Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology, 13(5): 1248-1254, 2025
DOI: https://doi.org/10.24925/turjaf.v13i5.1248-1254.7479

Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology

Available online, ISSN: 2148-127X | www.agrifoodscience.com | Turkish Science and Technology Publishing (TURSTEP)

Effect of Ultrasonic Treatment on Some Physicochemical Properties and Mineral Composition of Table Olives

Melisa Özçelik[1,a], Alev Yüksel Aydar[1,b], Tuncay Yılmaz[1,c,*]

[1]*Manisa Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 45140, Manisa Türkiye*
[*]*Corresponding author*

ARTICLE INFO

Research Article

Received : 12.01.2025
Accepted : 07.04.2025

Keywords:
Mineral substance
Table olive
Sonication
Ultrasound
Phenolic compounds

ABSTRACT

This study investigated the impact of ultrasonic treatment on the mineral and physicochemical properties of table olives. Significant alterations in mineral concentrations due to sonication were observed. Calcium (Ca) content, initially 0.811% in the control group, decreased to 0.052%, 0.02%, and 0.013% after 15, 30, and 45 minutes of sonication at 10°C, respectively. Magnesium (Mg) content increased from 0.246% to 0.36% after 30 minutes of treatment at 10°C, whereas iron (Fe) remained stable around 0.001%. A substantial reduction in sodium (Na) content from 12568 mg/kg to 345 mg/kg after 15 minutes of sonication at 10°C was the most prominent result. Potassium (K) content significantly decreased from 7002 mg/kg to 3 mg/kg under the same conditions. Additionally, sonication resulted in a moisture content reduction of approximately 10% to 16% and improved extractability of oil from olives. The total phenolic content (TPC) varied according to ultrasonic conditions, with the highest value of 577 mg GAE/100g observed at 30°C after 30 minutes. In terms of color changes, evaluations indicated that ultrasonic treatment did not cause any significant alteration in the color of the olives. Sensory evaluations indicated minor variations in general acceptability depending on ultrasonic treatment temperatures and durations. Overall, ultrasonic treatment effectively modifies the mineral profile and physicochemical properties of olives, highlighting its potential for producing table olives with improved nutritional value and reduced sodium content.

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 13(5): 1248-1254, 2025

Ultrasonik Uygulamanın Sofralık Zeytinlerin Bazı Fiziko-Kimyasal Özellikleri ve Mineral Kompozisyonuna Etkisi

MAKALE BİLGİSİ

Araştırma Makalesi

Geliş : 12.01.2025
Kabul : 07.04.2025

Anahtar Kelimeler:
Mineral madde
Sofralık zeytin
Sonikasyon
Ultrases
Fenolik Bilesenler

ÖZ

Bu çalışma, ultrasonik işlemin sofralık zeytinlerin mineral ve fizikokimyasal özellikleri üzerinde önemli etkileri olduğunu ortaya koymuştur. Kontrol grubunda %0,811 olan kalsiyum (Ca) içeriği, 10°C'de 15, 30 ve 45 dakikalık ultrasonik işlem sonrası sırasıyla %0,052, %0,02 ve %0,013 değerlerine düşmüştür. Magnezyum (Mg) içeriği ise kontrol grubundaki %0,246'dan 10°C'de 30 dakikalık işlem sonunda %0,36'ya yükselmiştir. Demir (Fe) içeriği %0,001 civarında sabit kalmıştır. En dikkat çekici değişim sodyum (Na) içeriğinde gerçekleşmiş; kontrol grubunda 12568 mg/kg olan miktar 10°C'de 15 dakikalık işlem sonrası 345 mg/kg'a düşmüştür. Potasyum (K) miktarı da aynı işlem koşulunda 7002 mg/kg'dan 3 mg/kg'a gerilemiştir. Ayrıca ultrasonik işlem sonucunda zeytinlerin nem içeriğinde yaklaşık %10 ila %16 arasında azalma ve yağ ekstrakte edilebilirliğinde artış gözlemlenmiştir. Toplam fenolik madde içeriği (TPC) ultrasonik işlem koşullarına göre değişkenlik göstermiş olup, en yüksek değer 30°C'de 30 dakikalık işlemde 577 mg GAE/100g olarak tespit edilmiştir. Renk değişimi açısından yapılan değerlendirmelerde, ultrasonik uygulamanın zeytinlerin renginde belirgin bir değişikliğe neden olmadığı belirlenmiştir. Duyusal değerlendirme sonuçlarında ise genel kabul edilebilirlikte ultrasonik işlem sıcaklık ve sürelerine bağlı küçük farklılıklar gözlemlenmiştir. Sonuçlar, ultrasonik işlemin düşük sodyum içerikli sofralık zeytin üretiminde ve mineral kompozisyonunun iyileştirilmesinde etkili olduğunu ortaya koymaktadır.

[a] melisaozcelik8@gmail.com https://orcid.org/0000-0001-9835-5579
[b] alevyuksel.aydar@cbu.edu.tr https://orcid.org/0000-0001-9780-0917
[c] tuncayyilmaz86@gmail.com https://orcid.org/0000-0001-8756-2724

This work is licensed under Creative Commons Attribution 4.0 International License

Giriş

Zeytin (*Olea europaea* L.), Akdeniz bölgesine özgü, yüksek besin değeri ve sağlığa faydaları ile bilinen bir meyvedir. Zeytin ve zeytinyağı, Akdeniz diyetinin temel bileşenleri arasında yer alır ve bu beslenme biçimi, kalp-damar hastalıkları, diyabet ve bazı kanser türlerine karşı koruyucu etkileriyle tanınır. Zeytin, fenolik bileşikler, vitaminler, mineraller ve doymamış yağ asitleri bakımından zengin bir yapıya sahiptir (Gülcü & Demirci, 2008) Bu içerikler, zeytini yalnızca besin olarak değil, aynı zamanda geleneksel tıpta birçok hastalığın tedavisinde kullanılan bir ürün haline getirmiştir (Bayram & Özçelik, 2012; Gürbüz & Öğüt, 2018).

Zeytinlerin acılığı, içerdiği oleuropein adlı fenolik bileşikten kaynaklanır. Bu acılık, taze zeytinlerin doğrudan tüketimini engeller, bu nedenle zeytinler çeşitli işleme yöntemleriyle sofralık hale getirilir (Yıldız, 2021) İşleme yöntemleri, zeytinlerin acılığını azaltmak ve tatlandırmak amacıyla uygulanır, ancak bu süreçlerin çoğu, zeytinlerin tuz içeriğini artırır. Salamura, en yaygın zeytin işleme yöntemlerinden biridir ve %7 ile %20 arasında tuz içerir (Taş ve ark., 2008) . Tuz, zeytinlerin muhafaza edilmesi ve tatlandırılması için kullanılsa da, yüksek sodyum içeriği tüketim açısından bazı sağlık riskleri taşır. Dünya Sağlık Örgütü, günlük tuz tüketiminin 5 gramla sınırlandırılması gerektiğini belirtirken, bu miktarın aşılması durumunda hipertansiyon, kalp hastalıkları, böbrek sorunları ve osteoporoz gibi sağlık problemlerinin ortaya çıkabileceğini vurgulamaktadır (Baysal, 2016).

Zeytinlerin işlenmesinde kullanılan geleneksel yöntemler, zeytinin içerdiği mineraller üzerinde değişikliklere yol açabilmektedir. Özellikle kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), demir (Fe), sodyum (Na) ve potasyum (K) gibi mineraller, zeytinin besleyici değerini belirleyen önemli bileşenlerdir. Ancak geleneksel salamura ve benzeri yöntemler, bu mineral seviyelerini değiştirerek zeytinin genel besin profilini olumsuz yönde etkileyebilmektedir (Cillidag, 2013; Taş ve ark., 2008). Dolayısıyla zeytin işleme süreçlerinde mineral içeriklerinin korunması veya hedeflenen seviyelere getirilmesi, gıda kalitesi ve tüketici sağlığı açısından büyük önem taşımaktadır.

Yüksek tuz içeriği, zeytinlerin sağlık açısından sağladığı faydaların tam olarak elde edilmesini sınırlayabilmektedir Bu nedenle sofralık zeytinlerdeki sodyum miktarını azaltabilecek yeni işleme yöntemlerinin geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Son yıllarda gıda endüstrisinde sürdürülebilir ve yenilikçi bir teknoloji olarak öne çıkan ultrasonik işlemin, gıdaların besin değerini koruduğu ve işlem sürelerini önemli ölçüde kısalttığı kanıtlanmıştır. (Aydar & Özçelik, 2019). Ultrasonik işlem, yüksek frekanslı ses dalgalarının gıdalara uygulanmasıyla fiziksel ve kimyasal değişimlere neden olabilen yenilikçi bir teknolojidir. Bu yöntem, zeytinlerin tuz içeriğini ve buna bağlı olarak sodyum seviyesini düşürmek açısından etkili ve potansiyel bir çözüm olarak değerlendirilmektedir.

Bu çalışmada, ultrasonik işlemin farklı sıcaklık ve sürelerde zeytinlerin mineral içeriği üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Özellikle Na, K, Mg, Ca ve Fe mineralleri üzerinde odaklanılarak, bu yöntemle zeytinlerin sodyum içeriğinin düşürülmesi ve diğer minerallerin korunması veya artırılması hedeflenmiştir. Çalışma, ultrasonik işlemin zeytin işleme sürecindeki potansiyel uygulamalarını değerlendirerek, düşük sodyumlu ve yüksek besin değerine sahip sofralık zeytin üretiminde bir alternatif oluşturmayı amaçlamıştır.

Çalışmanın hipotezi, ultrasonik işlemin, zeytinlerin mineral profillerinde önemli değişikliklere neden olacağı ve bu değişikliklerin gıda işleme süreçlerinde istenilen mineral profillerine ulaşmada kullanılabileceğidir. Bu hipotez doğrultusunda, ultrasonik işlemin zeytin işleme süreçlerine entegrasyonunun, tüketici sağlığı açısından daha faydalı ve besleyici zeytinler üretmek için uygulanabilir bir yöntem olup olmadığını test etmeyi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Araştırmada kullanılan materyal, Manisa/Akhisar yöresinden temin edilen 2021/2022 hasat sezonuna ait işlenmiş Gemlik çeşidine ait siyah zeytinlerdir. Laboratuvar çalışmalarında kullanılan tüm kimyasallar analitik saflıktadır.

Ultrasonik Uygulama

Ultrasonik işlem, zeytinlerin 1:5 (katı-sıvı) oranında hazırlandığı ve farklı sıcaklıklar (10°C, 20°C ve 30°C) ile sürelerde (15, 30 ve 45 dakika) gerçekleştirilen bir banyo içerisine yerleştirilen beherler kullanılarak yapılmıştır.

Fizikokimyasal Analizler

Nem tayini, homojenize edilen zeytinlerin püre haline getirilmesi ve etüv cihazı kullanılarak sabit hale getirilmesiyle belirlenmiş, sonuçlar yüzde nem olarak ifade edilmiştir (Cemeroğlu, 2011; MEB, 2011). Kül tayini, nemi uzaklaştırılmış zeytinlerin 550°C'de kül fırınında yakılmasıyla gerçekleştirilmiştir (AOAC, 2000). Yağ tayini, nemi alınmış örneklerde sokselet yöntemiyle belirlenmiş ve yüzde olarak ifade edilmiştir (Kutlu & Şen, 2011). Renk analizi, renk cihazı kullanılarak zeytinlerin L*, a* ve b* değerlerinin ölçülmesi ve belirli bir denklemle hesaplanması ile gerçekleştirilmiştir (Erbay ve ark., 2010). pH tayini, homojenize edilen zeytinlerde daldırmalı pH probu ile ölçülmüştür (Susamcı, 2019). Toplam fenolik madde (TPC) analizi, metanol ile ekstrakte edilen zeytinlerin, Folin-Ciocalteu reaktifi kullanılarak spektrofotometre cihazında 765 nm dalga boyunda ölçülmesiyle yapılmış, sonuçlar kalibrasyon grafiği yardımıyla hesaplanmıştır (Özdemir ve ark., 2011). UV ışığında özgül soğurma değerleri (K232 ve K270) için, ekstrakte edilen yağlara süzme işlemi uygulanmış, ardından örnekler siklohekzan ile çözündürülmüş ve spektrofotometre cihazı ile 232 nm ve 270 nm dalga boylarında ölçümler yapılmış, sonuçlar denklem aracılığıyla hesaplanmıştır (Aydar, 2017). Mineral tayini ise İndüktif Eşleşmiş Plazma-Optik Emisyon Spektroskopisi (ICP-OES) ile yapılmış, sonuçlar kalibrasyon grafiği yardımıyla hesaplanmıştır (Daş, 2013; Yılmaz Çevik, 2015).

Duyusal Analiz

Panelistlerin beğeni düzeyini değerlendirmek için hedonik skala yöntemi kullanılmıştır. Panelistler, 20-50 yaş aralığında olan öğretim üyeleri ve yardımcılarından seçilmiştir (Kayguluoğlu, 2018).

İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analizler, elde edilen verilerin istatistiksel anlamlılığını belirlemek amacıyla yapılmıştır. Tüm analizler, Minitab® 16.1.1 programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Veriler, ortalama ± standart sapma olarak ifade edilmiştir. Faktörlerin etkilerini belirlemek için genelleştirilmiş lineer model seçilmiştir. Gruplar arasındaki farkların belirlenmesi için varyans analizi (ANOVA) uygulanmış ve anlamlı farklar Tukey testi ile tespit edilmiştir. Sonuçlar, $p<0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada, Manisa'nın Akhisar ilçesinden tedarik edilen işlenmiş Gemlik siyah zeytinlerin kompozisyonel ve fenolik madde analiz sonuçları incelenmiştir. İşlenmiş Gemlik siyah zeytinlerinin kontrol grubu fizikokimyasal verileri incelendiğinde kuru temelde nem değeri %46,01 ± 1,75, yağ değeri %29,47±0,48, kül değeri %1,86±0,96, pH değeri 5,2±0,23 ve TPC 601±11,7 GAE/100g olarak tespit edilmiştir. Literatürde farklı zeytin türlerinde yapılan çalışmalarda ham zeytinlerde fenolik madde içeriği 300-400 GAE/100g seviyelerinde bulunmuş olup bu değer ispanyol yöntemi ile işlenme sonrasında 89-225 GAE/100g seviyelerine indirilmiştir (Savaş, 2020). Ultrasonik yıkama işlemi uygulanan zeytinlerde yapılan fizikokimyasal analizlere ait sonuçlar Çizelge 1 de verilmiştir. Minitab programı kullanılarak oluşturulan genelleştirilmiş lineer model sonucunda hem tekli hem de ikili etkiler yanıtlar üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etki gösterdiği için ($p<0,05$) harflendirme yerine "contour plot (Kontür/Eş yükselti grafiği)" lar üzerinden sonuçlar değerlendirilmiştir (Şekil 1).

Ultrasonik yıkama süresi arttıkça, zeytinlerin nem içeriğinde belirgin bir azalma gözlemlenmiştir. 10°C'de, 15 dakikalık ultrasonik yıkama sonucu nem içeriği yaklaşık %10 oranında azalırken, 30 dakikalık uygulama %16'lık bir azalma sağlamıştır. Ancak, 45 dakikalık uygulamada bu azalma %8'e düşmüştür. 20°C'de, ilk 15 dakikada nem içeriğinde belirgin bir farklılık gözlemlenmezken, süre uzadıkça azalma gerçekleşmiştir. 30°C'de ise, ilk 15 dakikada yüksek oranda bir azalma gözlemlenirken, 45 dakikada en yüksek nem kaybı gerçekleşmiştir. Fernandes ve Rodrigues (2007) tarafından muz meyvesi üzerinde yapılan çalışmada, ultrases sonrası kurutma süresinde %10,3 azalma sağlandığı belirtilmiştir (Fernandes & Rodrigues, 2007). Benzer şekilde, Azoubel ve arkadaşlarının (2010) çalışmasında da kurutma süresi 50°C'de 138 dakika, 70°C'de 5 dakika azalmıştır. Bizim çalışmamızda da ultrasonik yıkama süresinin artışıyla nem içeriğinde azalma gözlemlenmiştir, ancak zeytinlerin başlangıçtaki su içeriği ve çalışma koşullarının farklı olması nedeniyle bulguların benzerlikler ve farklılıklar içerdiği gözlemlenmiştir (Azoubel ve ark., 2010).

10°C'de ultrasonik yıkama ile yağ içeriğinin ekstrakte edilebilirliğinde süreye bağlı belirgin bir değişim gözlemlenmemiştir. 20°C'de ilk 15 dakika, yağ içeriğinin ekstrakte edilebilirliğini artırırken, sonraki 15 dakika azalmıştır. 30°C'de ise ultrasonik yıkama süresi arttıkça, ekstrakte edilebilir yağ miktarında bir azalma gözlemlenmiştir.

Son ürünlerin kül içeriği değerlendirildiğinde, farklı sıcaklık ve sürelerde uygulanan ultrasonik işlemin kül içeriği üzerinde belirgin bir etkisinin olmadığı gözlemlenmiştir. Yıldız (2021) tarafından yapılan çalışmada da benzer sonuçlar raporlanmıştır (Yıldız, 2021).

Sarı (2017) tarafından yapılan çalışmada, 15 dakikalık ultrasonik yıkama sonrası zeytinlerin yağ içeriğinde bir artış gözlemlenirken, 30 ve 40 dakikalık uygulamalarda azalma meydana gelmiştir. Bu çalışma ile benzer şekilde, bizim çalışmamızda da ultrasonik yıkama süresinin artışıyla yağ içeriğinin ekstrakte edilebilirliğinde azalma gözlemlenmiştir. Ancak, Sarı'nın çalışmasında kullanılan sıcaklıklar ve ultrasonik frekanslar farklı olduğundan, yağ içeriğinde gözlemlenen farklılıklar da dikkat çekicidir (Sarı, 2017).

pH değerleri 4.53 – 4.89 aralığında değişmiştir. Yıldız (2021) tarafından gerçekleştirilen çalışmada da ultrases uygulamasının pH üzerinde herhangi bir etkisi olmadığı raporlanmıştır (Yıldız, 2021). Benzer şekilde, bu çalışmada da ultrasonik yıkamanın pH üzerinde belirgin bir etkisi gözlemlenmemiştir. UV absorpsiyon değerlerinde de sıcaklık ve süre arttıkça K232 ve K270 verilerinde yükselme gözlemlenmiştir, ancak bu artışlar belirgin seviyelerde olmamıştır. Türk Gıda Kodeksi (2017/26) ile uyumlu olduğu belirlenmiştir.

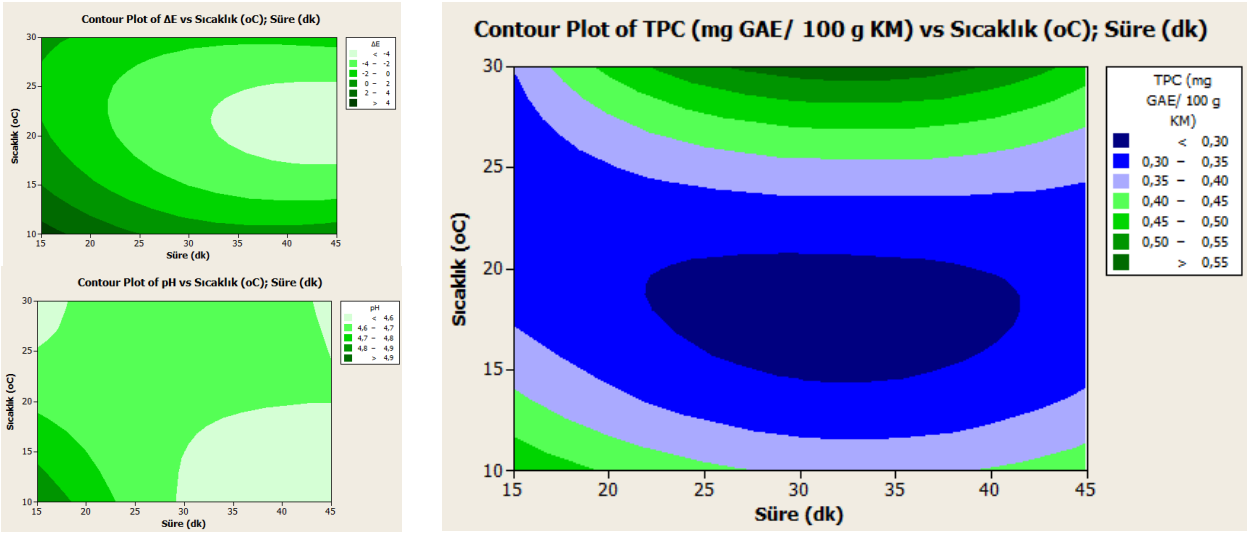
Çizelge 1. Ultrasonik uygulama sonrasında zeytinlere ait analiz sonuçları
Table 1. Analysis results of olives after ultrasonic treatment

Sıcaklık (ºC)	Süre (dk)	%Nem İçeriği	%Yağ İçeriği (KM)	ΔE	pH	TPC (mg GAE/ 100 g KM)
10	15	46,25 ± 0,07	51,08 ± 0,07	4,88 ± 0,01	4,89 ± 0,017	493 ± 11
10	30	40,35 ± 0,06	49,96 ± 0,13	1,22 ± 0,002	4,59 ± 0,009	394 ± 24
10	45	48,27 ± 0,08	50,76 ± 0,09	1,24 ± 0,003	4,53 ± 0,009	432 ± 5
20	15	56,88 ± 0,03	49,92 ± 0,11	0,28 ± 0,001	4,68 ± 0,015	322 ± 5
20	30	53,78 ± 0,08	41,55 ± 0,08	-3,55 ± 0,007	4,62 ± 0,009	292 ± 1
20	45	53,01 ± 0,11	50,78 ± 0,12	-4,76 ± 0,01	4,60 ± 0,009	315 ± 5
30	15	45,11 ± 0,13	51,97 ± 0,08	0,52 ± 0,001	4,55 ± 0,008	354 ± 2
30	30	50,36 ± 0,09	48,89 ± 0,14	-1,37 ± 0,003	4,69 ± 0,015	577 ± 4
30	45	40,04 ± 0,08	44,58 ± 0,11	-1,17 ± 0,002	4,57 ± 0,012	476 ± 15

Çizelge 2. Son ürünlerin 5 farklı mineral (Ca, Mg, Fe, Na, K) içeriği
Table 2. Mineral content (Ca, Mg, Fe, Na, K) of the final products

Sıcaklık (°C)	Süre (dk)	Sıcaklık x Süre	Kalsiyum (Ca)	Magnezyum (Mg)	Demir (Fe)	Sodyum (Na)	Potasyum (K)
Kontrol Grubu			0,81 ± 0,013	0,25 ± 0,004	0,009 ± 0	12,568 ± 0,203	7,00 ± 0,113
10	15	1015	0,52 ± 0,008^{d}	0,34 ± 0,005^{b}	0,010 ± 0^{a}	3,450 ± 0,156^{f}	0,03 ± 0^{e}
10	30	1030	0,20 ± 0,003^{e}	0,36 ± 0,006^{b}	0,010 ± 0^{a}	2,520 ± 0,041^{g}	0,01 ± 0^{e}
10	45	1045	0,13 ± 0,002^{e}	0,32 ± 0,005^{c}	0,010 ± 0^{a}	2,440 ± 0,039^{g}	0,01 ± 0^{e}
20	15	2015	0,62 ± 0,010^{d}	0,11 ± 0,002^{f}	0,005 ± 0^{b}	10,968 ± 0,177^{c}	5,59 ± 0,090^{c}
20	30	2030	0,72 ± 0,012^{c}	0,18 ± 0,003^{e}	0,008 ± 0^{a}	12,434 ± 0,001^{b}	6,16 ± 0,100^{a}
20	45	2045	0,82 ± 0,013^{b}	0,23 ± 0,004^{e}	0,003 ± 0^{c}	12,719 ± 0,018^{b}	6,03 ± 0,090^{b}
30	15	3015	0,70 ± 0,011^{c}	0,30 ± 0,005^{c}	*^{d}	5,600 ± 0,091^{e}	0,02 ± 0^{e}
30	30	3030	1,48 ± 0,024^{a}	0,28 ±0,005^{d}	0,010 ± 0^{a}	8,390 ± 0,136^{d}	0,01 ± 0^{e}
30	45	3045	0,75 ± 0,018^{c}	0,41 ± 0,006^{a}	0,010 ± 0^{a}	17,130 ± 0,207^{a}	0,06 ± 001^{d}

* "belirlenemedi" durumunu ifade etmektedir; Harflendirmeler Tukey testine göre oluşan farklılıkları göstermektedir.



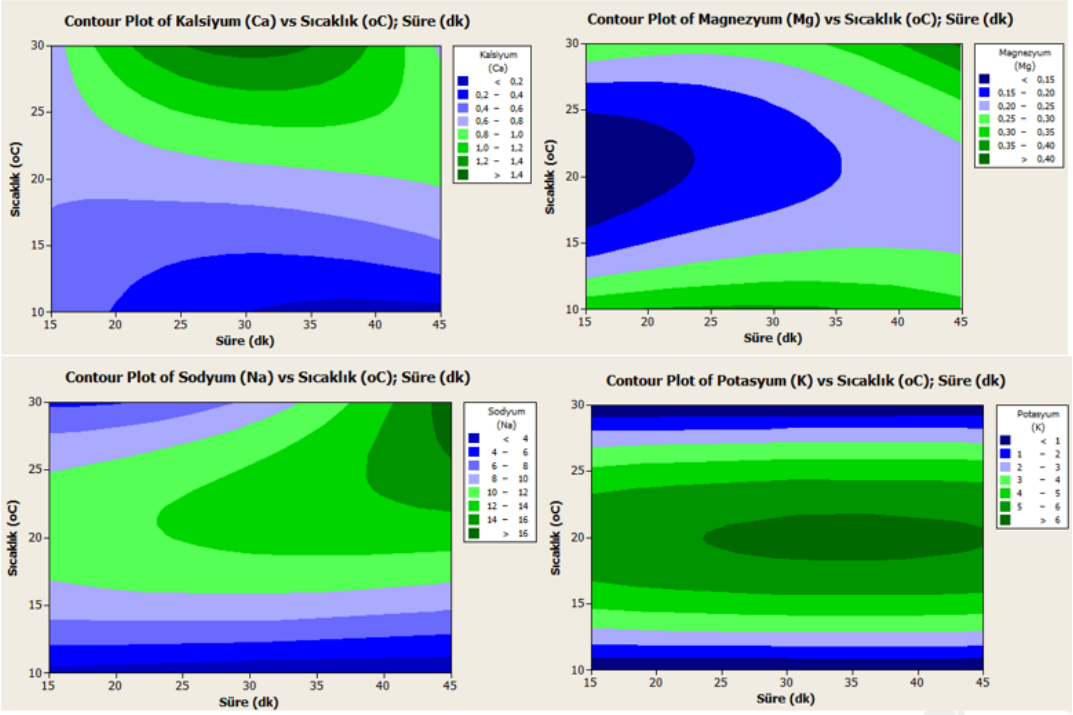
Şekil 1. Ultrason parametrelerinin yanıtlar üzerine etkisinin kontur grafikleri
Figure 1. Contour plots showing the effects of ultrasound parameters on responses

Toplam fenolik madde içerikleri değerlendirildiğinde, ultrases uygulamasının 10°C ve 20°C'de süre ile doğru orantılı olarak fenolik madde içeriğini azalttığı gözlemlenmiştir. Ancak, 30°C'de 15 ve 30 dakika arasında fenolik madde içeriği artarken, 45 dakika sonunda düşüş gözlemlenmiştir.

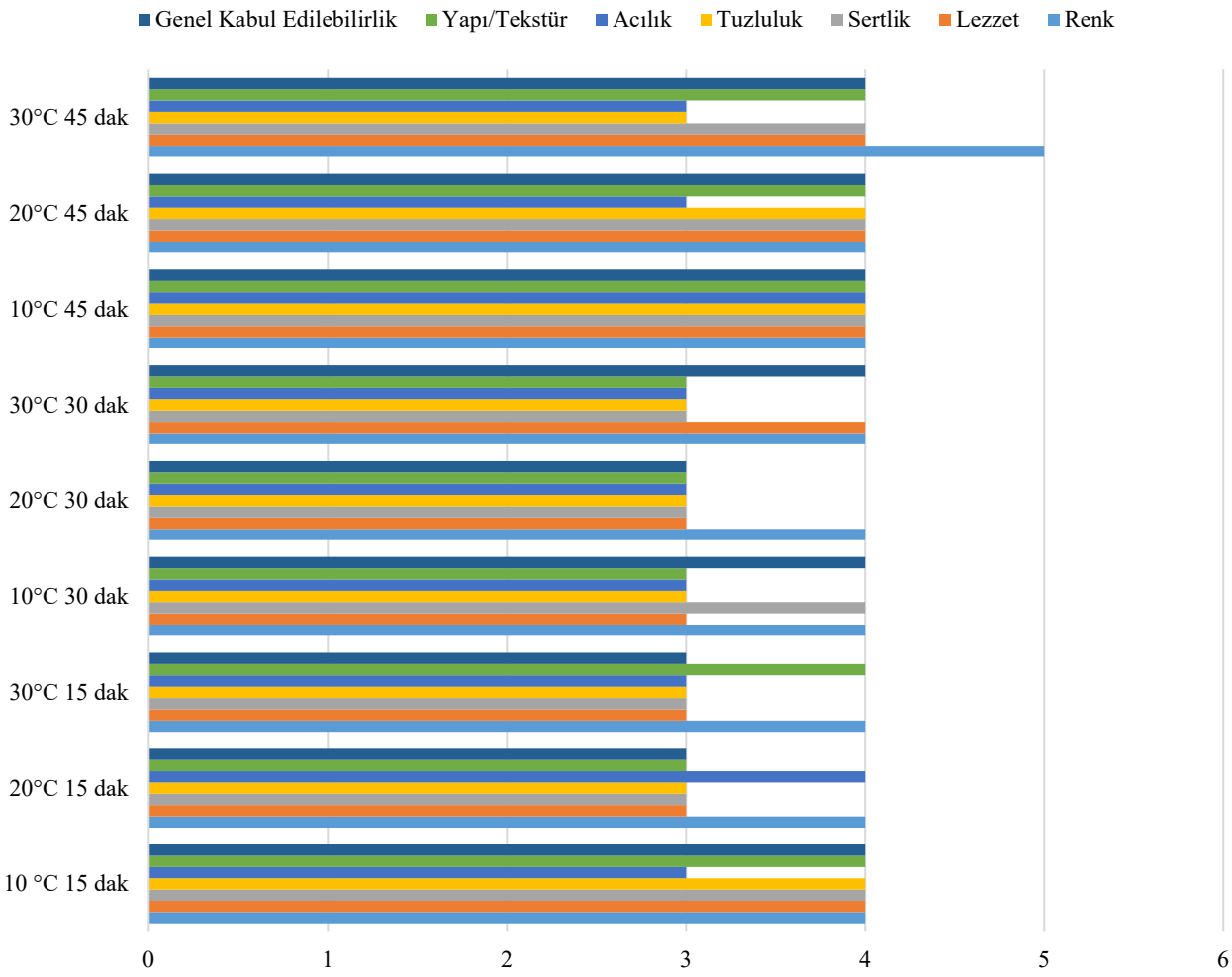
Jerman ve arkadaşlarının (2010) çalışmasında, zeytin meyvesinden fenolik bileşiklerin uzaklaştırılmasında ultrasonik sistemlerin geleneksel yöntemlere göre daha etkili olduğu belirtilmiştir. Özellikle, 20 dakika ultrasonik yıkama ve 20°C sıcaklıkta fenolik içerik uzaklaştırmada en yüksek verim elde edilmiştir. Bizim çalışmamızda da benzer şekilde, 30°C'de 30 dakikalık uygulama en yüksek fenolik madde içeriğini sağlamış, ancak süre uzadıkça bu değer azalmıştır. Bu durum, ultrasonik yıkamanın fenolik bileşiklerin stabilitesini etkileyebileceğini göstermektedir (Jerman ve ark., 2010). Khemakhem ve arkadaşları, zeytin yaprağındaki fenolik bileşiklerin ekstraksiyonunu araştırarak, bu bileşiklere ultrason uygulamasının etkisini incelemiştir. Çalışmada 5 farklı sıcaklık (10°C, 20°C, 30°C, 50°C ve 70°C) ve 2 farklı ekstraksiyon yöntemi (geleneksel ve ultrason destekli) kullanılmıştır. Sonuçlar, sıcaklık ile ekstraksiyon yöntemi arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla 10°C ve 70°C sıcaklık parametreleri seçilerek analiz edilmiştir. Çalışma, sıcaklık arttıkça ekstraksiyon süresinin kısaldığını ve daha fazla fenolik bileşik ekstrakte edildiğini ortaya koymuştur (Khemakhem ve ark., 2017).

Son ürünlerin mineral madde içeriği incelendiğinde, 10°C, 20°C ve 30°C'de işlem gören zeytinlerde Mg, Ca, Fe, Na ve K içeriklerinde azalma gözlemlenmiştir (Çizelge 2). Parametrelerin mineral madde içeriğine ait sonuçlar incelendiğinde sıcaklık ve sürenin ikili etkisi kalsiyum, magnezyum, demir ve sodyum üzerinde istatistiksel olarak anlamlı olarak bulunmuştur ($p<0,05$). Demir minerali üzerinde hiçbir etkinin istatistiksel önemi tespit edilememiştir. ANOVA sonuçlarına göre hem tekli hem de ikili etkiler yanıtlar üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etki gösterdiği için ($p<0,05$) harflendirme yerine "contour plot" lar üzerinden sonuçlar değerlendirilmiştir (Şekil 2). Ancak faktörlerin tekli etkileri yerine ikili etkileri (SıcaklıkxSüre) tek bir faktör olarak kabul edildiğinde ortaya çıkan dokuz farklı uygulamanın mineral kompozisyonuna üzerine etkileri ve bu etkiler sonucunda ortaya çıkan farklılaşma da Çizelge 2 de yer almaktadır.

Yıldız (2021) tarafından yapılan çalışmada, ultrason ve ozon uygulamalarının Na geçişini etkilediği, ancak fermantasyon sonrası mineral içeriklerinde belirgin bir değişiklik olmadığı raporlanmıştır.



Şekil 2. Ultrason parametrelerinin mineral madde içerikleri üzerine etkisinin kontur grafikleri
Figure 2. Contour graphs of the effects of ultrasound parameters on mineral substance contents



Şekil 3. Son ürün duyusal analiz sonuçları
Figure 3. Sensory evaluation results of the final product

Çalışmamızda da benzer şekilde, ultrasonik yıkama işleminin mineral içeriklerinde azalmaya neden olduğu, ancak Na ve Ca içeriği üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı gözlemlenmiştir (Yıldız, 2021).

Duyusal değerlendirme sonuçları incelendiğinde, en çok beğenilen ürünler 30°C'de 45 dakika ultrasonik yıkama yapılan örnekler iken, en az beğenilenler 20°C'de 30 dakika ultrasonik yıkama yapılan ürünler olmuştur. Ancak, genel olarak tüm ürünler arasında belirgin bir farklılık gözlemlenmemiştir (Şekil 3).

Sonuç

Gerçekleştirilen farklı sıcaklık ve sürelerdeki ultrasonik yıkamanın Gemlik çeşidi sele zeytinlerin nem içeriğini düşürdüğü gözlemlenmiştir. Sıcaklık açısından değerlendirildiğinde, nem içeriğini azaltma etkisi en çok 30°C'de gerçekleştirilen uygulamada belirginleşmiştir. Genel olarak, ultrasonik yıkamanın nem içeriğini azaltma etkisi, bilinen ve beklenen bir sonuç olarak ortaya çıkmıştır.

Yağ içeriği açısından değerlendirildiğinde, üç farklı sıcaklıkta gerçekleştirilen uygulamaların da yağın ekstrakte edilebilirliğini artırdığı görülmüştür. Literatürde, ultrasonik uygulamanın ekstraksiyon verimini artırdığı bilinmekte olup, bu sonuçlar da bu etkinin beklenen bir sonuç olduğunu doğrulamaktadır. Elde edilen yağlar, fikir vermesi amacıyla ultraviyole ışığında özgül soğurma değerleri açısından incelenmiş ve K232 ile K270 değerlerinin, sıcaklık ve süre arttıkça yükseldiği gözlemlenmiştir.

Renk değişimi açısından yapılan değerlendirmelerde, ultrasonik uygulamanın zeytinlerin renginde belirgin bir değişikliğe neden olmadığı belirlenmiştir. Ultrasonik uygulamanın renk değişimi üzerinde etkileri olabileceği bilinmekle birlikte, çalışmada kullanılan siyah işlenmiş zeytinlerde renk değişimi beklenmemektedir. Ancak, parlaklık değerinde bir düşüş beklenmiştir; bunun nedeni olarak da ultrasonik uygulamanın yağ uzaklaştırma etkisi nedeniyle parlaklığın azalması düşünülmüştür. Nitekim, son ürünlerin L* değeri incelendiğinde, parlaklığın azaldığı tespit edilmiştir.

Tüm sıcaklık ve süreler boyunca pH değerleri incelendiğinde, ultrasonik uygulamanın pH üzerinde belirgin bir etkisi olmadığı sonucuna varılmıştır.Duyusal değerlendirme açısından genel kabul edilebilirlik incelendiğinde, en çok beğenilen son ürünlerin 30°C'de 45 dakika ultrasonik yıkama yapılan örnekler olduğu; en az beğenilenlerin ise 20°C'de 30 dakika ultrasonik yıkama yapılan ürünler olduğu gözlemlenmiştir. Ancak, genel olarak kontrol grubu ile son ürünler arasında ve son ürünlerin birbirleriyle arasında belirgin bir fark saptanamamıştır.

Toplam fenolik madde içeriği açısından değerlendirildiğinde, 10°C ve 20°C'de gerçekleştirilen ilk 15 dakikalık ve ikinci 15 dakikalık ultrasonik uygulamaların fenolik madde içeriğinde düşük oranda bir azalma meydana getirdiği, üçüncü 15 dakikalık uygulama sonrasında ise fenolik madde içeriğinde artış gözlemlendiği belirlenmiştir. Bu durum, ultrasonik uygulamanın çift yönlü kütle transferini tetiklediği şeklinde yorumlanabilir.

Mineral içerikleri incelendiğinde, demir (Fe) içeriği çok düşük olduğu için değerlendirme dışı bırakılmıştır. 10°C'de gerçekleştirilen uygulamalarda magnezyum (Mg), potasyum (P) ve kalsiyum (Ca) değerlerinde genel olarak bir değişim gözlemlenmezken, sodyum (Na) değerinde ilk 30 dakika boyunca belirgin bir azalma görülmüştür. 20°C'de yapılan uygulamalarda ise demir (Fe), magnezyum (Mg) ve kalsiyum (Ca) değerlerinde herhangi bir değişim olmazken, sodyum (Na) ve potasyum (K) değerlerinde ilk 15 dakika içinde bir azalma, ikinci 15 dakikadan itibaren ise tersine kütle transferi ile bu elementlerin materyale geri geçtiği gözlemlenmiştir. 30°C'de yapılan uygulamalarda ise demir (Fe) ve magnezyum (Mg) değerlerinde belirgin bir farklılık gözlemlenmemiştir. Potasyum (K) ve kalsiyum (Ca) değerlerinde ilk 15 dakika boyunca yüksek oranda bir azalma gözlemlenmiş, devamındaki sürelerde ise ultrasonik mekanizmanın tetiklediği kütle transferi ile bu değerlerde bir artış tespit edilmiştir. Genel olarak değerlendirildiğinde, ultrasonik uygulamanın mineral uzaklaştırılmasını sağladığı, ancak bu uzaklaştırmanın farklı sıcaklıklarda ve sürelerde farklılık gösterdiği ve daha detaylı araştırmaya ihtiyaç duyulduğu sonucuna varılmıştır.

Sonuç olarak, bu çalışmada ultrasonik yıkamanın Gemlik siyah zeytinlerinin fizikokimyasal ve duyusal özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiş ve sonuçlar literatürdeki benzer çalışmalarla karşılaştırılmıştır. Bulgular, ultrasonik yıkamanın zeytinlerin bileşenleri üzerinde belirli etkiler yarattığını, ancak bu etkilerin sıcaklık, süre ve kullanılan zeytin çeşidine bağlı olarak değişiklik gösterebileceğini göstermektedir. Ayrıca, ultrasonik yıkamanın mineral içeriği ve fenolik madde içeriği gibi parametreler üzerinde önemli etkileri olduğu, ancak duyusal özelliklerde belirgin bir farklılık yaratmadığı sonucuna varılmıştır. Bu çalışmanın bulguları, zeytin işleme teknolojilerinde ultrasonik uygulamaların potansiyel faydalarını ve sınırlamalarını ortaya koymakta olup, ilerleyen çalışmalarda bu alandaki araştırmalar için yol gösterici niteliktedir.

Bilgilendirme

Etik Onay Belgesi

Bu çalışmada etik onay belgesine ihtiyaç bulunmamaktadır.

Yazar Katkı Beyanı

M.Ö., makaledeki çalışmalar için gerekli analizleri gerçekleştirmiştir, A.Y.A., konsept belirleme, temel analizlerin yapımı ve takibi ile veri analizlerinde görev almıştır, T.Y, makale kurgusu, projelendirme ve finansal destek süreçleri ile makale yazımında görev almıştır.

Fon Beyanı

Manisa Celal Bayar Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından "Sofralık Zeytinde Sonikasyon Uygulamasının Bazı Mineral Maddeler (Na, K, Mg, Ca, Fe) Üzerine Etkisi" isimli 2021-051 numaralı proje kapsamında desteklenmiştir.

Çıkar Çatışması

Yazarlar bu araştırma makalesinde herhangi bir kişi ve/veya kurum ile çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Kaynaklar

AOAC. (2000). *Official Methods of Analysis. Method 942.05*.

Aydar, A. Y. (2017). *Zeytinyağı Ekstraksiyonunda Ultrason Uygulamasının Yağın Verimi ve Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi*. Manisa Celal Bayar Üniversitesi.

Aydar, A. Y., & Özçelik, M. (2019). Zeytinlerin Tuzunun Giderilmesinde Ultrason Kullanımının Araştırılması. *3.Uluslararası Akademik Öğrenci Çalışmaları Kongresi, 14-15 Kasım*, 175-178.

Azoubel, P. M., Baima, M. do A. M., Amorim, M. da R., & Oliveira, S. S. B. (2010). Effect of ultrasound on banana cv Pacovan drying kinetics. *Journal of Food Engineering*, *97*(2), 194-198. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.10.009

Bayram, B., & Özçelik, B. (2012). Zeytinyağının Biyoaktif Bileşenleri ve Sağlık Üzerine Yararları. *Akademik Gıda Dergisi*, *10*(1), 77-84.

Baysal, A. (2016). Tuz Tüketimi ve Sağlık. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, *44*(3), 194-195.

Cemeroğlu, B. (2011). *Gıda Analizlerinde Genel Yöntemler* (ss. 1-18).

Cillidag, S. I. (2013). Table Olive Processing Technologies. *Options Méditerranéennes*, *106*, 67-74.

Daş, Ö. B. (2013). *ICP-OES Kullanılarak Bitkilerindeki Makro ve Mikro Elementlerin Birlikte Tayininde Çok Değişkenli Kalibrasyon Tekniklerinin Uygulanması*. Ankara Üniversitesi.

Erbay, B., Üçgül, İ., Küçüksayan, S., & Küçüköner, E. (2010). Physical , Sensorial , Color and Rehydration Properties of Dried Green Olive Slices. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, *14*(3), 246-250.

Fernandes, F. A. N., & Rodrigues, S. (2007). Ultrasound as pre-treatment for drying of fruits: Dehydration of banana. *Journal of Food Engineering*, *82*(2), 261-267. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.02.032

Gülcü, M., & Demirci, A. Ş. (2008). Zeytin ve Yaprağındaki Biyoaktif Bileşenler Ve Sağlık Üzerine Etkileri. *I.Ulusal Zeytin Öğrenci Kongresi 17-18 Mayıs*, *8*, 194-198.

Gürbüz, M., & Öğüt, S. (2018). Potential Health Benefits of Olive Leaf. *Turkiye Klinikleri Journal of Health Sciences*, *3*(3), 242-253. https://doi.org/10.5336/healthsci.2017-58346

Jerman, T., Trebše, P., & Mozetič Vodopivec, B. (2010). Ultrasound-assisted solid liquid extraction (USLE) of olive fruit (Olea europaea) phenolic compounds. *Food Chemistry*, *123*(1), 175-182. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.04.006

Kayguluoğlu, A. (2018). *Sofralık Siyah Zeytin Kalitesi Üzerine Acılık Giderme İşlemlerinin Etkisi*. T.C. Bursa Uludağ Üniversitesi.

Khemakhem, I., Ahmad-Qasem, M. H., Catalán, E. B., Micol, V., García-Pérez, J. V., Ayadi, M. A., & Bouaziz, M. (2017). Kinetic Improvement of Olive Leaves' bioactive Compounds Extraction by Using Power Ultrasound in A Wide Temperature Range. *Ultrasonics Sonochemistry*, *34*, 466-473. https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.06.010

Kutlu, E., & Şen, F. (2011). Farklı Hasat Zamanlarının Gemlik Zeytin (Olea europea L.) Çeşidinde Meyve ve Zeytinyağı Kalitesine Etkileri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, *48*(2), 85-93. https://doi.org/10.20289/eüzfd.59458

MEB. (2011). Gıda Teknolojisi Gıdalarda Nem ve Kuru Madde Tayini. İçinde *Gıda Teknolojisi* (s. 33).

Özdemir, Y., Özkan, M., & Kurultay, Ş. (2011). Olgunlaşmayla Gemlik Zeytininde Oluşan Fizikokimyasal Değişimler. *Bahçe*, *40*(2), 21-28.

Sarı, H. A. (2017). *Zeytinyağı Üretiminde Ultrases Uygulaması ve Yaprak İlavesinin Yağ Verim ve Kalitesi Üzerine Etkisi*. T.C. Pamukkale Üniversitesi.

Savaş, E. (2020). Influence of Spanish Style Processing on Antioxidant Properties of Turkish Green Table Olives. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, *22*(1), 216-227. https://doi.org/10.25092/baunfbed.680638

Susamcı, E. (2019). *Zeytinde Ağaçta Tatlanmayı Etkileyen Faktörler Üzerinde Araştırmalar*. T.C. Ege Üniversitesi.

Taş, E., Seven, Ü., & Güçer, Ş. (2008). Zeytin İşleme Teknolojilerinde Kalite Beklentileri. *I.Ulusal Zeytin Öğrenci Kongresi*, 132-135.

Yıldız, E. (2021). *Gemlik Çeşidi Siyah Sofralık Zeytinlerin İşlenmesinde Ultrases ve Ozon Uygulamalarının Etkileri*. T.C. Bursa Uludağ Üniversitesi.

Yılmaz Çevik, C. (2015). *Zeytin ve Zeytin Ürünlerinin Bazı Makro ve Mikro İnorganik Bileşenlerinin Analizi*. T.C. Adnan Menderes Üniversitesi.