

## ZEYTİNYAĞI ÜRETİMİNDE UYGULANAN YENİ YÖNTEMLERİN YAĞ KALİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Mustafa KIRALAN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği, Balıkesir; ORCID: 0000-0001-7401-8025  
Geliş Tarihi / Received: 28.11.2018

Kabul Tarihi / Accepted: 06.02.2019

### ÖZ

Zeytinyağı, bitkisel yağlar içerisinde en fazla tercih edilen yağdır. Tüketiciler tarafından bu kadar tercih edilmesinin nedeni bileşiminde yer alan minör bileşenlerdir. Bu bileşenlerden özellikle fenolik maddeler, tokoferoller ve uçucu bileşenler zeytinyağı kalitesi ile ilişkilidir. Zeytinyağı üretiminde klasik yöntemlerin geliştirilerek yeni yöntemlerin sanayiye aktarılması çalışmaları sürdürülmektedir. Bu yenilikçi yöntemler ile minör bileşenlerin yağ bileşimindeki miktarlarının artırılması amaçlanmaktadır. Bu derlemede, ikili ekstraksiyon, ultrases, mikrodalga, çekirdek çıkarma ve ısı değiştirici kullanımı, yardımcı katkı maddesi kullanımı ve çalışılan atmosfer modifikasyonu gibi sanayiye uygulanan yeni metotların yağ kalitesi üzerine etkileri incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Zeytinyağı, kalite, yeni yöntemler

## THE USAGE OF NEW APPROACHES IN INDUSTRIAL SCALE TO IMPROVING OLIVE OIL QUALITY

### ABSTRACT

Olive oil is the most preferred oil among vegetable oils. The reason why consumers are so preferred is minor compounds in composition of oil. These compounds especially phenolic compounds, tocopherols and volatile compounds are related to olive quality. Studies on transferring new methods to industrialization are being continued to improve classical methods for olive oil processing. These innovative methods aim to increase the amount of minor components in the oil composition. In this review, the effects of new methods such as double extraction, ultrasound, microwave, de-stoning and using of heat exchanger, coadjuvants applied to the industry on oil quality have been investigated.

**Keywords:** Olive oil, quality, new methods

### GİRİŞ

Zeytinyağı, çok eski yıllardan beri bitkisel yağlar içerisinde önemli bir konuma sahip olmuştur. Akdeniz diyeti olarak adlandırılan ve sağlıklı beslenme için model alınan bu diyet sisteminde önemli bir yere sahiptir. İnsanların daha uzun ve sağlıklı yaşamak istemeleri bilim adamlarını bu diyeti incelemeye yönlendirmiştir. Bu diyetle özellikle zeytinyağı üzerinde durulmuştur [1, 2].

Zeytinyağının bileşimi, majör ve minör bileşenler olarak iki ana kategoride incelenebilmektedir. Gliserollerini içerisine alan majör grup, zeytinyağının ağırlıkça %98'lik kısmını oluşturmaktadır. Minör bileşenler ise ağırlıkça yaklaşık %2'lik kısmını oluşturmakta

ve bu grupta alifatik ve triterpenik alkoller, steroller, hidrokarbonlar, uçucu bileşenler ve antioksidanlar gibi 230'dan fazla bileşik yer almaktadır [1]. Özellikle tokoferol ve fenolik maddeler üzerinde yoğun çalışılan bileşenlerdir. Bu bileşenlerin antioksidan etkiye sahip olmaları yağların raf ömürlerine önemli katkı sunmaktadır. Bunun yanında bu bileşenlerin sağlık açısından da birçok önemli katkı sunduğu bilinmektedir [3, 4]. Sağlık dışında zeytinyağının kendine özgü aromasını minör bileşenler oluşturmaktadır. Aroma, tat ve kokudan oluşmaktadır. Tat, genellikle fenolik bileşikler ile ilişkili iken [5], koku uçucu bileşenler ile ilişkilidir [6].

Zeytinyağının minör bileşenleri, zeytin çeşidi, iklim, olgunlaşma düzeyi ve işleme

koşullarına bağlı olarak değişim göstermektedir [7]. Klasik üretim yöntemlerinde, belirli olgunlukta hasat edilen zeytinler, yıkanmakta, kırılma/ezilme işlemine uğramakta ve zeytin ezmeleri daha sonra yoğurulmakta, en son olarak ise ekstraksiyon sistemleri kullanılarak yağ elde edilmektedir. Kırıcı olarak metal, bıçaklı ve çekiçli kırıcılardan yararlanılmaktadır. Eski tip üretim yapan tesislerde ise taş değirmen kullanılarak kırma, ezme ve yoğurma işlemleri beraber yapılmaktadır. Ekstraksiyon işleminde presleme, santrifüj ve perkolasyon sistemleri kullanılmaktadır. Yağ üretiminde en yaygın kullanıma sahip ekstraksiyon sistemi santrifüj sistemdir. Bu sistemde kendi arasında üç fazlı ve iki fazlı sistem olarak ikiye ayrılmaktadır [1, 2, 8].

Bu derleme çalışmasında, zeytinyağı üretiminde kullanılan klasik yöntemlerin ikili ekstraksiyon, ultrases, mikrodalga, çekirdek çıkarma ve ısı değiştirici kullanımı, yardımcı katkı maddesi kullanımı ve modifiye atmosfer gibi yöntemler ile modifiye edilmesi sonucunda zeytinyağı kalitesinde meydana gelen değişiklikler ayrıntılı olarak irdelenmiştir.

### ***İkili Ekstraksiyon***

Bu yöntemde, Coratina çeşidi zeytinler kullanılarak 2 farklı üretim hattında çalışma yapılmıştır. Birinci hatta taş değirmenler ve metal kırıcılar birlikte kullanılarak ezme yapılmış, ikinci hatta ise sadece metal kırıcılar ile ezme yapılmıştır. Her iki hatta yoğurma koşulları sabit tutulmuş ve iki fazlı santrifüj sistem ile prosese devam edilmiştir. Buraya kadar olan kısım 1. ekstraksiyon olarak ifade edilmiştir. İki fazlı santrifüj sistemden çıkan yağ içeriği düşük zeytin ezmeleri (pirina) uygun bir makine ile taş olarak ifade edilen kısım ve zeytin ezmesi olarak ayrılmaktadır. Ayrılan ezme 40–45°C’da yoğurulmakta ezmenin yarısı kadar su ilave edilerek üç fazlı santrifüj sistem ile işlenmektedir. Bu yapılan ekstraksiyon ise 2. ekstraksiyon olarak adlandırılmıştır. Bu yöntemin klasik üretim yöntemine göre avantajları şu şekilde özetlenmiştir [9].

a–Tekli ekstraksiyon ile elde edilen yağ oranı %80–84 civarında iken ikili ekstraksiyon ile verim %87’nin üzerine çıkabilmektedir.

b–İkinci ekstraksiyonda elde edilen yağın triterpen dialkol fraksiyonu fazla olması nedeni ile farklı bir kategoride yağ olarak piyasa sürülebilir. Bunun yanında bu yağda, yağ üreticisi firma açısından önemli bir girdidir.

c–Taş olarak ifade edilen kısım ise işletme için yakıt olarak kullanılması nedeni ile yine önemli bir girdi sağlamaktadır [9].

### ***Ultrases Uygulaması***

Ultrases yöntemi, gıda endüstrisinde yeşil işleme teknolojisi kategorisinde yer almaktadır. Ultrases uygulaması, basit, kısmen ucuz ve enerji tasarrufu sağlamaktadır. Gıda endüstrisinde geniş yelpazede uygulama alanı bulmuştur. Ultrases yönteminin, pişirme, dondurma/kristalizasyon, kurutma, filtrasyon ve emülsifikasyon gibi çok çeşitli teknolojilerde kullanımı mümkün olmuştur [10].

Zeytinyağı üretiminde en önemli aşamalardan biri yoğurmaktır. Yoğurma aşamasında uygulanacak sıcaklık ve süre zeytinyağı kalitesini doğrudan etkilemektedir. Burada yapılabilecek yanlış bir uygulama zeytinyağının duyuşal özellikleri yanında beslenme değerini de etkilemektedir [11–13].

Zeytinyağı işlemede zeytin ezmesine ilk ultrases uygulaması, Jiménez ve ark. (2007) tarafından yapılmıştır. Burada ultrases uygulaması doğrudan (ultrasonik prob) ve dolaylı olarak (su banyosu) uygulanmıştır. Uygulama ile zeytin ezmelerinin sıcaklığı, oda koşulları olan 12–20°C’den yağ üretimi için optimum sıcaklık aralığı olan 28–30°C’ya kısa sürede erişmiştir. Yüksek nem içeriğine (>%50) sahip zeytinlerin işlenmesinde doğrudan sonikasyon ile daha iyi ekstraksiyon sağlanırken, düşük nem içeriğine sahip zeytinlerde ise dolaylı uygulamanın ekstraksiyonu kolaylaştırdığı belirlenmiştir. Ultrases yönteminin bazı temel parametreler (serbest yağ asitliği, peroksit değeri, K<sub>232</sub> ve K<sub>270</sub>) üzerinde değişikliğe neden olmadığı, buna karşın acılık düzeyini düşürdüğü, tokoferol, klorofil ve karotenoid madde miktarını arttırdığı tespit edilmiştir. Ayrıca, duyuşal panel testlerine göre uygulama yapılan örneklerin, herhangi bir uygulama yapılmayan kontrol örneğine kıyasla aromayı pozitif etkileyen özellikler açısından daha yüksek,

negatif etkileyen özellikler açısından ise daha düşük olduğu bildirilmiştir [14].

Zeytin ve zeytin ezmesine iki farklı ultrases uygulamasının yapıldığı çalışmada, birinci uygulamada zeytinlere su banyosu içerisinde, ikincide ise zeytin ezmesine sonikasyon işlemi uygulanmıştır. Her iki uygulama, kontrol örneğine kıyasla yoğurma süresini kısalttığı belirlenmiştir. Uygulamalar ve kontrol grubunun yoğurma sıcaklığı olan 30°C'a kadar ulaşma süresi ön ısıtma süresi olarak ifade edilmektedir. Zeytinlere yapılan 8 dakika ultrases uygulamasında sıcaklık 29°C'a ulaşmış ve ön ısıtma süresi ise 2 dakika, zeytin ezmesi uygulamasında ise aynı sonikasyon süresinde sıcaklık 28°C'a erişmiş ve ön ısıtma süresi 8 dakika olarak belirlenmiştir. Kontrol örneğinde ise ön ısıtma süresi 30 dakika olarak bildirilmiştir. Uygulama yapılan örneklerde yağ verimi işlem uygulanmamış örneklere kıyasla daha yüksek tespit edilmiştir. Serbest yağ asitliği, peroksit değeri ve özgül soğurma değerleri ( $K_{232}$  ve  $K_{270}$ ) açısından uygulamalar ve kontrol grubu arasında fark bulunamamıştır. Ultrases uygulanmış zeytinlerde toplam fenol, tokoferol, klorofil ve karotenoit içerikleri, uygulama yapılmış zeytin ezmesine kıyasla daha yüksek bulunmuştur [15].

İtalya'da Carolea ve Ottobratica zeytin çeşitlerinde yapılan çalışmada, ultrasonik reaktör yoğurucu ve dekantör arasına yerleştirilmiştir. Klasik olan üretimde kırma aşamasından gelen zeytin ezmeleri 30 dakika süre ile yoğrulmuş ve iki fazlı sistemde yağa işlenmiştir, bu örnekler kontrol grubu olarak ele alınmıştır. Ultrases uygulamasında ise zeytin ezmeleri 15 dakika yoğrulmuş ve 15 dakika da ultrasese tabi tutulmuştur. Ultrases uygulaması ile üretilen yağların temel kalite parametreleri yönetmelikteki mevcut yasal sınırlar içerisinde kalmıştır. Bu parametrelerden serbest yağ asitliği ve peroksit değeri üzerine ultrases yönteminin etkisi bulunmaz iken konjuge dien değeri olan  $K_{232}$  değerini kontrol örneğine kıyasla arttırdığı tespit edilmiştir. Bu artışın ultrases teşvikli oksidasyondan kaynaklanabileceği belirtilmiştir. Bu yeni yöntem, zeytinyağının fenoller (lignanlar ve sekoiridoitler), uçucu aroma bileşenlerini ( $C_6$  ve  $C_5$  bileşenler) artırırken tokoferol içeriğinde azalmaya neden olmuştur. Duyusal analiz sonucunda ultrases uygulamasının zeytinyağının kalitesinde

önemli duyuusal parametreler olan meyvemsi, acı ve keskin duyuusal hisleri arttırdığı ortaya konmuştur [16].

Yüksek güçlü ultrases uygulamasının yapıldığı diğer bir çalışmada, 3 farklı frekans (20, 40 ve 80 KHz) kullanılmıştır. İki farklı olgunlaşma indeksine sahip zeytinler ezilmiş ve zeytin ezmeleri farklı frekanslarda ultrases uygulamasına tabi tutulmuş ve bunlardan bir grup doğrudan santrifüj edilmiş diğer grup ise yoğrulduktan sonra santrifüj edilmiştir. Yoğrulduktan sonra santrifüj edilen zeytin ezmelerinden elde edilen yağ verimleri doğrudan santrifüj edilen ezmelerden elde edilenlere kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Ultrases uygulamasının örneklerin serbest yağ asitliği, peroksit değeri, özgül soğurma değerleri ( $K_{232}$  ve  $K_{270}$ ), oksidatif stabilite ve etil ester değerleri üzerine önemli bir etki göstermediği yani yağın kalitesinde değişime neden olmadığı bildirilmiştir [17].

#### ***Çekirdek Ayırma ve Isı Değiştirici Kullanımı***

Zeytinin endokarp (çekirdek) kısmı oldukça sert bir kısımdır. Bu nedenden dolayıdır ki parçalanması için sert bir kırma işlemi yapmak gerekmektedir. Bu kırma için daha fazla enerji kullanımı gerekmektedir. Çekirdek kısmını bu şekilde sert bir işlem ile kırma, trigliseritlerin kimyasal ve enzimatik parçalanmasını teşvik etmektedir [18]. Çekirdekler ile ilgili bir diğer problem ise oksido-redüktaz enzimler açısından zengin olmasıdır. Özellikle bu enzim grubundan olan peroksidaz, oksidasyon riskini artırması nedeniyle önemlidir [19, 20].

Gentile di Chieti, Caroleo ve Coratina zeytin çeşitlerinin çekirdekleri çıkarılarak yağ kalitesi üzerine etkileri araştırıldığı çalışmada ayrıca zeytinyağı üretimini geliştirmek amacı ile çeşitli yardımcı maddeler (Enzyme-Clarex 8XL ve mikronize talk) kullanılmıştır. Renk maddeleri olan klorofil ve karotenoit maddelerin yağa geçişi çekirdeği çıkartılmış örneklerde daha düşük gerçekleşmiştir. Zeytinyağının diğer minör bileşenleri fenolik maddeler (özellikle sekoiridoitler), tokoferol ve uçucu bileşenler, çekirdeği ayrılmış örneklerde daha yüksek miktarda tespit edilmiştir. Bunun yanında yapılan duyuusal teste göre çekirdeği çıkartılmış örnekler, yağın duyuusal özelliklerini olumlu etkileyen faktörler

(özellikle yeşil meyvemsi not) açısından kontrol örneğine kıyasla daha iyi bulunmuştur [21].

İtalyan bir çeşit olan Coratina zeytin çeşidinde çekirdek çıkarma uygulamasının yanı sıra yoğurma süresinin etkisi araştırılmıştır. Yoğurma süresine bağlı olarak 6 karbonlu (C<sub>6</sub>) ve 5 karbonlu (C<sub>5</sub>) bileşenlerde artış tespit edilmiştir. Bunun yanında çekirdeği ayrılmış örneklerin yağı, zeytinyağının aromasına önemli katkılar sunarak yağın duyu kalitesini arttıran C<sub>6</sub> bileşenleri açısından çekirdeği ayrılmayan örneklerin yağlarına kıyasla daha zengin bulunmuştur. C<sub>5</sub> bileşenlerinde ise önemli bir değişim belirlenmemiştir [22].

Çekirdeği çıkartılmış ezmeleri, çekirdeği çıkartıldıktan sonra ısı değiştirici ile ön ısıtma yapılan ezmeleri ve tüm halde ezilen zeytinlerin ezmeleri (kontrol örneği) yoğurularak üç fazlı sistem ile yağa işlenmiştir. Çekirdekleri ayrılmış ezmelerden elde edilen yağ verimi diğer örneklere göre daha düşük bulunmuştur. Çekirdeklerin olmaması, zeytin ezmelerinin viskozitesini değiştirmekte ve yoğurmanın etkisini azaltmaktadır. Çekirdeği ayrılmış ezmelere ısı uygulaması ile yağ verimi artırılmıştır. Yağların asitlik ve peroksit değerlerinde uygulamalara göre ciddi bir değişim tespit edilememiştir. Tüm olarak ezilen örneklerin yağlarında fenol içeriği 213 mg/kg iken çekirdeği ayrılmış ve ısı değiştirici kullanılmış örneklerin yağlarında ise sırasıyla 372 mg/kg ve 449 mg/kg olarak belirlenmiştir. Isı değiştiricide hızlı bir şekilde yoğurma sıcaklığına ulaşılması nedeni ile fenolik madde miktarının yüksek olduğu tespit edilmiştir. İndüksiyon periyotları incelendiğinde ısı değiştirici kullanılan örneklerin indüksiyon periyodu kontrol örneğine kıyasla %25, çekirdekleri çıkartılan örneklere kıyasla ise %5 daha yüksek bulunmuştur. Uçucu aroma bileşenleri ele alındığında ise çekirdeği ayrılmış örneklerde yağ kalitesinde olumlu etkiler oluşturan E-2-hekzenal, hekzenal ve cis-3-hekzen-1-ol bileşenlerinin miktarı kontrol örneğine kıyasla daha yüksek belirlenirken, ısı değiştirici ile yapılan uygulamada ise bu bileşenlerin miktarı daha da fazla artış göstermiştir [23].

Kırma sistemi olarak çekirdek ayırma makinesi ve disk kırıcıların kullanıldığı ve bununla birlikte tübüler ısı değiştiricininin

etkisinin incelendiği çalışmada ısı değiştirici uygulaması yapılan örneklerin ekstraksiyon veriminin uygulama yapılmamış örneklere göre kısmen de olsa düşük olduğu tespit edilmiştir. Serbest yağ asitliği, peroksit değeri ve özgül soğurma değeri açısından uygulamalar arasında önemli bir farklılık saptanamamıştır. Disk kırıcı yerine çekirdek ayırma makinesi kullanıldığında yağ örneklerinin fenolik bileşim içeriği artmıştır. Özellikle 3,4-DHPEA-EDA, p-HPEA-EDA ve 3,4-DHPEA-EA fenolik bileşenleri, çekirdek ayırma makinesinden elde edilen örneklerde disk kırıcılara göre daha yüksek tespit edilmiştir. Flaş ısıtma uygulaması zeytinyağlarının aroma profilini geliştirmiştir. Bu örneklerde C<sub>6</sub> aldehytler ve esterler artış göstermekte ve C<sub>6</sub> alkollerde azalma belirlenmiştir. Çekirdeği ayrılmış örneklerde aldehytlerde azalma gerçekleşirken esterlerde ise artış belirlenmiştir [24].

#### ***Mikroalga Esaslı Sistemin Yoğurmada Kullanımı***

Mikroalga uygulaması, yoğurma için alternatif olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Mikroalga esaslı sistemin zeytinyağı prosesine sürekli sistem olarak adapte edilmesi konusunda yapılan çalışmada mikroalga uygulamasının ekstraksiyon etkinliğini klasik yoğurma sistemine göre %2.8 artırmıştır. Mikroalga sistem ile çok kısa sürede (birkaç saniye) optimum yağ verimi sağlanır iken klasik yoğurma işleminde ise aynı verimin elde edilmesi için uzun süre (40 dakika) gerekmektedir. Mikroalga uygulaması zeytin örneklerinde daha yeknesak sıcaklık-süre sağlarken klasik yoğurmada ise bu durum tam olarak sağlanamamaktadır. Bunun yanında mikroalga sistemi düşük hacimler ile çalışmaya imkân tanıdığından daha az su sarfiyatı ile temizlik yapılabilmekte iken klasik tip yoğurucularda ise daha yüksek hacimler ile çalışılmakta ve dolayısı ile temizlik için harcanacak su miktarı artış göstermiştir [25].

Mikroalganın etkisinin araştırıldığı diğer bir çalışmada ise klasik yoğurma (yoğurma sıcaklığı 28°C'a ayarlanmış ve bu sıcaklığa ulaşma süresi 40 dakika), mikroalga uygulama (28°C çıkış sıcaklığına ayarlanmış) ve mikroalga-yoğurma kombineli (28°C

sıcaklığa mikrodalga uygulaması ile çıkılmış ve bu sıcaklıkta 20 dakika klasik yoğurma yapılmış) uygulanmıştır. Uygulamalar arasında serbest yağ asitliği arasında farklılık belirlenmemiştir. Sadece mikrodalga uygulamasında yağın peroksit değeri diğer uygulamalara kıyasla daha düşük bulunmuştur ve bu durumun oksijen ile temasın en az olduğu uygulama ile ilişkili olmasından kaynaklandığı bildirilmiştir. Toplam fenol içeriği de mikrodalga uygulamasında diğer uygulamalara kıyasla daha düşük belirlenmiştir. Bunun nedeni ise depolimerizasyona neden olan enzimlerin aktive gösterecek süreyi bulamamalarından kaynaklandığı ve dolayısı ile fenolik maddelerin yağa geçişinin azalması ile açıklanmıştır. Özellikle, 3,4-DHPEA-EDA, p-HPEA-EA ve p-HPEA-EDA mikrodalga uygulaması yapılan örneklerde daha düşük miktarlarda tespit edilmiştir. Mikrodalga uygulaması, uçucu C<sub>6</sub> bileşenlerini diğer uygulamalara kıyasla daha fazla içermiştir. Kısa süre mikrodalga uygulamanın, hidroperoksit liyazın kısmi inaktivasyonunu diğer uygulamalara kıyasla daha fazla azaltmasına bağlı olarak C<sub>6</sub> aldehitlerin artışına neden olduğu tespit edilmiştir [26].

#### ***Yardımcı Katkı Madde Kullanımı***

Yağların üretiminde kullanılan ekstraksiyon yöntemi ile zeytin meyvesinde bulunan yağın %80-90 arası kısmı rahatlıkla ekstrakte edilebilmektedir. Gerçekte, zeytinlerden bu kadar yağ eldesi gerçekleşmemektedir. Yağın bir kısmı parçalanamayan hücrelerde, zeytin ezmesinin kolloidal sisteminde kalabilmekte veya karasu ile emülsiyon oluşturabilmektedir [27]. Emülsiyonda bağlı yağları serbest hale getirmek oldukça güçtür. Bu nedenden dolayı bu zeytin ezmeleri "sorunlu ezmeler" olarak bilinmektedir. Yardımcı katkı maddeleri yoğurma aşamasından ilave edilerek, emülsiyon kırılmakta ve dolayısı ile yağın serbest hale geçmesi sağlanmaktadır. En fazla kullanılan yardımcı katkı maddeleri; ılık su, talk, tuz ve enzim karışımlarıdır [28].

Endüstriyel çapta üretim yapan bir zeytinyağı fabrikasında yardımcı katkı maddesi olarak kalsiyum karbonat kullanılmıştır. Kontrol ve uygulama yapılan örneklerde (%2 ve %4 uygulama) ekstraksiyon

verimi açısından önemli bir farklılık tespit edilememiştir. Yoğurma aşamasında süre uygulama yapılan örneklerde azalırken, ekstraksiyon için toplam süre yaklaşık 49.5 dakikaya düşerken, proses süresinde %33.5 azalma gerçekleşmiştir. Bunun yanında uygulama yapılan örneklerde konsantrasyona bağlı olmaksızın kontrol örneğine göre görünür viskozite de önemli artışlar belirlenmiştir. %2 kalsiyum karbonat ilave edilmesi örneklerde kontrol grubuna göre 3,4-DHPEA-EDA ve (+)-pinoresinol miktarında düşüş meydana getirirken, bunun yanında %4 kalsiyum karbonat uygulamasında ise kontrol örneğine kıyasla 3,4-DHPEA ve 3,4-DHPEA-EDA miktarında düşüş gözlenmiştir. Uçucu bileşenler açısından ele alındığında uygulamalar kontrol örneğine göre E-2-hekzenal bileşeninde ve toplam uçucu madde miktarında düşüşe sebep olmuştur [29].

#### ***Modifiye Atmosfer Uygulaması***

Çekiçli kırıcıda yapılan modifikasyon ile oksijen konsantrasyonunun artırılması sağlanmıştır. Bu modifikasyon ile oksijen konsantrasyonu %60'a kadar çıkartılmıştır. Picual, Blanqueta ve Arbequina çeşitlerinin kullanıldığı çalışmada, serbest yağ asitliği, peroksit değeri ve özgül soğurma değerleri (K<sub>232</sub> ve K<sub>270</sub>) gibi temel parametrelerde çeşitlere bağlı ciddi farklılıklar tespit edilirken, oksijen konsantrasyonuna göre ise kısmi değişimler belirlenmiştir. Tokoferol bileşenleri açısından, oksijen uygulaması yapılan ve kontrol örnekleri arasında farklılık belirlenmemiştir. Oksijen uygulaması yapılan örneklerin kontrol örneğine kıyasla renk maddeleri olan klorofil ve karotenoitler üzerine kısmi bir azalma gösterdiği tespit edilmiştir. Blanqueta ve Arbequina çeşitlerinde, kontrol örneğine kıyasla oksijen uygulaması yapılan örneklerin fenolik madde miktarında sırası ile %20.82 ve %23.10 azalma belirlenirken, Picual çeşidinde ise kısmi bir azalma belirlenmiştir. Tüm çeşitlerin örneklerinde oleuropein sekoiridoit türevlerindeki azalma, ferulik asit, p-kumarik asit ve pinoresinol gibi diğer fenolik bileşenlere kıyasla daha fazla olmuştur. Oksijen konsantrasyonunu artırma toplam uçucu bileşik madde miktarında artışa neden olmuştur. Kontrol örneğine kıyasla, Picual, Blanqueta ve Arbequina çeşitlerinde

yapılan uygulamalarda toplam uçucu madde miktarı sırası ile %32, %65 ve %20 oranında artış sağlamıştır [30].

Hermetikli yoğurucuların kullanıldığı çalışmada tamamen oksijen ve tamamen azot ortamında yoğurma işlemi yapılmıştır. Asitlik, peroksit ve  $K_{232}$  değerleri %100 oksijen ortamında üretim yapılan örneklerde azot ortamından yapılanlara kıyasla daha yüksek belirlenmiştir. Azot ortamında üretilen örneklerde indüksiyon periyodu ve toplam fenol miktarı (16.2 saat, 393 mg/kg) oksijen ortamında çalışılan örneklerle (14.3 saat, 338 mg/kg) kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Bu durumun, oksijen ortamının oksidasyonu teşvik etmesinden kaynaklandığı bildirilmiştir. Uçucu bileşenler açısından, oksijen ortamında çalışılan örneklerin azot ortamında üretilenlere kıyasla daha zengin olduğu belirlenmiştir. Temel uçucu bileşenlerden E-2-hekzenal miktarı oksijen ortamında üretilenlerde 147.3 mg/kg iken azot ortamında üretilenlerde ise 43.5 mg/kg olarak tespit edilmiştir [31].

### SONUÇ

Yapılan bu derleme çalışmasında, ikili ekstraksiyon, ultrases yöntemi, çekirdek ayırma ve ısı değiştirici kullanımı, mikrodalga sistem kullanımı, yardımcı katkı madde kullanımı ve son olarak da modifikasyon atmosfer uygulamanın zeytinyağı kalitesi üzerindeki etkileri ayrıntılı incelenmiştir. İkili ekstraksiyonda pirinada kalan taş olarak isimlendirilen çekirdeklerin ayrılarak ikinci bir ekstraksiyon yapılarak pirinada kalan yağın alınması ve bunun yanında çekirdeklerin yakıt olarak fabrikaya kazandırılması sağlanmıştır. Ultrases yönteminde ise yoğurma sıcaklığına kısa sürede ulaşılması sağlanmış, klasik yöntemle göre yoğurma için bekleme süresi kısaltıldığı bildirilmiştir. Zamandan kazanma dışında bu yöntemle üretilen yağların klasik yöntemle üretilen yağlara kıyasla minör madde bileşimini zenginleştirdiği tespit edilmiştir. Endüstriyel boyutta çekirdek çıkarma ve ısı değiştirici kullanımı da yağların fenolik maddelerinde ve uçucu bileşenlerinde artış sağlamıştır. Mikrodalga uygulaması ile modifikasyon yoğurucuda uygulanmış ve kısa sürede istenilen yoğurma sıcaklığına ulaşılması sağlanmıştır. Mikrodalga

uygulaması ekstraksiyonu olumlu yönde etkilemesine karşın fenolik madde miktarında azalmaya neden olmuştur. Bunun yanında bu modifikasyon uçucu aroma bileşenlerinde artışa neden olmuştur. Yardımcı katkı maddeleri kullanımında ise proses süresinde kazanımlar sağlanmasına karşın yağ verimi, fenolik madde ve uçucu bileşenler açısından önemli bir kazanım sağlanamamıştır. Yoğurucularda azot ortamı sağlanması yağın önemli kalite parametreleri olan fenolik madde bileşimi ve uçucu bileşimini artırmıştır.

### KAYNAKLAR

1. Boskou, D., 1996. Olive oil chemistry and technology. *AOCS Press, Champaign, IL, USA*, 52-83p.
2. Kiritsakis, A.K., 1998. Olive oil: from the tree to the table. *Food and Nutrition Press, Trumbull*, 155p.
3. Covas, M.I., Ruiz-Gutiérrez, V., De La Torre, R., Kafatos, A., Lamuela-Raventós, R.M., Osada, J., Owen, R.W. and Visioli, F., 2006. Minor components of olive oil: evidence to date of health benefits in humans. *Nutrition Reviews* 64(4):20-30.
4. Owen, R.W., Giacosa, A., Hull, W.E., Haubner, R., Spiegelhalder, B. and Bartsch, H., 2000. The antioxidant/anticancer potential of phenolic compounds isolated from olive oil. *European Journal of Cancer* 36(10):1235-1247.
5. Visioli, F. and Galli, C., 1998. Olive oil phenols and their potential effects on human health. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 46(10):4292-4296.
6. Kalua, C.M., Allen, M.S., Bedgood, D.R., Bishop, A.G., Prenzler, P.D. and Robards, K., 2007. Olive oil volatile compounds, flavour development and quality: A critical review. *Food Chemistry* 100(1):273-286.
7. Gimeno, E., Castellote, A.I., Lamuela-Raventós, R.M., De la Torre, M.C. and López-Sabater, M.C., 2002. The effects of harvest and extraction methods on the antioxidant content (phenolics,  $\alpha$ -tocopherol, and  $\beta$ -carotene) in virgin olive oil. *Food Chemistry* 78(2):207-211.
8. Di Giovacchino, L., Solinas, M. and Miccoli, M., 1994. Effect of extraction systems on the quality of virgin olive oil.

- Journal of the American Oil Chemists Society* 71(11): 1189–1194.
9. Di Giovacchino, L., Preziuso, S.M., Di Serio, M.G., Mucciarella, M.R., Di Loreto, G. and Lanza, B., 2017. Double extraction of olive oil in large oil mills of Southern Italy: Effects on extraction efficiency, oil quality, and economy of the process. *European Journal of Lipid Science and Technology* 119:n/a, 1600161. doi:10.1002/ejlt.201600161
  10. Chemat, F. and Khan, M.K., 2011. Applications of ultrasound in food technology: processing, preservation and extraction. *Ultrasonics sonochemistry* 18(4):813–835.
  11. Ranalli, A., Pollastri, L., Contento, S., Iannucci, E. and Lucera, L., 2003. Effect of olive paste kneading process time on the overall quality of virgin olive oil. *European Journal of Lipid Science and Technology* 105(2):57–67.
  12. Caponio, F., Alloggio, V. and Gomes, T., 1999. Phenolic compounds of virgin olive oil: influence of paste preparation techniques. *Food Chemistry* 64(2):203–209.
  13. Ranalli, A., Contento, S., Schiavone, C. and Simone, N., 2001. Malaxing temperature affects volatile and phenol composition as well as other analytical features of virgin olive oil. *European Journal of Lipid Science and Technology* 103(4):228–238.
  14. Jiménez, A., Beltrán, G. and Uceda, M., 2007. High-power ultrasound in olive paste pretreatment. Effect on process yield and virgin olive oil characteristics. *Ultrasonics sonochemistry* 14(6):725–731.
  15. Clodoveo, M. L., Durante, V. and La Notte, D., 2013. Working towards the development of innovative ultrasound equipment for the extraction of virgin olive oil. *Ultrasonics sonochemistry* 20(5):1261–1270.
  16. Almeida, B., Valli, E., Bendini, A. and Gallina Toschi, T., 2017. Semi-industrial ultrasound-assisted virgin olive oil extraction: impact on quality. *European Journal of Lipid Science and Technology* 119:n/a, 1600230. doi:10.1002/ejlt.201600230
  17. Bejaoui, M.A., Sánchez-Ortiz, A., Sánchez, S., Jiménez, A. and Beltrán, G., 2017. The high power ultrasound frequency: Effect on the virgin olive oil yield and quality. *J. of Food Engineering* 207:10–17.
  18. Ranalli, A., Gomes, T., Delcuratolo, D., Contento, S. and Lucera, L., 2003. Improving virgin olive oil quality by means of innovative extracting biotechnologies. *J. of Agricultural and Food Chemistry* 51(9):2597–2602.
  19. Patumi, M., Terenziani, S., Ridolfi, M. and Fontanazza, G., 2003. Effect of fruit stoning on olive oil quality. *J. of the American Oil Chemists Society* 80(3):249–255.
  20. Romaniello, R., Leone, A. and Tamborrino, A., 2017. Specification of a new de-stoner machine: evaluation of machining effects on olive paste's rheology and olive oil yield and quality. *J. of the Science of Food and Agriculture* 97(1):115–121.
  21. Ranalli, A., Benzi, M., Gomes, T., Delcuratolo, D., Marchegiani, D. and Lucera, L., 2007. Concentration of natural pigments and other bioactive components in pulp oils from de-stoned olives. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 8(3):437–442.
  22. Angerosa, F., Basti, C., Vito, R. and Lanza, B., 1999. Effect of fruit stone removal on the production of virgin olive oil volatile compounds. *Food Chemistry* 67(3):295–299.
  23. Amirante, P., Clodoveo, M. L., Dugo, G., Leone, A. and Tamborrino, A., 2006. Advance technology in virgin olive oil production from traditional and de-stoned pastes: Influence of the introduction of a heat exchanger on oil quality. *Food Chemistry* 98(4):797–805.
  24. Leone, A., Esposto, S., Tamborrino, A., Romaniello, R., Taticchi, A., Urbani, S. and Servili, M., 2016. Using a tubular heat exchanger to improve the conditioning process of the olive paste: Evaluation of yield and olive oil quality. *European Journal of Lipid Science and Technology* 118(2):308–317.
  25. Leone, A., Tamborrino, A., Romaniello, R., Zagaria, R. and Sabella, E., 2014. Specification and implementation of a continuous microwave-assisted system for paste malaxation in an olive oil extraction plant. *Biosystems Engineering* 125:24–35.

26. Tamborrino, A., Romaniello, R., Zagaria, R. and Leone, A., 2014. Microwave-assisted treatment for continuous olive paste conditioning: Impact on olive oil quality and yield. *Biosystems Engineering* 127:92–102.
27. Petrakis, C., 2006. Olive oil extraction. In: *Olive oil: chemistry and technology. Edited by Boskou D., 2. Edition, Champaign (IL): AOCS Press. pp:191–224.*
28. Clodoveo, M.L., 2012. Malaxation: Influence on virgin olive oil quality. Past, present and future an overview. *Trends in Food Science & Technology* 25(1):13–23.
29. Tamborrino, A., Squeo, G., Leone, A., Paradiso, V.M., Romaniello, R., Summo, C., Pasqualone, A., Catalano, P., Bianchi, B. and Caponio, F., 2017. Industrial trials on coadjuvants in olive oil extraction process: Effect on rheological properties, energy consumption, oil yield and olive oil characteristics. *J. of Food Engineering* 205:34–46.
30. Sánchez-Ortiz, A., Bejaoui, M.A., Herrera, M.P.A., Jiménez Márquez, A. and Beltrán Maza, G., 2016. Application of oxygen during olive fruit crushing impacts on the characteristics and sensory profile of the virgin olive oil. *European Journal of Lipid Science and Technology* 118:1018–1029.
31. Amirante, P., Clodoveo, M. L., Tamborrino, A., Leone, A. and Dugo, G., 2012. Oxygen concentration control during olive oil extraction process: a new system to emphasize the organoleptic and healthy properties of virgin olive oil. *Acta Horticulturae* 949:473–480.