



## Microorganisms and Effects on the Olive Oil Quality

Alper Aydın<sup>1,3,a</sup>, Başar Uymaz Tezel<sup>2,b</sup>, Mustafa Öğütçü<sup>3,c,\*</sup>

<sup>1</sup>Edremit İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü, Edremit-Balıkesir, Türkiye

<sup>2</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Bayramiç MYO Kimya ve Kimyasal İşleme, Teknolojileri Bölümü Bayramiç-Çanakkale, Türkiye

<sup>3</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Çanakkale, Türkiye

\*Corresponding author

### ARTICLE INFO

Review Article

Received : 12.06.2023

Accepted : 26.11.2023

Keywords:

Olive oil

Microorganism

Lactic acid bacteria (LAB)

Yeast

Quality

### ABSTRACT

Olive oil is one of the most important vegetable oils obtained mechanically from olive fruit and can be consumed unrefined. Olive oil contains prominent levels of unsaturated fatty acids and antioxidant compounds known to be beneficial to human health. Newly produced olive oil is cloudy due to olive pulp particles and micro droplets caused by water. The solid particles and water that cause this cloudy appearance create an environment where some microorganisms can survive. While some of the microorganisms improve olive oil's physicochemical and sensory properties thanks to their high enzymatic activity, others deteriorate the quality of olive oil. The diversity of microorganisms in olive oil may vary depending on factors such as olive variety, harvesting method, processing technique, storage conditions and duration. In this study, an attempt was made to review the microorganisms present in olive oil and their effects on olive oil quality.

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 12(1): 100-108, 2024

## Zeytinyağında Bulunan Mikroorganizmalar ve Kalite Üzerine Etkileri

### MAKALE BİLGİSİ

### ÖZ

Derleme Makalesi

Geliş : 12.06.2023

Kabul : 26.11.2023

Anahtar Kelimeler:

Zeytinyağı

Mikroorganizma

Laktik asit bakterileri (LAB)

Maya

Kalite

Zeytinyağı, zeytin meyvesinden mekanik olarak elde edilen ve rafine edilmeden tüketilebilen en önemli bitkisel yağlardan biridir. Zeytinyağı, insan sağlığına faydalı olduğu bilinen yüksek oranda doymamış yağ asitleri ve antioksidan bileşikler içerir. Yeni üretilen zeytinyağı, zeytin posası parçacıkları ve sudan kaynaklanan mikro damlacıklar nedeniyle bulanık görünüme sahiptir. Bulanık görünüme neden olan katı partiküller ve su, bazı mikroorganizmaların canlılığını koruyabileceği bir ortam yaratır. Mikroorganizmaların bazıları zeytinyağının fiziko-kimyasal ve duyuşal özelliklerini, yüksek enzimatik aktiviteleri sayesinde iyileştirirken, bazıları da zeytinyağının kalitesini bozar. Zeytinyağındaki mikroorganizma çeşitliliği, zeytin çeşidi, hasat yöntemi, işleme tekniği, depolama koşulları ve depolama süresi gibi faktörlere bağlı olarak değişebilir. Bu çalışmada zeytinyağında bulunan mikroorganizmalar ve bunların zeytinyağı kalitesine etkileri derlenmeye çalışılmıştır.

<sup>a</sup> [alper.aydin@hotmail.com](mailto:alper.aydin@hotmail.com)

<sup>b</sup> <https://orcid.org/0000-0002-6870-0367>

<sup>c</sup> [mustafaogutcu@gmail.com](mailto:mustafaogutcu@gmail.com)

<sup>c</sup> <https://orcid.org/0000-0001-8686-2768>

<sup>b</sup> [buymaz@comu.edu.tr](mailto:buymaz@comu.edu.tr)

<sup>c</sup> <https://orcid.org/0000-0002-4156-8861>



## Giriş

*Oleacea* familyasının ait bir tür olan zeytinin (*Olea europaea* L.) anavatanı olarak Güney Ön Asya ve Yukarı Mezopotamya gösterilmektedir. Akdeniz ikliminin en önemli biyolojik göstergelerinden biri olan zeytin ağacının, ilk olarak 6000 yıl önce yakın doğuda kültüre alındığı düşünülmektedir (Besnard ve ark., 2013). Zeytin ağacı (*Olea europaea*), Akdeniz'i çevreleyen ülkelerde yaygın olarak bulunan ve yüksek ekonomik değere sahip olan bir türdür. Zeytin ağacı 10-15 m yüksekliğe kadar büyüyebilmekte ve 3.-4. yıllarında meyve vermeye başlayıp, 8-40. yılları arası istenilen verime ulaşmaktadır. Bu süre sonrasında zeytin veriminde giderek azalma görülse de iklim ve yetiştirme koşullarına bağlı olarak zeytin ağacı için 500 yıla kadar ömür biçilmektedir. Ayrıca, yapılan budama ve gençleştirme çalışmaları ile daha uzun süre verim alınması sağlanabilmektedir. (Göğüş ve ark., 2009; Kayahan ve Tekin, 2006; Ozturk ve ark., 2021).

Zeytin meyvesinden zeytinyağı, sofralık zeytin ve kozmetik ürünler gibi birçok ana ürün ve yan ürün elde edilmekte olup, en büyük ekonomik değer zeytinyağından elde edilmektedir. Dünyada üretilen zeytinlerin %90'ı yağlık, %10'u sofralık olarak değerlendirildiği bildirilmiştir (Gündeşli ve Küden, 2020).

Zeytinyağı bileşiminin %98'ini oluşturan yağ asitleri ve bu yağ asitlerinde bulunan oleik asit gibi tekli doymamış yağ asitleri ve bileşimin %2'sini oluşturan fenolikler, tokoferoller, sekualen gibi bileşikler, koroner kalp hastalıklarına ve kansere karşı koruyucu etkilerinden dolayı insan sağlığına olumlu katkılar sağladığı bildirilmiştir (Davis ve ark., 2015; Romani ve ark., 2019).

Zeytinyağının uçucu bileşen kompozisyonunu etkileyen en önemli faktörler zeytin çeşidi ve enzim aktivitesidir (Aparicio ve Harwood, 2013). Zeytinyağında bulunan uçucu bileşikler, çoklu doymamış yağ asitlerinin oksidasyonu (Fernandes-Silva ve ark., 2013) ve kırma-malaksiyon aşamalarında lipoksigenaz gibi enzimler vasıtasıyla ortaya çıkmaktadır (Pérez ve ark., 2014).

Zeytinyağı kalitesini etkileyen faktörleri üretim öncesi ve üretim süreci olarak ikiye ayırmak mümkündür. Zeytin çeşidi, zeytinyağı kalitesini etkileyen üretim öncesi faktörlerin en başında gelmektedir (Navajas-Porras ve ark., 2020). Aynı mikro bölgede yetişen zeytinlerden elde edilen zeytinyağı kalitesinin, yükseklik arttıkça (0-500 m), ortalama hava sıcaklığının düşmesiyle beraber arttığı rapor edilmektedir (Mafrica ve ark., 2021). Ağaç yaşının zeytinyağı kalitesi üzerinde etkisi olduğu gibi toprak yapısının da yağ asidi kompozisyonunu etkilediği bilinmektedir. 30-50 yaşındaki ağaçların, 30 yaşından küçük ağaçlara göre daha yüksek fenol içeriğine sahip olduğu (sırasıyla 620 mg/kg ve 530 mg/kg) gösterilmiştir. Ayrıca zeytinyağındaki ana yağ asidi olan oleik asit (C18:1) miktarı ile toprağın pH değeri, kireçtaşı ( $\text{CaCO}_3$ ) ve organik madde içeriği arasında negatif bir korelasyon ( $r = -0.523$ ) olduğu; bununla birlikte, potasyum (K) içeriği ile pozitif yönde bir ilişkiye sahip olduğu ( $r = 0.487$ ) gösterilmiştir (Lechhab ve ark., 2022). İklim koşullarının da zeytin verimi ve kalitesi üzerinde etkili olduğu bildirilmiştir. Bu bağlamda, zeytin ağacının iklim istekleri yıllık ortalama 16-21°C sıcaklık ve 500-1200 mm toplam yağış ile en az 5000 saat güneşlenme süresi olarak bildirilmiştir. Yıllık toplam yağışın 150 mm altına

düşmesi, yaz sıcaklığının 40°C'nin üzerine çıkması ve kış aylarındaki sıcaklığın -7° C'nin altına düşmesi gibi durumların zeytin tarımını olumsuz etkilediği belirtilmiştir (Kayahan ve Tekin, 2006). Diğer taraftan Gómez-Rico ve arkadaşları (2007) yetersiz yağış (yıllık toplam yağışın 500 mm'nin altında olması) nedeniyle su stresi yaşayan ağaçlarda, meyvede yağ oluşumunun başladığı dönemde yapılan sulamanın hem zeytinyağı kalitesini hem de yağ verimini olumlu etkilediğini rapor etmişlerdir (Gómez-Rico ve ark., 2007). Zeytinyağı kalitesi, hasat zamanına, bir başka ifadeyle zeytinin olgunluk derecesine göre değişmektedir. Genel olarak zeytinin olgunluk derecesinin artmasıyla fenolik bileşik, tokoferol ve uçucu bileşen miktarlarında azalma olmasına karşın yağ veriminin arttığı belirtilmiştir (Lechhab ve ark., 2022).

Zeytinyağı kalitesini etkileyen üretim süreci faktörleri değerlendirilirken üretim basamakları göz önüne alınmalıdır. Yaprak ayırma ve yıkama işlemi üretim sürecinde ilk sırada yer almaktadır. Kırıcıya giren zeytin ve yaprak miktarının yağ eldesini, pigment miktarını ve yağın duyuşal özelliklerini arttırdığı ancak fazla miktarda yaprağın kırıcıya girmesinin fenolik kompozisyonu olumsuz etkilediği belirtilmiştir (Novoselić ve ark., 2021). Kaba kir ve toz yıkama işlemiyle uzaklaştırılmaktadır (Di Giovacchino ve ark., 2002). Bununla birlikte çoğu pestisit suda çözünabilir olduğundan, yıkama aşamasında pestisitlerin zeytinyağına geçişi kısmen engellenmektedir (Kalogianni ve ark., 2019). Malaksiyon işlemi zaman ve sıcaklık kalite parametreleri açısından önemlidir (Kalogianni ve ark., 2019). Sıcaklık artışı (>27°C) yağ veriminde artışa ancak uçucu bileşenlerin miktarında azalmaya neden olmaktadır. 22°C, 28°C ve 34°C'de yapılan malaksiyon işleminin etkilerinin gözlemlendiği bir çalışmada, 22°C'de yapılan malaksiyon işleminin zeytinyağı kalitesi üzerinde en iyi sonuçları (daha yüksek toplam fenol ve oksidatif stabilite, düşük asitlik ve daha yüksek acılık-keskinlik) verdiği belirtilmiştir (Marx ve ark., 2021). Farklı araştırmacıların yaptığı çalışmaların sonuçlarına göre uzun süren malaksiyonda sürtünme nedeniyle artan sıcaklıkta uçucu bileşenlerin ve oksidatif stabilitenin olumsuz etkilendiği ve bu nedenle de malaksiyon işleminde optimum sıcaklığı  $\leq 29^\circ\text{C}$  ve optimum sürenin 30-40 dakika olması gerektiği vurgulanmıştır (Cevik ve ark., 2016; Erinç ve ark., 2018). Kırıcılarda kullanılan eleğin delik çapları küçüldükçe ve kırıcının dönme hızı arttıkça elde edilen yağ miktarının arttığı bildirilmiştir. Dekantasyon işleminde kullanılan 2-fazlı sistemin zeytinyağının renginden duyuşal özelliklerine kadar birçok kalite kriterine önemli etkide bulunduğu ifade edilmiştir (Kalogianni ve ark., 2019). Ayrıca Kalogianni ve arkadaşları (2019), santrifüj aşamasında eklenen su miktarı arttıkça fenolik bileşen miktarının azaldığını ve yağ oksidasyonunun hızlandığını belirtmiştir.

Depolanma esnasında nem, sıcaklık, ışık ve oksijen varlığı zeytinyağı kalitesini etkilemektedir. Depolama sürecinde hidrolitik acılaştırmanın önlenmesi amacıyla zeytinyağının içerdiği tortulu su fazının uzaklaştırılması gerektiği bildirilmiştir. Yine, oksidatif yolla kalite kaybının önüne geçilmesi için depolama sıcaklığının 10°C ve altında olması ve yağın ışık ve hava ile temasının

önlenmesi gerektiği belirtilmiştir (Kayahan ve Tekin, 2006; Göğüş ve ark., 2009). Yağın uygun olmayan koşullarda depolanması zeytinyağının oksidasyonunu hızlandırmakta, fenolik bileşiklerin azalmasına ve serbest yağ asidi yüzdesinin artmasına neden olmaktadır (Lechhab ve ark., 2022).

Zeytinyağı kalitesi üzerinde, yukarıda bahsedilen faktörlerin yanında, mikroorganizmaların da etkileri mevcuttur. Özellikle zeytin florasının ve zeytin sıklık işleminde kullanılan makine ve ekipmanda bulunan mikroorganizmaların zeytinyağı kalitesine olumlu ya da olumsuz etkilerinden bahsetmek mümkündür. Bu derleme çalışmasında söz konusu etkiler, mikroorganizma grupları göz önünde bulundurularak ele alınmıştır.

### Zeytinyağının mikrobiyel florası

Biyotik fraksiyonu içeren sızma zeytinyağının (EVOO) bakteri, küf ve mayaları içeren zengin bir mikrobiyel flora sahip olduğu ve depolama sırasında mayaların canlılığını altı aydan fazla devam ettirdiği bildirilmektedir (Zullo ve Ciafardini, 2020b; Zullo ve Ciafardini, 2022).

Fancello ve arkadaşlarının İtalya'da farklı zeytin türlerinden elde edilen EVOO'ların mikrobiyel florasını belirlemek üzere yaptıkları çalışmanın sonuçları, zeytin yağında dominant bakteriyel florayı *Bacillus* spp., *Brevibacillus* spp., *Micrococcus* spp., *Staphylococcus* spp., *Kocuria* spp., *Lysinibacillus* spp. ve *Lactobacillus* spp. cinsi türlerin oluşturduğunu ortaya koymuştur (Fancello ve ark., 2020). Leccino, Coratina, Ogliarola, Frantoio ve Cellina di Nardò zeytin çeşitlerinden elde edilen EVOO ile yapılan başka bir mikrobiyolojik karakterizasyon çalışmasında ise *Stenotrophomas rhizophila*, *Pseudomonas cedrina*, *Pseudomonas stutzeri* ve *Pantoea ceptica* türü bakteriler izole edilmiş; bazı *Pseudomonas* spp. suşlarının karotenoid ve biyoemülsifiye edici maddeler üretme yeteneklerine dikkat çekilmiştir (Pizzolante ve ark., 2018; Zullo ve Ciafardini, 2022).

Maya florasını belirlemeyi amaçlayan çalışmaların sonuçlarına göre sızma zeytinyağının dominant maya florasını *Candida* spp., *Saccharomyces* spp., *Barnettozyma* spp., *Nakazawaea* spp., *Debaryomyces* spp., *Wickerhamomyces* spp., *Groenewaldozyma* spp., *Lachancea* spp., *Meyerozyma* spp., *Brettanomyces* spp., *Kuraishia* spp., *Novakomyces* spp., *Ogataea* spp., ve *Yamadazyma* spp. cinsi türler oluşturmaktadır (Zullo ve Ciafardini, 2022). İtalya'da farklı zeytinyağlarıyla yapılan çalışmaların sonuçlarına göre, ticari zeytinyağından *Candida diddensiae* ve *Nakazawaea wickerhamii* (Zullo ve Ciafardini, 2008); Taggiasca cinsi zeytinden üretilen EVOO'lardan *Candida norvegica*, *Candida oleophila*, *Debaryomyces hansenii*, *C. diddensiae* ve *Wickerhamomyces anomalus* (Ciafardini ve ark., 2017); Sardunya Adası'nda üretilen zeytinyağlarından ise *Saccharomyces cerevisiae*, *Yamadazyma mexicana*, *Yamadazyma nakazawae*, *C. adriatica*, *Candida temnochilae* ve *Candida dendronema* (Santona ve ark., 2018); monovarietal üretilen zeytinyağlarından ise *Barnettozyma californica* türü mayaların izole edildiği bildirilmiştir (Zullo ve ark., 2021). İspanya'da üretilen zeytin yağlarından *Groenewaldozyma auringiensis* and *Lachancea fermentati* (Péter ve ark., 2017) ve yeni bir maya türü olarak tanımlanan *Novakomyces olei*' nin izole

edildiği rapor edilmektedir (Čadež ve ark., 2021). *Candida parapsilosis* ve *Meyerozyma guilliermondii* gibi fırsatçı patojen maya türlerinin düşük canlı hücre sayılarıyla ticari zeytinyağından izole edildiğini bildiren çalışmaların yanında (Zullo ve ark., 2010); zeytinyağı ve sedimentlerinden *Brettanomyces acidurans*, *Candida adriatica*, *Kuraishia mediterranea*, *Nakazawaea molendinolei*, *Novakomyces olei*, *Ogataea histrianica*, *Ogataea kolombanensis* ve *Yamadazyma terventina* izole edilmiş ve yeni türler olarak kaydedilmiştir (Zullo ve Ciafardini, 2022).

Mayalar ve bakteriler, yüksek enzimatik aktiviteleri sayesinde yağın fizikokimyasal ve duyuşal özelliklerini etkilemektedir. Bazı mayalar depolama sırasında yağın duyuşal özelliklerini iyileştirebildikleri için faydalı kabul edilirken; diğer mayalar triağılglycerollerin hidrolizi ve hoş olmayan tatların üretimi yoluyla yağın kalitesini olumsuz etkiledikleri için zararlı olarak kabul edilmektedir. Zeytinyağında mikroorganizmaların varlığı, ekstraksiyon işlemi sırasında zeytin florasında bulunan mikroorganizmaların yağa aktarılmasından kaynaklanmaktadır. Zeytinyağındaki mikrobiyel floranın, yağın antimikrobiyel bileşikleri tarafından uygulanan güçlü seçici baskı ve yağ asitleri nedeniyle genellikle standart kültür yöntemleriyle tespit sınırlarının altında olduğu belirtilmiştir (Fancello ve ark., 2020).

### Zeytinyağında mayaların kalite üzerine etkileri

EVOO mikrobiyotası, özellikle de mayalar, taze üretilen zeytinyağının fizikokimyasal ve duyuşal kalitesini yapılandırmada rol oynamaktadır. Mayalar, depolama süresi boyunca canlılığını koruyabilir. *S. cerevisiae* ve *Candida wickerhamii* gibi  $\beta$ -glukozidaz ve esteraz enzimi aktivitesine sahip mayaların oleuropeinin hidrolizinde rol aldığı ve zeytinyağının kimyasal bileşimi ve duyuşal özelliklerini iyileştirdiği belirtilmiştir. Bununla birlikte, *S. cerevisiae* 1525 ve 1639 gibi lipaz etkili mayaların ise depolama sırasında, serbest yağ asitliğini arttırarak sızma zeytinyağının başlangıçtaki kimyasal özelliklerini kötüleştirildiği vurgulanmıştır (Zullo ve Ciafardini, 2022).

*Endo-polygalakturonaz* üreten *Cryptococcus albidus* var. *albidus*'un işlem yardımcı olarak kullanıldığı çalışmada, mayadan gelen pektinaz enzimi nedeniyle yağ veriminin arttığı, aynı zamanda bulanıklık, fenolik içerik, aromatik bileşikler gibi yağın kalite özelliklerinin olumlu yönde geliştiği gösterilmiştir (Servili ve ark., 1992).

Zeytinyağında bulunan ve bir polifenol olan *oleuropein* adlı *sekoiridoidin* zeytinyağına acı tat verdiği bilinmektedir. Zeytinyağında acılık duyuşal özellik bakımından olumludur ve istenen bir özellik olarak kabul edilmektedir. *Oleuropeinin* enzimatik hidrolizi zeytinlerde bulunan  $\beta$ -glukozidaz enzimi yardımıyla gerçekleştiği gibi, zeytinyağına inoküle edilen *S. cerevisiae* ve *C. wickerhamii* gibi  $\beta$ -glukozidaz enzime sahip mayalar tarafından da gerçekleştirilebileceği gösterilmiştir. Diğer taraftan aynı çalışmada, zeytinyağına sonradan inoküle edilen *S. cerevisiae* ve *C. wickerhamii* türü mayaların, zeytinyağının trigliserid bileşiminde herhangi bir değişikliğe yol açmamasının nedeni de bu mikroorganizmaların lipaz enzimi ihtiva etmemesiyle açıklanmıştır (Ciafardini ve Zullo, 2002). *Oleuropein*

miktarında meydana gelen azalmanın zeytinyağında olumlu bir özellik olarak kabul edilen “acılığın” azalması zeytinyağının duyuşal skorunun düşmesine neden olacağı öngörülebilir. Ancak, *oleuropeinin* parçalanması sonucu oluşan *hidroksitirozol* ve *tirozol*’ün sağılık etkileri göz önüne alındığında, ortaya çıkması beklenen olumlu etkilerin daha detaylı araştırmalara ihtiyaç duyduğı vurgulanmıştır (Ötleş ve Özyurt, 2012). Çünkü, *hidroksitirozol* antioksidan aktivite, kardiyο protektif, kemoprevansiyon, antiinflamatuvar, nöroprotektif, antimikrobiyel, anti-diyabetik etki gibi sağılık açısından faydalı özelliklere sahipken; *tirozol* de antioksidan aktivite, kardiyο protektif, antiinflamatuvar ve nöroprotektif özellikler gibi sağılık açısında yararlı özelliklere sahip olduğı bildirilmektedir (Ede ve El, 2022). Toskana zeytinyağıları üzerinde yapılan bir çalışmada sağılığa yararlı bileşiklerin (*tirozol*, *hidroksitirozol* ve türevleri) varlığı ile maya toplulukları arasında bir korelasyon olduğı vurgulanmıştır (Palla ve ark., 2018).

Zeytinyağından izole edilen *S. cerevisiae* ve *Williopsis californica* suşlarının lipolitik aktiviteleri üzerine Ciafardini ve arkadaşları (2006) tarafından yapılan bir çalışmada, bu suşlar zeytinyağına inoküle edildiğinde, serbest yağı asitliğini iki haftalık süreçte %0,62’den %1,5-1,6 seviyelerine yükselttiğı gösterilmiştir (Ciafardini ve ark., 2006).

Başka bir çalışmada (Vichi ve ark., 2011), zeytin mikrobiyotasının yağı özellikleri üzerindeki etkisinin, malaksiyon süresi ve sıcaklık etkisinden daha büyük olduğı rapor edilmiştir. Kontrol ve kontamine zeytinlerde *Pseudomonas spp.*, sırasıyla  $\leq 30$  ve 9825 KOB/g ve laktik asit bakterilerinin ise 795 ve 50325 KOB/g olduğı rapor edilmiştir. Çalışmada ayrıca, mikrobiyolojik olarak kontamine zeytinlerden elde edilen yağlarda, lipoksigenaz (LOX) C5 uçucu bileşikleri, *klorofil*, *feofitin*, *ksantofil* ve *o-difenol* miktarlarının daha düşük olduğı, LOX C6 uçucu bileşikleri, *tirozol* ve flavonoid miktarlarının ise daha yüksek olduğı tespit edilmiştir.

Yine aynı çalışmada, meydana gelen değışikliklerin, sızma zeytinyağındaki renk, tat ve aroma bileşikleri gibi minör bileşikleri etkileyerek yağın duyuşal özelliklerine tesir ettiğı belirtilmiş, acılık özelliğinin azalmasına ve olgun meyve skorunun artmasına neden olduğı gösterilmiştir.

*C. adriatica*, *Candida diddensiae* ve *C. wickerhamii* türlerine ait bazı maya suşlarının depolama sırasında sızma zeytinyağındaki duyuşal özellikleri üzerindeki etkilerinin araştırıldığı bir diğerk çalışmada kontrol örnekleri ile *C. adriatica*, *C. diddensiae* ve *C. wickerhamii* suşları inoküle edilerek elde edilen zeytinyağı örnekleri karşılaştırılmıştır (Zullo ve ark., 2013) Denemelerde kullanılan iki aylık ticari sızma zeytinyağı üzerinde yapılan mikrobiyolojik analizlerde, toplam spontan maya içeriğinin mL başına  $10^2$  KOB’dan az olduğı, aşılması ile sızma zeytinyağı örneklerinde toplam canlı maya sayısının, tüm zeytinyağı numunelerinde eşit şekilde artarak mL başına yaklaşık  $10^5$  KOB/ml’ye (Leccino çeşidinden üretilen birçok zeytinyağında bulunan ortalama maya sayısı) kadar yükseldiğı bildirilmiştir. Çalışmada dört aylık depolama süresinin sonunda *C. diddensiae* DAPES 1912 suşunun  $10^2$  KOB/ml’ye, *C. diddensiae* DAPES 1918 suşunun ise  $10^4$  KOB/ml’ye düştüğü ve zeytinyağında test edilen maya türlerinin canlılığını sürdürebildiğı rapor edilmiştir.

Örneklere ilişkin beş analitik gösterge (serbest yağı asitleri, peroksit değeri, K232, K270 ve ΔK) ortalamasının oldukça benzer olduğı ve dört ay depolama sonrasında bile analiz edilen maya ile inoküle edilmiş zeytinyağı numunelerinin yaklaşık %60’ının sızma zeytinyağı sınıfında yer aldığı rapor edilmiştir. *C. adriatica* ve *C. wickerhamii* suşları ile inoküle yağı örneklerinde, *C. diddensiae*’nin bazı suşlarının aksine, olumlu yağı özelliklerinden sorumlu olan C6 uçucu karbonil bileşiklerinin ve polifenollerin düşük konsantrasyonlarda olduğı bulunmuştur. Ayrıca duyuşal özellikler karşılaştırıldıığında kontrol örneğine göre özellikle “meyvemsi” skorunun azaldığı bildirilmiştir.

Yine, zeytinyağı kalitesine mayaların etkisinin incelendiğı konuyla ilgili bir başka çalışmada (Ciafardini ve Zullo, 2015), zeytinyağındaki fenolik bileşik miktarı arttıkça bazı fenoliklerin antimikrobiyel etkileri nedeniyle lipaz aktif mayaların varlığının azaldığı tespit edilmiştir.

Vichi ve ark. (2015) tarafından yapılan bir başka çalışmada ise, zeytinyağı fabrikasında ön işlemler sırasında kritik noktalarının belirlenmesi, kapalı devre yıkama aşamasının zeytinler üzerindeki mikrobiyel etkisinin belirlenmesi ve ardışık kısa süreli depolamanın zeytin ve sızma zeytinyağı kalitesi üzerindeki etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu bağlamda mikrobiyolojik, fiziksel ve kimyasal parametreler değerkendirilmiştir. Çalışmada elde edilen verilere dayanarak zeytin yıkama işleminin, zeytin fabrikalarında çapraz kontaminasyonun en önemli kaynağı olduğı belirlenmiştir. Ayrıca, zeytinlerin yıkandıktan sonra ve yağın çıkarılmasından önce silolarda kısa süreli (< 24 saat) depolanmasının bile , sızma zeytinyağındaki duyuşal özellikleri (meyvemsi, acılık ve yakıcılık) bakımından bir puan azalmasına neden olduğı belirtilmiştir. Bu değışikliklerin fenolik ve uçucu bileşiklerde gözlenen değışikliklerle açıklanabileceğı rapor edilmiştir (Vichi ve ark., 2015).

2015 yılında yapılan başka bir alışma, Frantoio ve Moraiolo çeşitlerinden elde edilen zeytinyağılarının kalite unsurları, iki farklı hasat dönemi izlenerek değerkendirilmiştir (Guerrini ve ark., 2015). İkinci hasat tarihinde elde edilen tüm zeytinyağı örneklerinin, duyuşal kusurlar nedeniyle “sızma zeytinyağı” sınıfına girmediğı vurgulanmıştır. Kimyasal, duyuşal ve mikrobiyolojik verilerin birleştirilmesiyle, duyuşal kusurları olan zeytinyağı örneklerindeki belirli uçucu bileşiklerle (*2-butanon*, *butirik asit*, *2-heptanol*, *oktanoik asit*, *1-okten-3-ol*) önemli ölçüde ilişkili olabileceğı belirtilmiştir. Ayrıca, bu uçucu bileşiklerdeki artışın maya ve küf sayılarındaki artışla doğıru orantılı olduğı da gözlenmiştir. Ancak, hangi duyuşal kusurun hangi uçucu bileşiklerden kaynaklanıp kaynaklanmadığı veya hangisinin maya ve küflerle ilişkili olduğı kanıtlanamamıştır. Çalışmada, ölçülen duyuşal kusurlara neden olan en kritik noktaların zeytinlerin küfler ile kontaminasyonu ve zeytinyağı işleme sürecinde malaksör ve dekantörün bazı maya türlerinin gelişmesine olanak tanınması olarak belirtilmiştir (Guerrini ve ark., 2015).

Zeytinyağı fabrikalarında, kontaminant mikrobiyotanın malaksiyon işlemi ile yok edildiğı, ancak *Kluyveromyces marxianus*, *C. oleophila*, *C. diddensiae*, *C. norvegica*, *W. anomalus* ve *Debaryomyces hansenii* gibi mikroorganizmaların yeni üretilen zeytinyağına kontamine olduğı gösterilmiştir (Ciafardini ve ark., 2017).

Bir diğerk çalışmada ise, zeytinyağından izole edilen ve asetik asit üreten maya türü olan *B. acidodurans*'ın şarap-sirke tadı kusurunda rol oynayabileceği ifade edilmiştir (Ciafardini ve Zullo, 2018).

Guerrini ve ark. (2019) tarafından yapılan bir diğerk çalışmada *C. adriatica*, *Nakazawaea molendini-olei*, *N.wickerhamii* ve *Y. terventina* türlerinin peroksidaz aktivitesi gösterdiği, *N. molendini-olei* türünün yüksek  $\beta$ -Glukosidaz aktivite gösterdiği ve *N. molendini-olei* ve *N. wickerhamii* türlerinin ise lipaz aktivitesi göstermediği belirtilmiştir (Guerrini ve ark., 2019).

İtalyan zeytinyağlarından izole edilmiş maya suşlarının bazı fizyolojik özellikleri ve *in vitro* probiyotik potansiyelinin araştırıldığı bir çalışmada (Zullo ve Ciafardini, 2019), *C. adriatica*, *C. diddensiae*, *N. molendini-olei*, *N. wickerhamii*, *W. anomalus* ve *Y. terventina* türlerine ait 11 izolatin probiyotik potansiyeli, referans maya *Saccharomyces boulardii* ile karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, sadece doymuş ve tekli doymamış yağ asitleri (MUFAs) üreten *S. boulardii*'nin aksine, çalışmada kullanılan maya suşlarının yüksek miktarda çoklu doymamış yağ asitlerini (PUFAs) sentezlediğini gösterilmiştir (Zullo ve Ciafardini, 2019).

$\beta$ -glukan antioksidan ve prebiyotik özellikler gösteren ve takviye edici gıdalarda kullanılan bir polisakkarittir (Kang ve ark., 2014; Li ve ark., 2022). 2020 yılında zeytinyağından izole edilen mayaların (*B. californica*, *C. adriatica*, *C. diddensiae*, *N. molendini-olei*, *N. wickerhamii*, *O. histriana*, *Y. terventina* ve *W. anomalus*) antioksidan etkisiyle ilgili yapılan çalışmada (Ciafardini ve Zullo, 2020), antioksidan aktiviteye sahip mayaların bu aktivitesinin  $\beta$ -glukan ve protein fraksiyonundan kaynaklı olduğu, özellikle *W. anomalus* ve *S. boulardii*'nin zeytinyağında canlılığını sürdürdüğü ve zeytinyağının antioksidan kapasitesine katkıda bulunduğu gösterilmiştir.

2020 yılında yapılan başka bir çalışmada ise (Zullo ve Ciafardini, 2020a), sağlıklı zeytinlerden elde edilen yağda bulunan mayaların bazı duyuşal özellikleri iyileştirirken, bazı mayaların hasarlı zeytinlerden elde edilen, yüksek su içeriği ve düşük fenolik konsantrasyona sahip zeytinyağlarında yağ kalitesini bozabileceği belirtilmiştir.

Zeytinyağında bazı mayaların faaliyetlerinin,  $\beta$ -glukozidaz ve esteraz üretimi yoluyla ürünün acı tadından sorumlu olan fenolik bileşikleri parçalayarak yağın duyuşal özelliklerini iyileştirdiği; ancak bazı mayaların ise polar fenollerin oksidasyonuna ve triaçilgliserol hidrolizine neden olarak, ürün kalitesine olumsuz etkide buldukları belirtilmiştir. Aynı çalışmada, bazı yağ kaynaklı maya türlerinin *in vitro* testlerde probiyotik aktiviteleri de gösterilmiştir. Bu aktivitelerin yüksek PUFA içeriği, kolesterolü uzaklaştırma yeteneği, serbest radikal süpürme aktivitesi ve gastropankreatik bariyeri aşarak bağırsak yoluyla kolonize olabilme yeteneği ile ilişkili olduğu rapor edilmiştir. Yağ kaynaklı maya suşlarının probiyotik aktivitesinin, zeytinyağının sağlığa olan faydalarını arttırmak için önemli olabileceği ifade edilmiştir.

Konuyla ilgili yapılan bir diğerk çalışmada ise (Ciafardini ve Zullo, 2022), Coratina tek çeşit sızma zeytinyağındaki acılık seviyesinin doğal süreçler aracılığıyla dinlenme aşamasında azaltılması amaçlanmıştır. İlk üç ay boyunca zeytinyağında su ve katı parçacıklardan oluşan süspansiyon materyalinin %90'dan fazlasının çöklediği ve yağın opak görünümünün azaldığı

rapor edilmiştir. Ancak, yüksek biyofenol içeriğinin ve su konsantrasyonundaki azalmanın mayaların canlılığı üzerinde olumsuz etki gösterdiği ve bu nedenle üçüncü ayın sonunda örneklerde mayaların tespit edilemediği belirtilmiştir. Çalışmada sonuç olarak, *Oleuropein* ile ilişkili acılığın, dinlenme sürecinin ikinci ve üçüncü aylarında tutarlı bir şekilde azaltıldığı ve sürecin sonunda %33'lük bir azalmaya neden olduğu tespit edilmiştir. Bu süreçte diğerk kalitatif parametrelerin değişmediği görülmüştür.

Son yıllarda yapılan konuyla ilgili bir başka çalışmada (Giavalisco ve ark., 2023), zeytin meyvesi mikrobiyotasının ve yağ üretimi sırasında meydana gelen değişikliklerin son ürün üzerindeki etkisi incelenmiştir. İtalya'nın güneyindeki iki önemli kültivasyon olan Leccino ve Coratina'dan elde edilen sızma zeytinyağı üretimi sırasında izole edilen suşların altı aylık depolama süresi boyunca canlılığını sürdürdüğü gösterilmiştir. Depolama sıcaklığına ek olarak mayaların varlığının sızma zeytinyağının kalitesini düşürerek natürel birinci zeytinyağı seviyesine indirebileceği belirtilmiştir. Çalışmada sonuç olarak, mayaların zeytinyağının yağ asidi kompozisyonu, sterol kompozisyonu gibi kimyasal parametreleri üzerindeki etkisinin, türden çok suşa özgü olduğu, potansiyel maya etkisinin (olumlu veya olumsuz) tür veya suşlarla ilişkilendirmek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç olduğu belirtilmiştir.

Koidis ve ark. (2008) tarafından konuyla ilgili yapılan bir çalışmada ise, mayaların zeytinyağında baskın mikrobiyel populasyon olmadığı ve maya populasyonunun düşük seviyelerde tutulduğu sürece zeytinyağı kalitesi ve hijyeni üzerine bir etkisinin de olmadığı belirtilmiştir.

### Zeytinyağında küf ve mantarların kalite üzerine etkileri

Aromalı natürel sızma zeytinyağlarındaki mikroorganizmaların varlığı üzerine yapılan bir çalışmada (Ciafardini ve ark., 2004), limon, kekik, sarımsak ve kırmızı biber ile tatlandırılmış ticari natürel sızma zeytinyağlarının mikrobiyolojik analizi, her bir malzemeye göre farklı bir mikroflora varlığını göstermiştir. Küfler tüm ticari tatlandırılmış zeytinyağı tiplerinde bulunurken, mayalar sadece kekik ile zenginleştirilmiş yağlarda bulunmuştur ve bakteriler nadiren gözlemlenmiştir. Aynı malzemelerle tatlandırılmış deneysel natürel sızma zeytinyağı kullanılarak laboratuvarında gerçekleştirilen deneylerde, malzemenin türü ve konsantrasyonuna göre mikroorganizmaların yağda canlılığını sürdürdüğü doğrulanmıştır. 40 gün saklama sonrasında, kekikle zenginleştirilmiş zeytinyağında mayalar; limon, kekik ve kırmızı biberle zenginleştirilmiş tüm örneklerde küfler ve sadece %5 ve %10 kırmızı biberle zenginleştirilmiş yağda bakteriler gözlemlenmiştir. Deneylerden elde edilen sonuçlar ile mikroorganizmaların aromalı natürel sızma zeytinyağlarında canlılığını sürdürdüğü gösterilmiştir.

Endüstriyel koşullarda 10-15°C'de 12 gün depolanan zeytinlerden elden edilen zeytinyağları üzerine yapılan bir çalışmada (Fakas ve ark., 2010), *Penicillium* spp. türü küflerin lipaz aktivitesine ve aroma oluşumunda önemli rol oynayan lipoksigenaz aktivitesine sahip olduğu ve bu nedenle aroma oluşumuna önemli ölçüde katkıda bulunabileceği belirtilmiştir. Aynı çalışmada, açık havada

12 gün bekletilen zeytinlerden elde edilen yağların olumlu bir duyuşsal özellik olan yüksek (toplandığı gibi işlenen zeytinlere göre) acılığa sahip olduğu belirtilmiştir.

Fakat lipaz ve lipogigenaz enzimleri hem zeytin meyvesinde hem de mikroorganizmanın yapısında bulunmaktadır. Bu nedenle bu önemli duyuşsal özelliğın ortaya çıkmasında hangi yapıdan gelen enzimlerin daha önemli rol oynadığının tespitinin zor olduğu ifade edilmiştir.

Gharbi ve ark. (2017) tarafından yapılan çalışmada zeytinyağı kalitesi üzerine mantarların etkisi incelenmiş ve bu çalışmada, zeytinin depolanması aşamasında gelişen mantarların, zeytinyağının fiziko-kimyasal parametreleri üzerinde önemli bir etkisi belirlenmemesine rağmen, aromatik profili belirgin bir şekilde etkilediğı rapor edilmiştir. Özellikle *hekzanal*, *nonanal*, *(E)-2-dekanal*, *fenil-etil alkol*, *stirene*, *n-dodekan*, *n-tetradekan*, *limonen* gibi uçucu bileşenlerin mantar orijinli olabileceğı belirtilmiştir. (Gharbi ve ark., 2017). Bir diğerk çalışmada ise *Verticillium wilt* adlı mantar kaynaklı hastalığın, zeytinyağına acılık veren oleuropein aglikonun %18, keskinlik veren *oleokentalin*'nin ise %26 oranında azalmasına neden olduğu ve bu nedenle de zeytinyağının aroma profilini olumsuz yönde etkilediğı belirtilmiştir (Landa ve ark., 2019). Ayrıca, mantarlardan elde edilen  $\beta$ -karotenin ilave edildiğı zeytinyağlarında oksidatif stabilitenin arttığı gözlenmiştir (Murillo-Cruz ve ark., 2021).

### Zeytinyağında bakteriler ve kalite üzerine etkileri

Bakteri varlığının zeytinyağı kalitesi üzerine etkisinin incelendiğı bir çalışmada, lipolitik bir bakteri olan *Pseudomonas fluorescens*'in zeytinyağı, ayçiçek yağı ve soya yağına inoküle edildiğinde, bu bakterinin yağ ortamında geliştiğı ve lipaz enzimi ürettiğı bildirilmiştir. Aynı çalışmada, bakteri kaynaklı lipaz aktivitesinin yağ asitlerini serbest yağ asitlerine parçaladığı ve bu serbest yağ asitlerinin de parçalanarak uçucu bileşenlere dönüştüğü tespit edilmiştir (Andersson, 1980).

Uçucu fenoliklerin muhtemel mikrobiyolojik aktiviteyi yansıtarak depolama sırasında zeytin meyvesinin bozulması için analitik gösterge olarak değerlendirilebileceğı (Vichi ve ark., 2009), gamma ışın uygulaması ile mikrobiyel yükün azaldığı ve zeytinyağı özelliklerinin olumlu olarak etkilendiğı de belirtilmiştir (Mejri ve ark., 2012). Başka bir çalışmada ise, 7 günden daha uzun süre depolanmış zeytinlerden (11°C ve %71 bağıl nem altında) elde edilen zeytinyağlarında mezofilik ve psikrotrofik bakterilerin sayısının artması ile beraber polifenol içeriğın ve antioksidan kapasitesinin azaldığı tespit edilmiştir (El Haouhay ve ark., 2015). *Lactobacillus plantarum* ile fermente edilen zeytinlerden elde edilen zeytinyağının oksidatif stabilitesinin yükseldiğı ve depolama sırasında zeytinyağı kalitesinin de korunduğı belirtilmiştir (Hamid abadi Sherahi ve ark., 2018). Diğerk bir çalışmada ise, *Bacillus* spp. ve *Lb. rhamnosus*'un bazı sızma zeytinyağlarının olası probiyotik kullanımı açısından araştırılabilecek potansiyele sahip olabileceğı belirtilmiştir. Öte yandan yine aynı çalışmada *Lactobacillus* spp. ve *Pantoea* spp. bakterilerinin antibiyotik direnci nedeniyle olası biyoteknolojik kullanım konusunda güvenlik sorunları ortaya çıkarılabileceğinin altı çizilmiştir (Fancello ve ark., 2020).

### Zeytinyağının Filtrasyonu

“Bulanıklık” terimi, öncelikle su ve katı parçacık içerikleriyle ilintilidir (Breschi ve ark., 2019). Bulanıklığın giderilmesi için filtrasyon işlemi önemlidir. Filtrelemenin natürel sızma zeytinyağı kalitesi üzerindeki etkisini üzerine yapılan bir araştırmada (Guerrini ve ark., 2020); filtrelemenin, zeytinyağının mikrobiyel ve enzimatik bozulmasını önleyen bir stabilizasyon işlemi olduğu, filtreleme geciktirildiğinde, filtrelenmemiş yağlarda küf tadı kusuru ortaya çıktığı ve yağın ticari değerinin azaldığı, filtreleme ile bazı uçucu bileşikler azaldığı ve meyvemsi özelliğın maskelendiğı ve filtreleme işlemi depolamanın beşinci gününe kadar yapılmadığında, yağ kalitesinin bozulması riski arttığı gösterilmiştir.

Pamuk filtreleri ve selüloz filtre ile yapılan filtrasyonun, biyotik bileşenler üzerindeki etkisini ölçmek için Coratina ve Nera di Colletorto çeşidi zeytinden elde edilen yeni üretilmiş zeytinyağı incelenmiştir. Filtreleme işlemi ile bakteri konsantrasyonunun %100'den %28'e, mantar konsantrasyonu ise %100'den %44'e düştüğü görülmüştür. Ayrıca kontrol grubuna göre, pamuk filtreleri ile filtrelenen yağ örneklerinde, kültür çeşidine bağılı olarak, maya içeriğı %37'den %11'e düştüğü, selüloz filtre presi ile filtrelenen yağda, maya içeriğı %42'den %16'ya düştüğü görülmüştür (Zullo ve ark., 2021)

Başka bir çalışmada (Breschi ve ark., 2021), mikrobiyel aktivite üzerinde su içeriğının net bir etkisi olduğu; katı partikül içeriğinin mikrobiyel aktiviteyi teşvik etmek için önemli olduğu ve bu durumun da sızma zeytinyağı kalitesini olumsuz yönde etkileyebileceğı tespit edilmiştir. Bu çalışmadan elde edilen veriler, yeni üretilen zeytinyağının hızlı bir şekilde filtrelemenin, bozulmaları önlemek için önerilen, önemli bir teknik olduğuna işaret etmektedir.

### Sonuç

Zeytinyağında bulunan mikroorganizmaların çoğu zeytin meyvesinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca yıkama suyu ve kullanılan alet-ekipmandan kaynaklı çapraz bulaşmalar da zeytinyağına mikroorganizmaların kontamine olmasına neden olmaktadır. Zeytinyağında tespit edilen en yoğun floranın mayalar olduğu görülmektedir. Mikroorganizmaların zeytinyağının aroma profili üzerinde olumlu etkilere sahip olabileceğı ancak, bazı mikroorganizmaların da zeytinyağında oksidasyona neden olan kimyasal reaksiyonları katalize ederek olumsuz etkilere sebep olduğu anlaşılmaktadır. Zeytinyağında mikroorganizmaların varlığını sürdürebilmesi için zeytinyağında su ve katı partiküller bulunması gerekmektedir. Bu nedenle zeytinyağı üretim prosesinde filtreleme işlemi zeytinyağında mikroorganizmaların varlığının azaltılması için önemlidir.

Ancak mikroorganizmaların zeytinyağı prosesi boyunca, spesifik olarak hangi kalite parametrelerine etki ettiğı, özellikle aroma profiline nasıl etkileri olduğuna hakkında yeterince çalışma bulunmamaktadır. Bundan sonra yapılacak çalışmalarda zeytinyağı üretim prosesi boyunca tespit edilen mikroorganizmaların ve bu mikroorganizmaların aroma profili üzerindeki spesifik etkilerinin araştırılması gerekmektedir.

## Kaynaklar

- Andersson, R. E. (1980). Lipase Production, Lipolysis, and Volatile Compounds by *Pseudomonas fluorescens* in Fat Containing Media. *Journal of Food Science*, 45(6), 1694–1701. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1980.tb07591.x>
- Aparicio, R., & Harwood, J. (2013). Handbook of Olive Oil. In R. Aparicio & J. Harwood (Eds.), *Handbook of Olive Oil: Analysis and Properties*. Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7777-8>
- Besnard, G., Khadari, B., Navascués, M., Fernández-Mazuecos, M., Bakkali, A. El, Arrigo, N., Baali-Cherif, D., Brunini-Bronzini de Caraffa, V., Santoni, S., Vargas, P., & Savolainen, V. (2013). The complex history of the olive tree: From late quaternary diversification of mediterranean lineages to primary domestication in the northern Levant. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 280(1756). <https://doi.org/10.1098/rspb.2012.2833>
- Breschi, C., Guerrini, L., Corti, F., Calamai, L., Domizio, P., Parenti, A., & Zanoni, B. (2021). Quality of veiled olive oil: Role of turbidity components. *Italian Journal of Food Science*, 33(3), 33–46. <https://doi.org/10.15586/ijfs.v33i3.2077>
- Breschi, C., Guerrini, L., Domizio, P., Ferraro, G., Calamai, L., Canuti, V., Masella, P., Parenti, A., Fratini, E., Fia, G., & Zanoni, B. (2019). Physical, Chemical, and Biological Characterization of Veiled Extra Virgin Olive Oil Turbidity for Degradation Risk Assessment. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 121(11). <https://doi.org/10.1002/ejlt.201900195>
- Čadež, N., Dlačny, D., Tome, M., & Péter, G. (2021). *Novakomyces olei* sp. nov., the First Member of a Novel Taphrinomycotina Lineage. *Microorganisms* 2021, Vol. 9, Page 301, 9(2), 301. <https://doi.org/10.3390/MICROORGANISMS9020301>
- Cevik, S., Ozkan, G., & Kiralan, M. (2016). Optimization of malaxation process of virgin olive oil using desired and undesired volatile contents. *Lwt*, 73, 514–523. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.06.058>
- Ciafardini, G., Cioccia, G., & Zullo, B. A. (2017). Taggiasca extra virgin olive oil colonization by yeasts during the extraction process. *Food Microbiology*, 62, 58–61. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2016.09.014>
- Ciafardini, G., & Zullo, B. A. (2002). Microbiological activity in stored olive oil. *International Journal of Food Microbiology*, 75(1–2), 111–118. [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(01\)00739-5](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(01)00739-5)
- Ciafardini, G., & Zullo, B. A. (2015). Effect of lipolytic activity of *Candida adriatica*, *Candida diddensiae* and *Yamadazyma terventina* on the acidity of extra-virgin olive oil with a different polyphenol and water content. *Food Microbiology*, 47, 12–20. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2014.10.010>
- Ciafardini, G., & Zullo, B. A. (2018). Virgin olive oil yeasts: A review. *Food Microbiology*, 70, 245–253. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2017.10.010>
- Ciafardini, G., & Zullo, B. A. (2020). In vitro potential antioxidant activity of indigenous yeasts isolated from virgin olive oil. *Journal of Applied Microbiology*, 128(3), 853–861. <https://doi.org/10.1111/jam.14520>
- Ciafardini, G., & Zullo, B. A. (2022). Microbiological and Enzymatic Activity Modulates the Bitter Taste Reduction in Decanted Coratina Olive Oil. *Foods*, 11(6). <https://doi.org/10.3390/foods11060867>
- Ciafardini, G., Zullo, B. A., Cioccia, G., & Irade, A. (2006). Lipolytic activity of *Williopsis californica* and *Saccharomyces cerevisiae* in extra virgin olive oil. *International Journal of Food Microbiology*, 107(1), 27–32. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2005.08.008>
- Ciafardini, G., Zullo, B. A., & Peca, G. (2004). Presence of microorganisms in flavoured extra-virgin olive oil. *Annals of Microbiology*, 54(2), 161–168.
- Davis, C., Bryan, J., Hodgson, J., & Murphy, K. (2015). Definition of the mediterranean diet: A literature review. *Nutrients*, 7(11), 9139–9153. <https://doi.org/10.3390/nu7115459>
- Di Giovacchino, L., Sestili, S., & Di Vincenzo, D. (2002). Influence of olive processing on virgin olive oil quality. In *European Journal of Lipid Science and Technology* (Vol. 104, Issues 9–10, pp. 587–601). [https://doi.org/10.1002/1438-9312\(200210\)104:9/10<587::AID-EJLT587>3.0.CO;2-M](https://doi.org/10.1002/1438-9312(200210)104:9/10<587::AID-EJLT587>3.0.CO;2-M)
- Ede, A., & El, S. N. (2022). Zeytinyağı Üretim Atıklarının Biyolojik Aktiviteleri ve Gıdalarda Kullanım Potansiyeli. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 10(5), 798–810. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v10i5.798-810.4605>
- El Haouhay, N., Samaniego-Sánchez, C., Asehraou, A., Villalón-Mir, M., & López-García De La Serrana, H. (2015). Microbiological characterization of Picholine variety olives and analysis of olive oil produced in traditional oil mills in Morocco. *CYTA - Journal of Food*, 13(1), 107–115. <https://doi.org/10.1080/19476337.2014.918178>
- Erinç, H., Yorulmaz, A., & Tekin, A. (2018). the Effect of Malaxation Time and Temperature on Some Properties of Olive Oil. *Gıda / the Journal of Food*, 43(5), 826–834. <https://doi.org/10.15237/gida.gd18078>
- Fakas, S., Kefalogianni, I., Makri, A., Tsoumpeli, G., Rouni, G., Gardeli, C., Papanikolaou, S., & Aggelis, G. (2010). Characterization of olive fruit microflora and its effect on olive oil volatile compounds biogenesis. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 112(9), 1024–1032. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201000043>
- Fancello, F., Multineddu, C., Santona, M., Deiana, P., Zara, G., Mannazzu, I., Budroni, M., Dettori, S., & Zara, S. (2020). Bacterial Biodiversity of Extra Virgin Olive Oils and Their Potential Biotechnological Exploitation. *Microorganisms*, 8(1), 97. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8010097>
- Fernandes-Silva, A. A., Falco, V., Correia, C. M., & Villalobos, F. J. (2013). Sensory analysis and volatile compounds of olive oil (cv. Cobrançosa) from different irrigation regimes. *Grasas y Aceites*, 64(1), 59–67. <https://doi.org/10.3989/gya.069712>
- Gharbi, I., Issaoui, M., Haddadi, D., Gheith, S., Rhim, A., Cheraief, I., Nour, M., Flamini, G., & Hammami, M. (2017). Fungal volatile organic compounds (FVOCs) contribution in olive oil aroma and volatile biogenesis during olive preprocessing storage. *Journal of Food Biochemistry*, 41(4), e12368. <https://doi.org/10.1111/jfbc.12368>
- Giavalisco, M., Zotta, T., Parente, E., Siesto, G., Capece, A., & Ricciardi, A. (2023). Effect of oil-born yeasts on the quality of extra-virgin olive oils of Basilicata region. *International Journal of Food Microbiology*, 386, 110041. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2022.110041>
- Göğüş, F., Özkaya, M. T., & Ötleş, S. (2009). *Zeytinyağı, Eflatun Yayinevi*. Ankara.
- Gómez-Rico, A., Salvador, M. D., Moriana, A., Pérez, D., Olmedilla, N., Ribas, F., & Fregapane, G. (2007). Influence of different irrigation strategies in a traditional Cornicabra cv. olive orchard on virgin olive oil composition and quality. *Food Chemistry*, 100(2), 568–578. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.09.075>
- Guerrini, L., Breschi, C., Zanoni, B., Calamai, L., Angeloni, G., Masella, P., & Parenti, A. (2020). Filtration scheduling: Quality changes in freshly produced virgin olive oil. *Foods*, 9(8), 1067. <https://doi.org/10.3390/foods9081067>
- Guerrini, S., Mari, E., Barbato, D., & Granchi, L. (2019). Extra virgin olive oil quality as affected by yeast species occurring in the extraction process. *Foods*, 8(10), 457. <https://doi.org/10.3390/foods8100457>

- Guerrini, S., Mari, E., Migliorini, M., Cherubini, C., Trapani, S., Zaroni, B., & Vincenzini, M. (2015). Investigation on microbiology of olive oil extraction process. *Italian Journal of Food Science*, 27(2), 108–119. <https://doi.org/10.14674/1120-1770/ijfs.v190>
- Gündeşli, K., & Küden, A. (2020). Bazı Yerli ve Yabancı Zeytin Çeşitlerinin Meyve Kalite Özelliklerinin ve Soğuklama Gereksinimlerinin Saptanması. *Anadolu Journal Of Agricultural Sciences*, 35, 1308–8769. <https://doi.org/10.7161/omuanajas.655591>
- Hamid abadi Sherahi, M., Shahidi, F., Yazdi, F. T., & Hashemi, S. M. B. (2018). Effect of *Lactobacillus plantarum* on olive and olive oil quality during fermentation process. *LWT*, 89, 572–580. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.10.025>
- Kalogianni, E. P., Georgiou, D., & Hasanov, J. H. (2019). Olive Oil Processing: Current Knowledge, Literature Gaps, and Future Perspectives. *JAOCs, Journal of the American Oil Chemists' Society*, 96(5), 481–507. <https://doi.org/10.1002/aocs.12207>
- Kang, S. H., Kim, H. R., Kim, J. H., Ahn, B. H., Kim, T. W., & Lee, J. E. (2014). Identification of wild yeast strains and analysis of their  $\beta$ -glucan and glutathione levels for use in Makgeolli brewing. *Mycobiology*, 42(4), 361–367. <https://doi.org/10.5941/MYCO.2014.42.4.361>
- Kayahan, M., & Tekin, A. (2006). *Zeytinyağı üretim teknolojisi*. TMMOB Gıda Mühendisleri Odası.
- Koidis, A., Triantafyllou, E., & Boskou, D. (2008). Endogenous microflora in turbid virgin olive oils and the physicochemical characteristics of these oils. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 110(2), 164–171. <https://doi.org/10.1002/ejlt.200700055>
- Landa, B. B., Pérez, A. G., Luaces, P., Montes-Borrego, M., Navas-Cortés, J. A., & Sanz, C. (2019). Insights into the effect of *Verticillium dahliae* defoliating-pathotype infection on the content of phenolic and volatile compounds related to the sensory properties of virgin olive oil. *Frontiers in Plant Science*, 10, 232. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00232>
- Lechhab, T., Lechhab, W., Cacciola, F., & Salmoun, F. (2022). Sets of internal and external factors influencing olive oil (*Olea europaea* L.) composition: a review. *European Food Research and Technology*, 1(4), 1069–1088. <https://doi.org/10.1007/s00217-021-03947-z>
- Li, Y. C., Luo, Y., Meng, F. B., Li, J., Chen, W. J., Liu, D. Y., Zou, L. H., & Zhou, L. (2022). Preparation and characterization of feruloylated oat  $\beta$ -glucan with antioxidant activity and colon-targeted delivery. *Carbohydrate Polymers*, 279, 119002. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2021.119002>
- Maffra, R., Piscopo, A., De Bruno, A., & Poiana, M. (2021). Effects of climate on fruit growth and development on olive oil quality in cultivar carolea. *Agriculture (Switzerland)*, 11(2), 1–18. <https://doi.org/10.3390/agriculture11020147>
- Marx, Í. M. G., Rodrigues, N., Veloso, A. C. A., Casal, S., Pereira, J. A., & Peres, A. M. (2021). Effect of malaxation temperature on the physicochemical and sensory quality of cv. Cobrançosa olive oil and its evaluation using an electronic tongue. *Lwt*, 137, 110426. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110426>
- Mejri, S., Mabrouk, Y., Jerbi, T., Sifi, S., Saidi, M., & Gargouri, M. (2012). Effects of gamma ray irradiation on olive fruits quality, enzyme activities and issued oil. *BioTechnology: An Indian Journal*, 6(2), 47–52.
- Murillo-Cruz, M. C., García-Ruiz, A. B., Chova-Martínez, M., & Bermejo-Román, R. (2021). Improvement of physicochemical properties of arbequina extra virgin olive oil enriched with  $\beta$ -carotene from fungi. *Journal of Oleo Science*, 70(4), 459–469. <https://doi.org/10.5650/jos.ess20195>
- Navajas-Porras, B., Pérez-Burillo, S., Morales-Pérez, J., Rufián-Henares, J. A., & Pastoriza, S. (2020). Relationship of quality parameters, antioxidant capacity and total phenolic content of EVOO with ripening state and olive variety. *Food Chemistry*, 325. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126926>
- Novoselić, A., Klisović, D., Lukić, I., Lukić, M., & Brkić Bubola, K. (2021). The use of olive leaves in buža olive cultivar oil production: Exploring the impact on oil yield and chemical composition. *Agriculture (Switzerland)*, 11(10), 917. <https://doi.org/10.3390/agriculture11100917>
- Ötleş, S., & Özyurt, V. H. (2012). Oleuropein ve Önemi. *Zeytin Bilimi* (Vol. 3, Issue 1, pp. 59–71). Zeytincilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü - İZMİR.
- Öztürk, M., Altay, V., Gönenç, T. M., Unal, B. T., Efe, R., Akçiçek, E., & Bukhari, A. (2021). An overview of olive cultivation in Turkey: Botanical features, eco-physiology and phytochemical aspects. *Agronomy*, 11(2), 1–26. <https://doi.org/10.3390/agronomy11020295>
- Palla, M., Digiaco, M., Cristani, C., Bertini, S., Giovannetti, M., Macchia, M., Manera, C., & Agnolucci, M. (2018). Composition of health-promoting phenolic compounds in two extra virgin olive oils and diversity of associated yeasts. *Journal of Food Composition and Analysis*, 74, 27–33. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2018.08.008>
- Pérez, A., León, L., Pascual, M., Romero-Segura, C., Sánchez-Ortiz, A., De La Rosa, R., & Sanz, C. (2014). Variability of virgin olive oil phenolic compounds in a segregating progeny from a single cross in *Olea europaea* L. and sensory and nutritional quality implications. *PLoS ONE*, 9(3), 92898. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0092898>
- Péter, G., Dlačhy, D., Tóbiás, A., Fülöp, L., Podgoršek, M., & Čadež, N. (2017). *Brettanomyces acidodurans* sp. nov., a new acetic acid producing yeast species from olive oil. *Antonie van Leeuwenhoek*, 110(5), 657–664. <https://doi.org/10.1007/s10482-017-0832-8>
- Pizzolante, G., Durante, M., Rizzo, D., Di Salvo, M., Tredici, S. M., Tufariello, M., De Paolis, A., Talà, A., Mita, G., Alifano, P., & De Benedetto, G. E. (2018). Characterization of two *Pantoea* strains isolated from extra-virgin olive oil. *AMB Express*, 8(1), 1–17. <https://doi.org/10.1186/S13568-018-0642-Z/TABLES/2>
- Romani, A., Ieri, F., Urciuoli, S., Noce, A., Marrone, G., Nediani, C., & Bernini, R. (2019). Health effects of phenolic compounds found in extra-virgin olive oil, by-products, and leaf of *olea europaea* L. *Nutrients*, 11(8). <https://doi.org/10.3390/nu11081776>
- Santona, M., Sanna, M. L., Multineddu, C., Fancello, F., de la Fuente, S. A., Dettori, S., & Zara, S. (2018). Microbial biodiversity of Sardinian oleic ecosystems. *Food Microbiology*, 70, 65–75. <https://doi.org/10.1016/J.FM.2017.09.004>
- Servili, M., Begliomini, A. L., Montedoro, G., Petruccioli, M., & Federici, F. (1992). Utilisation of a yeast pectinase in olive oil extraction and red wine making processes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 58(2), 253–260. <https://doi.org/10.1002/jfsa.2740580214>
- Vichi, S., Boynuegri, P., Caixach, J., & Romero, A. (2015). Quality losses in virgin olive oil due to washing and short-term storage before olive milling. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 117(12), 2015–2022. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201500066>
- Vichi, S., Romero, A., Gallardo-Chacón, J., Tous, J., López-Tamames, E., & Buxaderas, S. (2009). Influence of olives' storage conditions on the formation of volatile phenols and their role in off-odor formation in the oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(4), 1449–1455. <https://doi.org/10.1021/jf803242z>
- Vichi, S., Romero, A., Tous, J., & Caixach, J. (2011). The activity of healthy olive microbiota during virgin olive oil extraction influences oil chemical composition. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(9), 4705–4714. <https://doi.org/10.1021/jf200642s>
- Zullo, B. A., & Ciafardini, G. (2008). The olive oil oxygen radical absorbance capacity (DPPH assay) as a quality indicator. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 110(5), 428–434. <https://doi.org/10.1002/ejlt.200700136>



- Zullo, B. A., & Ciafardini, G. (2019). Evaluation of physiological properties of yeast strains isolated from olive oil and their in vitro probiotic trait. *Food Microbiology*, 78, 179–187. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2018.10.016>
- Zullo, B. A., & Ciafardini, G. (2020a). Differential microbial composition of monovarietal and blended extra virgin olive oils determines oil quality during storage. *Microorganisms*, 8(3), 402. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8030402>
- Zullo, B. A., & Ciafardini, G. (2020b). Virgin olive oil quality is affected by the microbiota that comprise the biotic fraction of the oil. *Microorganisms*, 8(5), 663. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8050663>
- Zullo, B. A., & Ciafardini, G. (2022). Role of yeasts in the qualitative structuring of extra virgin olive oil. *Journal of Applied Microbiology*, 132(6), 4033–4041. <https://doi.org/10.1111/jam.15478>
- Zullo, B. A., Cioccia, G., & Ciafardini, G. (2010). Distribution of dimorphic yeast species in commercial extra virgin olive oil. *Food Microbiology*, 27(8), 1035–1042. <https://doi.org/10.1016/J.FM.2010.07.005>
- Zullo, B. A., Cioccia, G., & Ciafardini, G. (2013). Effects of some oil-born yeasts on the sensory characteristics of Italian virgin olive oil during its storage. *Food Microbiology*, 36(1), 70–78. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2013.04.006>
- Zullo, B. A., Venditti, G., & Ciafardini, G. (2021). Effects of the filtration on the biotic fraction of extra virgin olive oil. *Foods*, 10(8). <https://doi.org/10.3390/foods10081677>