<b>PEF 1</b>	300,6	46,2	40	1	19	16,4
<b>PEF 2</b>	300,2	45,7	40	0,8	22	16,1
<b>PEF 3</b>	300,4	54,3	40	0,5	56	18,8

Vurgulu Elektrik alan (PEF) teknolojisinde uygulanan vurgu derecesi ve spesifik enerji her gıda için farklılık göstermektedir. Hayvansal dokularda ve bitkisel dokularda farklı değerler belirlenmektedir. Hatta her bitki dokusuna bakıldığında yapılacak olan işleme göre de vurgu dereceleri ve sayıları farklılık göstermektedir. PEF uygulamasının o gıda için en uygun değerde olacağını belirlemek için üst sınır ve alt sınırlar belirlenmekte ve bu değerler arasında en verimli aralık seçilmektedir. Zeytin hamuru ya da zeytin tanelerinde eğer yağ üretimi yapılacak ise zeytin dokusuna uygulanacak değer aralığı 0,5 kV/cm – 1,5 kV/cm olarak belirlenmiştir. Bu 1,5 kV/cm değerinin çok üzerindeki vurgu dereceleri zeytinin yapısını hızlı bozmakta ve yanma etkisi oluşturmaktadır. Bu durumda zeytinyağında kalite özelliklerini etkilemektedir. Özellikle kimyasal araştırmalarda ve duyu analizlerde renk ve tat özelliklerinde farklılık olduğu gözlemlenmiştir (Tamborrino, Urbani, Servilli, Romeniello, Perone, Leone, 2019).

**Tablo4.7.** PEF uygulamasının zeytinyağı serbest yağ asitliği (oleik asit) üzerine etkisi

<i>Örnekler</i>	<i>Vurgu Alanı (kV/cm)</i>	<i>Malaksiyon Süresi (dk)</i>	<i>Spesifik Enerji (kJ/kg)</i>	<i>Zeytinyağı Miktarı (g)</i>	<i>Asitlik Değeri (Oleik Asit)</i>
<i>Kontrol Örneği</i>	0	20	0	10	0.8
	0	30	0	10	0.8
	0	40	0	10	0.8
<i>Pef 1</i>	1	20	1.3	10	0.9
<i>Pef 2</i>	1	30	1.3	10	0.9
<i>Pef 3</i>	1	40	1.3	10	0.9
<i>Pef 4</i>	0.8	20	1	10	0.8
<i>Pef 5</i>	0.8	30	1	10	0.8
<i>Pef 6</i>	0.8	40	1	10	0.8
<i>Pef 7</i>	0.5	20	1	10	0.8
<i>Pef 8</i>	0.5	30	1	10	0.8
<i>Pef 9</i>	0.5	40	1	10	0.9

Deney sonunda elde ettiğimiz sonuçlara göre serbest yağ asidi oranı Oleik asit cinsinden %0.7-1 arasında olduğu ve PEF uygulamasının asitlik değerinde önemli bir değişikliğe yol açmadığı gözlenmiştir. Literatürde yer alan çalışmalarda da PEF uygulamasının polifenol gibi değerlerinde artışa sebebiyet oluştururken peroksit ve serbest yağ asidinde bir değişikliğe yol açmadığı gözlenmiştir (Veneziani G. ve ark. 2019). Tablo 4.7'den anlaşılacağı üzere PEF uygulaması serbest yağ asitliği (oleik asit) değerlerine belirgin bir etkiye sebep olmamıştır. Örneklerde malaksiyon 20 dk, 30 dk ve 40 dk süreler belirlenmiş ve bu sürelerde zeytin hamurunun sıcaklığı 24-26 °C tutulmuştur ve süre ile vurgu dereceleri kıyaslanmıştır. Uyguladığımız parametrelerde serbest yağ asitliğinde belirgin bir değişiklik gözlemlenmemiştir.

Zeytin üretiminde PEF teknolojisinin kullanılması ve üzerine araştırmaların yapılması yeni bir konu olmakta ve çalışmalar sınırlı kalmaktadır. Abenoza M. ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada İtalyan cinsi olan Arbequina zeytin cinsinde PEF uygulamasını denemişler ve olumlu sonuçlar almışlardır. Yaptıkları çalışmada 0–2 kV/cm vurgu dereceleri ile 0, 15, 30 dk malaksiyon (yoğurma) sürelerinde denemişlerdir. Sıcaklık değerlerini ise 15 ve 26 °C olarak belirlemişler ve etkisini incelemişlerdir. Buradan yola çıkarak yapmış olduğum çalışma farklı zeytin cinsi ile farklı vurgu dereceleri belirlenerek malaksiyon sürelerindeki farklılık da göz önüne alındığında literatüre katkısının olduğu görülmektedir (Abenoza ve ark., 2012)

## 5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Gıda sektörüne baktığımızda artan bilinçli tüketici sayısı ve bu tüketicilerin talepleri doğrultusunda gıda sanayisi de kendini yenilemeye ve geliştirmeye mecbur kalmıştır. Gıda sektöründe amaç tüketiciyi en iyi ve sağlıklı besinlerle buluşturmak olduğu için besin değerini koruyacak ve toplumun her kesimine ulaşacak gıda üretim yolları aranmaktadır. Zeytinyağı hem oldukça sağlıklı bir gıda ürünü olup hem de dünyada popülaritesi her geçen gün artan bir üründür. Zeytinyağı üretiminde daha yüksek verim elde etmek ve daha kaliteli son ürüne ulaşmak için yapılan çalışmaların başında da PEF (vurgulu elektrik alan) teknolojisi gelmektedir. Zeytinyağı üretiminde ana üretim sistemi sürekli (continue) sistem olmaktadır ve bu sistemde posa ile birlikte yağ kayıpları olduğu bilinen bir gerçektir. Bu yağ kaybını en aza düşürmek ve daha yüksek kalitede ürün elde etmek için bu sisteme entegre olabilen ve sürekliliği bozmayacak teknolojiler araştırılmaktadır. PEF teknolojisi hem üretim hattına kolay entegre olabilen bir teknolojidir hem de son üründe daha yüksek verim ve kaliteyi sağlamaktadır. Zeytin meyvesinde insan vücudu için oldukça kıymetli polifenoller bulunmaktadır ancak bu değerler posa ile kayıp olmaktadır. Deneysel sonuçlarına göre zeytin dokusundaki yumuşama, uyguladığımız 1 kV/cm, 2.3 kV/cm, 3 kV/cm vurgu derecelerinde delme sertlik pik kuvveti en düşük olan 2.3 kV/cm ile Domat siyah zeytinde 1.3 N olarak bulunmuştur. Zeytin dokusundaki yumuşama için vurgu derecesi arttıkça yumuşamanın arttığı gözlemlenmiştir.

Yapmış olduğumuz çalışmada zeytinyağı için elde ettiğimiz verilere göre PEF teknolojisi ile daha fazla yağ kazanımı olduğu görülse de henüz istenen ölçüde olmadığı gözlemlenmiştir. Denede kullandığımız değişken parametreler 1 kV/cm, 0.8 kV/cm, 0.5 kV/cm vurgu dereceleri ile 20 dk, 30 dk, 40 dk malaksiyon süreleri olmuştur. Elde ettiğimiz en yüksek yağ 40 dk malaksiyon süresi ve 0.5 kV/cm vurgu derecesi ile 54.3 g ile sağlanmıştır. Malaksiyon süresindeki artış da zeytinyağı verimini olumlu etkilediği tespit edilmiştir. Zeytinyağı veriminin yanında zeytinyağı için temel kalite parametresi olan serbest yağ asidi Oleik asit cinsinden ölçülmüştür ve asitlik seviyesinin 0.7- 1 asit değerinde çıkmıştır. PEF (vurgulu elektrik alan) teknolojisinin yağ asitlik seviyesinde herhangi bir değişiklik oluşturmadığı analiz sonucunda belirlenmiştir ve bu durum olumlu bir sonuç olarak değerlendirilmiştir. Yapmış olduğumuz deney sonuçları ve literatürdeki diğer çalışmalar da göz önüne alındığında bu teknoloji ile daha fazla çalışmanın yürütülmesi ve farklı zeytin türleri ile çalışılması gerekmektedir. Zeytinyağının kalitesini ve yağ verimini etkileyen zeytinin cinsi, zeytinin olgunluk derecesi, zeytinin yetiştiği bölge, zeytinin toplandıktan sonraki geçen süresi gibi birçok etmen olduğu göz önüne alınırsa yapılması gereken farklı parametrelerde çalışmalar olduğu düşünülmektedir. Ayrıca vurgu derecelerindeki değişim de verim ve kaliteyi etkilediği için farklı vurgu dereceleri ile de çalışmaların yapılması gerektiği düşünülmüştür.

## KAYNAKLAR

- Abenoza M., Benito M., Saldaña G., Álvarez I., J. Raso & A. C. Sánchez-Gimeno, (2013), “Effects of Pulsed Electric Field on Yield Extraction and Quality of Olive Oil”, *Food Bioprocess Technology*, 6(6), pp. 1367–1373, Germany.
- Ablay Ö., D., Gümüşkesen A., S., (2019), “Zeytinyağı üretiminde farklı teknolojik uygulamaların yağ verimi ve kalitesi üzerine etkisi.” Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, İzmir.
- Ağçam E. ve ark., (2014), “Vurgulu elektrik alan teknolojisi (PEF): Sistem ve uygulama odacıkları”, *Akademik Gıda* 12(2), ss. 69-78, Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Adana.
- Aydoğan A., Alper İ., (2018), “Soğuk Preslenmiş Sızma Zeytin Yağlarının Yağ Asidi Bileşimi Üzerine Çeşidin Etkisi”, *Gıda Mühendisliği Bölümü Lisans Tezi*, Ziraat Fakültesi, Selçuk Üniversitesi, Konya, Türkiye.
- Clodoveo M., Durante V., Notte D., (2013), “Working towards the development of innovative ultrasound equipment for the extraction of virgin olive oil”, *Department of Agro-Environmental and Territorial Sciences, University Of Bari, Via Amendola 165/A, Vol. 20*, pp. 1261-1270, Italy.
- Cömert M., Özata E., (2016). “Zeytinyağı ve sağlıklı yaşam”. *Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Gastronomi ve Mutfak Sanatları*, Ankara, Türkiye, *Zeytin Bilimi* 6(2), ss.105-110., Türkiye.
- Cürebil İ., Efe R., Soykan A., Sönmez S., (2013), “Dünyada, Türkiye’de Edremit Körfezi Çevresinde Zeytin ve Zeytinyağı” *Edremit Belediyesi*, Balıkesir, Türkiye.
- Çevik Ş., Özkan G., Kıralan M., (2015), “Çeşit, Olgunluk ve Yoğurma Şartlarının Zeytinyağı Verimi, Bazı Kalite Parametreleri ve Aroma Profili Üzerine Etkisi”, *Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi*, Isparta, 13(4), ss. 7-8.
- Dıraman H., Öztürk F., Yalçın M., (2009), “Türkiye zeytin ekonomisine genel bir bakış”, *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, Cilt 4, No 2, ss. 35-51, Bornova, İzmir, Türkiye.
- Diñçer D., (2018), “Farklı hasat dönemlerinin Ayvalık, Memecik ve Gemlik zeytinlerinden elde edilen zeytinyağlarının kimyasal özellikleri ve biyoaktif bileşenleri üzerine olan etkisi” *Yüksek Lisans Tezi*, Celal Bayar Üniversitesi, Manisa, Türkiye.
- Elea T., (2019), “Pulsed electric field of Olive oil production”, <https://elea-technology.com/olive-oil/> , Prof.-von-Klitzing-Str. 9, D-49610 Quakenbrück Germany [20.11.2022].
- Erinç H., Yorulmaz A., Tatlı A., Tekin A. (2017). “Güneydoğu Anadolu bölgesinde yetiştirilen Gemlik çeşidi zeytinlerde verticillium solgunluğunun zeytinyağı kalite parametreleri ve fenolik bileşenlere etkisi”, *Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü*, Ankara, Türkiye, ss.197-203.
- Eskiyörük D., (2016), “Antik çağda zeytin ve zeytinyağı; Kilikya bölgesi örneği”, *Çukurova Üniversitesi, Karataş Turizm İşletmeciliği ve Otelcilik Yüksek Okulu*, Adana, Türkiye.

Gemicioğlu Y., “Türkiye’de zeytinyağı üretiminde kullanılan yöntemler ve makine sistemlerinin varlığı”, Yüksek Lisans Tezi, Biyosistem Mühendisliği Anabilim dalı, Namık Kemal Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ, Türkiye.

Kakı H.İ. ve ark, (2014), “Darbeli Elektrik Alan Uygulamasının Sıvı Gıdaların Pastörizasyonunda Kullanımı”, Elektrik Mühendisliği Bölümü, Gıda Mühendisliği Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Kırmızıkuşak D., Yaman M., (2021), “A Functional Food; Olive oil” Journal of Social, Humanities Administrative Science, 4(6), pp. 587- 596, Karabük, Türkiye.

Özata E., Cömert M., (2016), “Zeytinyağı ve sağlıklı yaşam”, Gazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Gastronomi ve Mutfak Sanatları, Ankara, Türkiye, Zeytin Bilimi 6(2), ss.105- 110.

Özkan Z., (2020), “Tarım ürünleri piyasaları, zeytinyağı”, Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü, Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi Sayı 23, ss. 717-724, Türkiye.

Parniakov O., ve ark., (2014), “High Voltage Electrical Discharges, Pulsed Electric Field, and Ultrasound Assisted Extraction of Protein and Phenolic Compounds from Olive Kernel”, Academia, Germany, pp. 885-889.

Puértolas E., Marañón I., (2014) “Olive oil pilot-production assisted by pulsed electric field: Impact on extraction yield, chemical parameters and sensory properties”, AZTI-Tecnalia, Food Research Division, Parque Tecnológico de Bizkaia, Astondo Bidea Edificio 609, Vol. 167, pp. 497-502.

Şahin K., Yorulmaz A., Tekin A., (2008), “Zeytinyağı Steroller”, 1. Zeytin Ulusal Öğrenci Kongresi, Balıkesir, Türkiye.

Tamborrino A., Urbani S., Servilli M., Romeniello R., Perone C., Leone A., (2019), “Pulsed Electric Fields for the Treatment of Olive Pastes in the Oil Extraction Process”, Department of Agricultural and Environmental Science, University of Bari Aldo Moro, Via Amendola, Italy, 10(1), pp. 114.

Tatlı, A., 2014, *Zeytin Yağı Hakkında Güncel Araştırmalar*, İzmir, <http://www.apelasyon.com> [25.07.2022].

TGK, (2017), “Türk Gıda Kodeksi Zeytinyağı ve Pirina Yağı Tebliği”, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Tebliğ no: 26/2017, Sayı: 30183, Türkiye.

Tiryaki, G.Y., (2005), “Erken hasatın zeytinyağı kalitesi üzerine etkisi.” Kahramanmaraş sütçü imam üniversitesi, Gıda mühendisliği bölümü, Kahramanmaraş, Gıda 30 (3), ss. 193- 196.

Uygur, Z., (2010), “Zeytin Ağacı ve Zeytin”, İstanbul, <http://www.yaklaşansaat.com> [25.11.2022].

Veneziani G., ark. (2019), “Extra-Virgin Olive Oil Extracted Using Pulsed Electric Field Technology: Cultivar Impact on Oil Yield and Quality”, Department of Agricultural, Food and Environmental Sciences, University of Perugia, Perugia, Italy Vol. 6 pp. 21.

Yorulmaz A., Tekin A., (2008), “Zeytin ve Zeytinyağı Fenolikleri” 1. Ulusal Zeytin Öğrenci Kongresi, Balıkesir.