



## Çekirdeksiz kuru zeytin kalite özellikleri üzerine ultrason, dondurma ve kurutma işlemlerinin etkileri

### The effects of ultrasound, freezing and drying on the quality characteristics of pitted dried olives

Melisa Özçelik <sup>1</sup> , Alev Yüksel Aydar <sup>2</sup> , Tuncay Yılmaz <sup>3,\*</sup> 

<sup>1,2,3</sup> Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 45140, Manisa Türkiye

#### Öz

Zeytin, sağlıklı beslenmenin önemli bileşenleri olan fenolik ve antioksidanlar vb. mikro besinlerce zengindir. Sofralık zeytin üretiminde, acılık etmeni bileşiklerin azaltılması için gerçekleştirilen uygulamalar kalite kaybına, son üründe tuz miktarının artmasına ve atık su oluşumuna sebep olmaktadır. Çalışma kapsamında, daha önce tekli ve başarılı uygulamaları olan sonikasyon, dondurma ve kurutma işlemlerinin bileşke etkileri, yüzey yanıt yöntemiyle incelenmiştir. Olgun Edremit çeşidiyle üretimi gerçekleştirilerek %nem, %DPPH (2.2- diphenyl- 1-picrylhydrazyl), renk ve dokusal özellikleri incelenmiştir. İşlenmiş zeytinlerde son ürün nem değeri üzerinde sonikasyon süresi, kurutma sıcaklığının ve etkileşimlerinin önemli ölçüde değişkenlik sağladığı gözlemlenirken; %DPPH değerinde tüm faktörlerin etkili olduğu bulunmuştur. Fiziksel özellikleri incelendiğinde, renk değişiminde en önemli etki sonikasyon süresi ve kurutma sıcaklığı, dokusal özelliklerin genelinde kurutma sıcaklığı en önemli faktör niteliği kazanmaktadır. Tüm durumlar değerlendirildiğinde yeni ürün olan kuru zeytin üzerinde sonikasyon süresi, dondurma sıcaklığı ve kurutma sıcaklığı gibi fiziksel uygulamalar fiziksel ve kimyasal özellikler üzerinde etki göstermektedir.

**Anahtar kelimeler:** Fiziksel yöntemlerle işleme, Zeytin fizikokimyasal özellikleri, Kuru zeytin

#### 1 Giriş

Zeytin (*OleaEuropaea L.*), zeytingiller (*Oleacea*) familyasına ait, tazeyken yeşil olgunlaştıkça kararar Akdeniz iklimine özgü, etli ve tek çekirdekli bir meyvedir. Sofralık zeytin ve zeytinyağı olarak işlenebilmektedir [1]. Zeytin yetiştiriciliği yapılan bölgeler; iklim seçiciliği nedeniyle ülkemiz dahil toplam 40 ülkenin dahil olduğu Akdeniz Havzası bölgesi iklim özelliklerini gösteren bölgelerde yetiştirilmektedir [2, 3]. Bu meyve; %76-80 et, %20-24 oranında da çekirdekten oluşmaktadır. Yağ içeriği %20-35 aralığındayken, şeker içeriği ise %2-6 oranındadır [4].

Zeytin meyvesinin tüketilebilir hale gelmesi için sofralık zeytin veya zeytinyağı olarak işlenmesi gerekmektedir [5].

#### Abstract

Olive is rich in phenolics and antioxidants, which are important components of a healthy diet. In the production of table olives, the applications carried out to reduce the bitterness-causing compounds cause quality loss, increase in the amount of salt in the final product and waste water formation. The combined effects of sonication, freezing and drying processes were investigated by the surface response method. It was studied with the mature Edremit variety and its % moisture, %DPPH (2.2-diphenyl-1-picrylhydrazyl), color and textural properties were examined. It was observed that sonication time, drying temperature and interactions provide significant variability on the final product moisture value. All factors were significant in %DPPH. The most important effect on color change is sonication time and drying temperature. Drying temperature is the most important factor in textural properties. It was found that sonication time, freezing temperature and drying temperature affect the properties of the dried olive.

**Keywords:** Physical processing, Olive physicochemical properties, Dried olives

Oleuropein; işlenmemiş zeytin ve zeytin ağacında bulunan, ham haldeki zeytine acı tat veren en yaygın fenolik bileşiktir. Acı tat kaynağı olan bu fenolik bileşik; elenolik asit ve hidroksitirosolün heterozidik esteridir [6]. Uygulanan işlemlerin amacı ise zeytin meyvesi ile ağacında baskın bulunan ve fenolik madde olan oleuropein maddesinin giderilmesidir [7].

Farklı olgunluk seviyelerinde toplanan zeytinler farklı yöntemlerle (İspanyol tipi, Kalamata tipi, Kaliforniya tipi, Sicilya tipi vb.) işlenerek yeşil ve siyah sofralık zeytinleri oluştururlar. Genel olarak salamura ile işlenen zeytinler; çeşitlerine ve elde edilmek istenen son ürünün yapısına göre içme suyu ile alkali ve/veya tuz kullanılarak 3-120 gün aralığında işlem görmekte ve 180 güne kadar fermantasyon uygulanarak işlenmektedir [8-10].

Kullanılan salamura çözeltileri ortalama %7-20 aralığında tuz içermektedir [11]. Bununla birlikte Dünya Sağlık Örgütü (WHO), tuz tüketiminin en fazla 5g/gün, sodyum alımının ise 2g/gün olması gerektiğini bildirip, değerlerin üzerinde tüketiminin ise; hipertansiyon, kalp-böbrek hastalıkları, obezite, diyabet, bazı kanser türlerine zemin oluşturduğunu ve kemik sağlığını olumsuz etkilediğini bildirmiştir [12]. Sağlıklı böbrek ve boşaltım sistemine sahip bireyler üzerinde gerçekleştirilen bir çalışmada; 24 saat içerisinde vücuttan atılan sodyum miktarı gün içerisindeki sodyum tüketime eş olduğu için toplumumuz üzerinde yapılan başka bir araştırmada bu hesaplama üzerinden gidilmiş, gün içerisinde kişi başı 16 g tuz tüketimi gerçekleştirildiği tespit edilmiştir [13]. Sağlık üzerindeki olumsuz etkiler tüketicileri düşük sodyum içerikli gıdalara yönlendirmektedir [14]. Dolayısıyla Akdeniz beslenme tipinin temelini oluşturan besinlerden zeytinin tüketimi, içeriğindeki tuz oranı yüzünden kısıtlanmaktadır. Alkali işleme yönteminde ise; %1.5-2 oranında hazırlanan kostik çözeltisi zeytin etinin 2/3'üne veya çekirdeğe işleyene kadar uygulanır. Ardından zeytinlerin pH'sı Türk Gıda Kodeksi Sofralık Zeytin Tebliği (Tebliğ No: 2014/33) [15] içeriğinde belirtilen sınır değerlerin altına indirilene kadar birçok kez yıkama-havalandırma işlemi uygulanır. Bu yıkama esnasında fazla miktarda su israf edilirken, yıkama sonrası açığa çıkan su ise çevre kirliliğine neden olmaktadır. Ayrıca siyah zeytinlerde, kostik uygulamasının ardından oluşan renk kaybını giderebilmek için ferro glukonat veya ferro laktat uygulaması yapılmaktadır. Bu uygulama sonrası pH yükselmesine karşı tekrar yıkama yapılmaktadır [16]. Sofralık siyah ve yeşil zeytin üretimi esnasında yapılan yıkamalar sonucu işleme yöntemine bağlı olarak farklı karakterizasyon ve miktarlarda atık sular açığa çıkmaktadır.

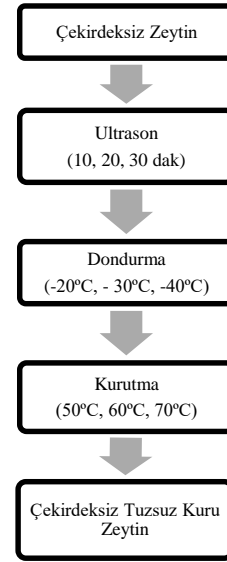
Tüm bu durumlar dikkate alındığında çevre dostu ve son üründe tuz kalıntı miktarını en aza indirebilecek işleme yöntemleri ile ilgili arayışlar önem kazanmaktadır. Ultrason ön işlemi bu kapsamda kayda değer öneme sahip bir "yeşil teknoloji" olarak değerlendirilebilmektedir. Ultrason, gıda endüstrisinde; yağ ve fenolik madde ekstraksiyonu, enzim ve mikrobiyal inaktivasyon, gaz giderme, köpük kırma, yüzey dezenfeksiyonu gibi çok geniş kullanım alanına sahip, çevre dostu ve ekonomik bir yöntemdir [17]. Bu çalışmada ultrason ile acılık bileşenlerinin yıkımı ve sulu ortama geçişini sağlayarak zeytinden uzaklaştırmak hedeflenmiştir. Donma-çözündürme işleminin gıdanın dokusal ve kimyasal yapısı üzerinde etkili olduğu bilinmektedir. Daha önce donma uygulaması denenilen zeytinlerde acılık bileşeninde %5-30 seviyesinde azalma olabileceği tespit edilmiştir [18]. Kurutma işlemi ise özellikle termal degradasyondan sorumlu temel mekanizmaları bünyesinde barındıran geleneksel bir muhafaza yöntemidir. Bu açıdan bakıldığında zeytinlerde uygulanması ile hem raf ömrü uzun ürün elde edilebilmesi hem de acılık bileşimlerinin yıkıma uğratılması mümkün görülmektedir. Yapılan çalışmalarda, acılığı azaltma için zeytinlere 30-50°C'de 72 saate kadar uygulanan ısı işlemi ile acılaştırma üzerinde özellikle 40°C'nin üzerine çıkmanın önemli etki sağladığı ve 24 saatlik muamelenin yeterli olabileceği belirtilmiştir [19].

Bu çalışmada yeni bir gıda olarak kuru zeytin üretimi gerçekleştirilirken sonikasyon, donma-çözünme ve kurutma gibi fiziksel yöntemlere başvurulmuş ve bu yöntemlerin son ürün nem, kül, toplam antioksidan aktivite, renk ve dokusal özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir.

## 2 Materyal ve yöntem

Bu çalışmada kullanılan potasyum iyodür, kloroform, sodyum karbonat, asetik asit, potasyum persülfat, Folin-Ciocalteu reaktifi, gibi standartlar ve kimyasallar analitik saflıkta Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, ABD)'ten temin edilmiştir.

Çalışma materyali olan Edremit çeşidi zeytinler, 2020-2021 hasat döneminde Akhisar-Manisa'da faaliyet gösteren yerel üretici firmadan çekirdeği çıkartılmış olarak temin edilmiş ve analiz sürecine kadar +4°C'de muhafaza edilmiştir. Üretim süreci Şekil 1'de gösterilmektedir.



Şekil 1. Çekirdeksiz kuru zeytin üretim akım şeması

### 2.1 Fizikokimyasal analizler

Numunelerde nem tayini, zeytin püresinin 105°C'de sabit ağırlığa getirildiği etüv yöntemi ile [20], protein tayini, 5.3 faktörü kullanılarak Kjeldahl yöntemi ile [21], yağ tayini kurutulmuş zeytinde çözgen olarak dietil eterin kullanıldığı katı-sıvı ekstraksiyon yöntemi ile [22], kül tayini ise 550°C'de krozede yakmaya tabi tutularak hesaplanmıştır [23]. Ürünlerin ilk ve son tuz miktarının belirlenmesi için ise tuz tayini yapılmıştır [24]. Olgunlaşma indeksini (OI) belirlemek için her kasanın rastgele seçilen 100 adet zeytin muayene edilmiştir (Uluslararası zeytin konseyi, COI/OH/Doc. No 1, 2011). Öncesinde örneklerin ekvatoryel bölgedeki renkleri kromometre (Konica Minolta Chromo Meter CR 5/Japonya) ile CIE L\*,a\* ve b\* renk sistemi kullanılarak ölçülmüştür [25]. Burada L\* parlaklığı, a\* yeşil-kırmızı eksenini, b\* ise mavi-sarı eksenini temsil etmektedir. Bu veriler üzerinden Denklem 1 kullanılarak renk indeksi (RI) hesaplanmıştır. Toplam renk değişimi ( $\Delta E$ ); son ürünün ham ürün ile karşılaştırılması prensibi kullanılarak Denklem 2 ile hesaplanarak belirlenmiştir [26].

$$RI = L^*(a^* - b^*)/100 \quad (1)$$

$$\Delta E = [(L_i^* - L_0^*)^2 + (a_i^* - a_0^*)^2 + (b_i^* - b_0^*)^2]^{1/2} \quad (2)$$

Zeytinlerde sertlik, esneklik, yapışkanlık, sakızimsılık ve çignenebilirlik özellikleri tekstür analiz cihazı (TA-XT Plus Texture Analyser Stable Micro Systems/ England) kullanılarak süre-kuvvet spektrumları yardımıyla; sertlik için [Denklem 3-a](#), esneklik için [Denklem 3-b](#), dayanıklılık için [Denklem 3-c](#), sakızimsılık için [Denklem 3-d](#) ve çignenebilirlik için [Denklem 3-e](#) kullanılarak belirlenmiştir [27-29]. Örneklerin boyutları ise dijital kumpas kullanılarak ölçülmüştür.

$$\text{Sertlik (N)} = \text{Güç, F değeri} \quad (3-a)$$

$$\text{Esneklik (mm)} = 2. \text{deformasyon noktası} / 1. \text{deformasyon noktası} \quad (3-b)$$

$$\text{Dayanıklılık} = 2. \text{sıkıştırma alanı} / 1. \text{sıkıştırma alanı} \quad (3-c)$$

$$\text{Sakızimsılık} = \text{Dayanıklılık} * \text{Sertlik} \quad (3-d)$$

$$\text{Çignenebilirlik} = \text{Sakızimsılık} * 2. \text{deformasyon noktası} / 4 \quad (3-e)$$

Antioksidan aktivite tayini DPPH yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemle göre; DPPH (2,2- diphenyl-1-picrylhydrazyl) radikali kullanılarak elde edilen örnekler spektrofotometrede 517nm dalga boyunda okunmuş, [Denklem 4](#) yardımı ile inhibisyon (%) olarak hesaplanmıştır. [30, 31]. [Denklem 4](#) kullanılarak yapılan hesaplamada  $A_c$ , kontrol absorbansı;  $A_s$ , örnek absorbansı olarak ifade edilmektedir

$$\text{İnhibisyon (\%)} = ((A_c - A_s)/A_c) * 100 \quad (4)$$

## 2.2 Fiziksel uygulamalar ve kuru zeytin üretimi

400 g çekirdeksiz zeytin/ 4 L saf su kullanılarak katı/sıvı 1:10 oranında sabit tutulan örnekler, ultrasonik banyo içerisinde (Elmasonic 50 kHz/Türkiye) farklı sürelerde (10, 20, 30 dak.) ultrasonik yıkama işlemine tabi tutulmuştur. Ultrason mekanizmasının kaviteasyon etkisini maksimum seviyede gözlemleyebilmek adına zeytinler, ultrasonik banyo içerisindeki sepete koyularak uygulama gerçekleştirilmiştir. Uygulama esnasında sıcaklık değişimi K-tipi ısı eşler kullanılarak kayıt altına alınmıştır. Yıkama işleminin ardından ultrasonik banyodan çıkarılan zeytinler kurutma kâğıdı kullanılarak yüzey sularından arındırılmıştır. Takip eden işlem olarak yıkama sonrası zeytinler, bireysel hızlı dondurucu (IQF) kullanılarak merkez sıcaklıkları -20°C, -30°C ve -40°C olacak şekilde dondurulmuş ve depolanmıştır. Dondurma işleminin ardından kurutma öncesi 10 dakika boyunca oda sıcaklığında bekletilerek çözünmesi sağlanan zeytinler, 1 m/s hava hızında farklı sıcaklıklarda (50°C, 60°C, 70°C) sanayi tipi tepsili kurutucu (Eksis Makine/Türkiye) kullanılarak nem içeriği %20-27 aralığına düşürülene kadar kurutulmuştur. Kurutma işlemi sonrası üretim aşamaları tamamlanan zeytinler, hedeflenen fiziksel

ve kimyasal analizler uygulanana kadar vakumlanarak +4°C'de muhafaza edilmiştir.

## 2.3 Deneme deseninin oluşturulması ve etkilerin analiz edilmesi

Kuru zeytin üretimi sırasında uygulanan fiziksel yöntemler ve bu fiziksel yöntemlerin farklı kademelerinin modellenmesi bir yüzey yanıt yöntemi (YYY) olan üç faktörlü-üç seviyeli Box-Behnken Dizaynı (BBD) ile oluşturulmuştur. Üretim basamağını etkileyen bağımsız değişkenler ultrasonik yıkama süresi ( $X_1$ ), dondurma sıcaklığı ( $X_2$ ) ve kurutma sıcaklığı ( $X_3$ ) olarak belirlenmiştir. Bağımsız değişkenlerin seviyesi  $X_1$ , 10- 20-30 dak;  $X_2$ , (-20°C)- (-30°C)- (-40°C);  $X_3$ , (50°C)- (60°C)- (70°C) olarak belirlenmiştir. Uygulanan deneysel tasarım 5 merkezi nokta içermek üzere toplam 17 deney noktasından oluşmaktadır. Yanıt yüzey yöntemi ile gerçekleştirilen modelleme kapsamında BBD ile elde edilecek deneysel verilerin ne gerçeklikte temsil edildiğini belirlemek için varyant analizi (ANOVA) yapılmıştır. Bu şekilde her bir parametrenin her bir yanıt üzerindeki lineer, interaktif ve kuadratik etkileri %95 güven düzeyi temel alınarak değerlendirilmiş ve yüzde grafikleri ile gösterilmiştir. Modelin matematiksel uyumunu tanımlayabilmek için, bu işlemde kullanılan “uyum eksikliği” teriminin etkisinin minimize olduğu ve regresyon katsayısının maksimum olduğu modeller değerlendirilmiştir. Optimizasyon için ise en yüksek regresyon katsayısı ( $R^2$ ) ve en düşük hata kareler ortalamasının karekökü (RMSE) değerli modeller ile çalışılmıştır. Modelin güvenilirliği ile olan etkileşimleri nedeniyle regresyon katsayısı ( $R^2$ ) ile düzeltilmiş regresyon katsayısı ( $Ad-R^2$ ) arasındaki fark incelenmiş, az olması dikkate alınmıştır [32-35]. Deney tasarımı ve verilerin analizi için Design Expert 11 paket programı kullanılmıştır.

## 3 Bulgular ve tartışma

Ayvalık çeşidi ham zeytinler üzerine yapılan bir çalışmada 3 farklı hasat grubu örnekler incelenmiş ve Uluslararası Zeytin Konseyi'nin belirttiği kriterler üzerinden değerlendirilmiştir. İlk hasat zeytinlerin olgunluk indeksi 0.8- 2.6 aralığında; ikinci hasat grubunun 1.9- 5.3 aralığında olduğu gözlemlenmiştir. İlk hasat grubu kabuk rengi yeşil ve sarımsı yeşil iken ikinci hasat grubu kabuk rengi ise sarımsı yeşil ve violet olarak yorumlanmıştır [36]. Çalışmada kullanılan çekirdeği çıkarılmış Edremit çeşidi zeytinlerin Uluslararası Zeytin Konseyi'nin belirlediği yöntem ile olgunlaşma indeksi 3.43 olarak tespit edilmiştir. Rengi ise sarımsı yeşil ve açık ton violet olarak yorumlanmıştır. Bu çalışmada ham örneklerde  $L^*$  değeri 21.58,  $a^*$  değeri 3.03,  $b^*$  değeri 1.97, (RI) değeri 0.229 olarak tespit edilmiştir. Uçkun ve Aksoy tarafından yapılan çalışmada (2020), çalışma materyali olarak Manisa ilinde yetiştirilmiş Edremit çeşidi zeytinlerin 4 farklı hasat grubu kullanılmıştır. Sonuçlar değerlendirildiğinde ilk hasatta  $L^*$  değeri 66.31,  $a^*$  değeri -21.16,  $b^*$  değeri 37.08; ikinci hasatta  $L^*$  değeri 55.10,  $a^*$  değeri -9.45,  $b^*$  değeri 27.75; üçüncü hasatta  $L^*$  değeri 45.31,  $a^*$  değeri 7.34,  $b^*$  değeri 16.40; son hasatta ise  $L^*$  değeri 29.20,  $a^*$  değeri 7.36,  $b^*$  değeri 12.42 olarak tespit edilmiştir. Renk incelemelerinin sonucunda ilk hasatta zeytinlerin yeşil renkte ardından hasat süresi uzadıkça  $L^*$  ve

b\* değerlerinde azalma, a\* değerinde artma gözlemlenmiş dolayısıyla kabuk renginin koyulaştığı hem görsel hem de mekanik olarak tespit edilmiştir. Bu çalışmada kullanılan zeytinler ise hasat döneminin sonunda tedarik edildiği için, Uçkun ve Aksoy'un bahsedilen çalışmasındaki (2020) son hasat grubundan daha düşük L\* değeri, dolayısıyla daha koyu olduğu düşünülmektedir. Mekanik doku özellikleri hesaplandığında; Sertlik 0.494 N, esneklik 1.025, yapışkanlık 1.029, sakızimsılık 0.508 ve çiğnenebilirlik 0.521 olarak ölçülmüştür. Fiziksel ölçümlerde elde edilen değerler son ürün fiziksel özellikleri belirlenirken referans değeri olarak dikkate alınmıştır, böylece renk değişimi ham zeytin verileri kullanılarak hesaplanmıştır.

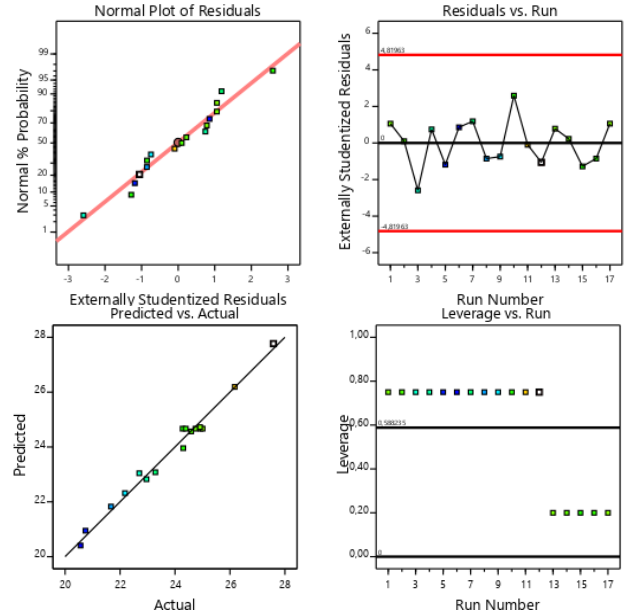
Çalışmada kullanılan zeytinlerin nem içeriği %60.13±0.15, kül içeriği %1.43±0.03, protein içeriği %2.22±0.55, yağ içeriği ise kuru temelde (KT) %31.43±1.15 olarak tespit edilmiştir. Sevim ve Tuncay tarafından yapılan çalışmada (2012) hasat dönemi 2008 yılının Eylül ayı olan Edremit (Ayvalık) çeşidi zeytinlerde nem içeriği %54.85 ±0.12, yağ içeriği 21.57 ± 0.11; 2009 yılının Kasım ayında hasat edilen yine aynı çeşit zeytinlerde ise %57.86±0.30, yağ içeriği 18.17± 0.26 olarak tespit edilmiştir [37]. Proje materyali olarak kullanılan Edremit çeşidi zeytinlerin nem ve yağ içeriği daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Bunun nedeni zeytin meyvesinin yetiştiği bölge, toprak ve iklim yapısı, hasat dönemi farklılığı olduğu düşünülmektedir. Protein içeriği ise yapılan bir başka çalışmada %2.0 olarak tespit edilmiştir [38]. Tuz tayini sonucu ham zeytin içeriğindeki tuz minerali oranı %0.675±0.47 (Tablo 1) olarak tespit edilmiştir. Bu değer eser miktarda tespit edildiği için ihmal edilebilir seviyededir. Farklı çeşit sofralık zeytinlerde yapılan çalışmada Ayvalık, Domat, Gemlik, Memecik ve Uslu çeşidi zeytinler hem ham hem de sofralık halleri incelenmiş ve bu 5 farklı çeşit ham zeytinde tuz tespit edilememiştir [4].

**Tablo 1.** Ham ve son ürün zeytine ait bazı kalite özellikleri

Örnek	Protein (% kt)	Yağ (% kt)	Tuz (% kt)
Ham zeytin	2.22±0.55	31.43±1.43	0.675±0.47
Son Ürün zeytin	3.65±0.25	49.19±3.45	0.0042±0.75

BBD deneme desenine göre yapılan tüm uygulamalar kapsamında, nem, renk değişimi, antioksidan madde ve doku özellikleri ile ilgili deneysel verilerin tamamı Tablo 3'de yer almaktadır. Son ürün nemi üzerinde ultrason, dondurma ve kurutmanın etkileri Tablo 2'de yer alan ANOVA tablosunda görülmektedir. Tabloya göre önerilen modeller arasından en uygun modelin kuadratik model olduğu görülmektedir. Tabloya göre elde edilen kuadratik model yüksek R<sup>2</sup> değerlerine sahip (>0.95). "Uyum eksikliği" değeri ise BBD için önemsiz (p>0.05) olarak tespit edilmiştir. Bu durum incelendiğinde; oluşturulan modelin matematiksel olarak uygunluğunun yeterli olduğu; bununla birlikte, gürültü seviyesinden kaynaklanan sapma riskinin de kabul edilebilir düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Parametrelerin etki büyüklüğü açısından bakıldığında sonikasyon süresi ve kurutma sıcaklığının en önemli varyasyon kaynağı olduğu görülmektedir. Model hakkında tanılayıcı analizler

incelendiğinde, seçilen modelin son ürün nem yüzdesini ifade etme noktasında yeterli seviyede güvenilir olduğu tespit edilmektedir (Şekil 2). Bu amaçla bakılan normal dağılım grafiği, kalıntıların normal dağılım gösterdiğini ifade etmektedir. Tahminlenen değerlerin deneysel veriler ile 45° açı oluşturacak nitelikte örtüştüğü dolayısıyla parametrelerin yanıt üzerine etkilerinin başarılı şekilde temsil edilebildiği görülmektedir. Yapılan değerlendirmeler sonunda uygun görülen model için hesaplanan katsayılar Tablo 2'de verilmektedir.



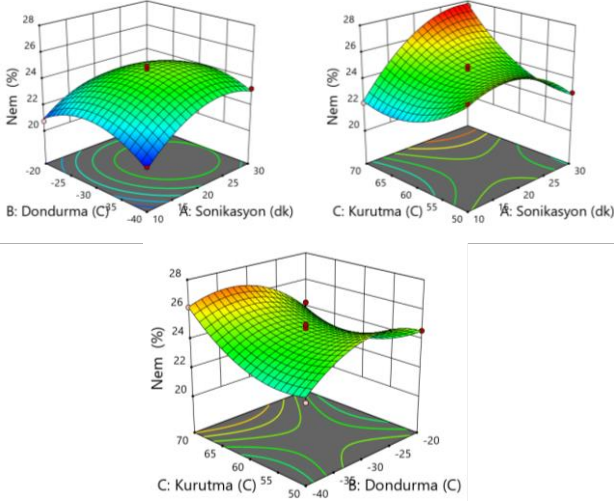
**Şekil 2** Son ürün nem değeri için seçilen modele ait tanılayıcı grafikler

**Tablo 2.** Tüm modellere ait regresyon katsayıları

	%Nem değeri	%DPPH değeri	Renk değişim (ΔE)	Çiğnenebilirlik
Sabit	+24.67	+50.55	+9.76	0.1994
A-Sonikasyon	+0.8881	+5.56	-2.09	-0.0955
B-Dondurma	-0.1774	+6.85	-1.12	2.7595
C-Kurutma	+0.6349	+8.48	+3.31	-6.74425
AB	-0.4478	-13.24	+0.0075	-2.5865
AC	+1.84	-	-1.71	3.9075
BC	-0.9398	+5.53	-3.03	-2.989
A <sup>2</sup>	-1.57	+7.83	-4.50	6.43055
B <sup>2</sup>	-1.54	-	-1.05	-2.36495
C <sup>2</sup>	+1.31	-	+3.20	9.27755

Son ürün nemi üzerinde ultrason süresi ve kurutma sıcaklığının etkili olması beklenen bir durumdur (Şekil 3). Bunun sebebi ultrason ön işlemi ile ilgili yapılan çalışmalarda ultrason etkisi ile ürün kuruma parametrelerinin etkilendiğinin tespit edilmesidir. Birçok çalışma bulgusuna göre sonikasyon süresi arttıkça oluşan doku deformasyonları kuruma hızını artırmaktadır. Aydar tarafından 2021 yılında yapılan çalışmada yeşil zeytin dilimlerine ultrason (0-5-10

dak ve mikrodalga (180W- 450W- 800W) uygulamalarının bir aradaki etkileri incelenmiş; çalışma sonucunda mikrodalga uygulamasına ön işlem olarak ultrason uygulamasının hem kurutma süresini azalttığı hem de ürün kalitesini arttırdığı tespit edilmiştir [39]. Yine aynı yazar tarafından yapılan başka bir çalışmada da ultrason ön işleminin mikrodalga kurutma üzerine etkisi incelenmiş; çalışmada kullanılan yeşil ve siyah zeytinlerin rehidrasyon yeteneğini arttırdığı ve kalite parametrelerini iyileştirdiği gözlemlenmiştir [40].



Şekil 3 Nem değeri modeli için YYY grafikleri

Muz meyvesi üzerine yapılan iki farklı çalışmada, kurutma kinetiği üzerine ultrason ön işlemi araştırmak için 25 kHz frekansta ve 30°C’de 10, 20 ve 30 dakika süre boyunca ultrason uygulanmıştır. 2007 yılında Fernandes ve Rodrigues tarafından gerçekleştirilen çalışmada ultrason

uygulamasının ardından 60°C’de kurutma işlemi uygulanmıştır. Çalışma sonucunda 20 dakika süre ile uygulanan ultrason ön işleminin, kurutma süresinde %10.3 azalma sağladığı gözlemlenmiştir[41]. Azoubel vd. tarafından gerçekleştirilen bir diğer çalışmada ise, muz meyvesine ultrason uygulamasının ardından 50°C’de ve 70°C’de kurutma işlemi uygulanmıştır. Çalışma çıktıları incelendiğinde 20 dakikalık ultrason işlemi sonrası 50°C’de kurutma işleminde 138 dakika; 70 °C’de kurutma işleminde ise 5 dakika süre azalma gözlemlenmiştir [42]. Ultrason ön işlemi; papaya meyvesinde %16, ananas meyvesinde yaklaşık %19, jambu meyvesinde %27.3 oranında kurutma süresini azalttığı tespit edilmiş; farklı meyve- sebzeler üzerinde yapılan çalışmalarda da benzer etkiler gösterdiği gözlemlenmiştir [43-47]. Son üründe antioksidan aktivite düzeyi olan %DPPH değerleri (Tablo 3) üzerinde ultrason, dondurma ve kurutmanın etkileri Tablo 4’te yer alan ANOVA tablosunda görülmektedir.

Tablo 4’e göre önerilen modeller arasında en uygun olanın kuadratik model olduğu tespit edilmiştir. “” değeri %DPPH için önemsizdir (p>0.05). Bu durum dikkate alınarak incelendiğinde oluşturulan modelin matematiksel olarak uygunluğunun yeterli olduğu sonucuna varılmıştır. Tanılayıcı grafikleri içeren Şekil 4’e göre tahminlenen değerlerin deneysel veriler ile 45° açı oluşturacak nitelikte örtüştüğü dolayısıyla parametrelerin yanıt üzerine etkilerinin başarılı şekilde temsil edilebildiği ortaya konmuştur. Kalıntıların kabul edilebilir bir seviyede değişkenlik gösterdiği görülmektedir. Leverage testinde sapmaların 1’den küçük olması modelin deneysel verilerle uyumluluğunu kanıtlamaktadır. Bu durumda kuadratik modelin %DPPH değerlerini tahminlemede yeterli güvenilirlikte olduğu sonucuna varılabilmektedir. Dolayısıyla antioksidan aktivite düzeyi için uygun görülen kuadratik modele ait katsayılar model verileri kullanılarak belirlenmiştir (Tablo 2).

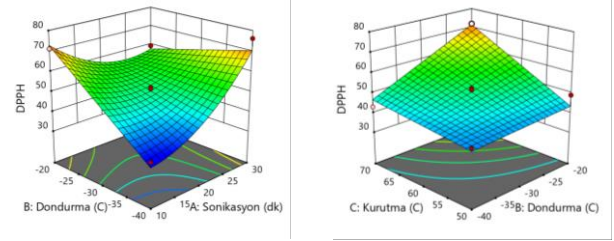
Tablo 3. Denemelere ait sonuçlar

No	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	%DPPH	%Nem	ΔE	Sertlik	Esneklik	Yapışkanlık	Sakazımsılık	Çiğnenebilirlik
1	10	-30	50	40.13	24.91	4.23	1.42	35.01	0.25	15.76	25.63
2	20	-20	50	49.01	24.59	10.96	1.19	36.00	0.09	10.83	19.50
3	20	-40	50	42.18	22.70	7.39	0.99	33.02	0.09	4.77	7.88
4	30	-30	50	50.35	22.96	4.92	2.62	29.42	0.44	30.15	20.00
5	10	-20	60	71.24	20.74	6.01	1.23	32.46	0.16	7.06	10.83
6	10	-40	60	35.22	20.56	8.04	0.55	10.55	0.02	0.31	0.27
7	30	-40	60	76.23	23.28	2.39	0.69	30.74	0.08	1.87	2.87
8	30	-20	60	59.28	21.67	0.39	0.83	28.60	0.10	2.16	3.09
9	10	-30	70	64.67	22.18	15.42	0.72	29.61	0.06	1.83	4.00
10	20	-20	70	71.94	24.30	10.37	0.48	10.12	0.05	0.43	0.36
11	20	-40	70	43.00	26.17	18.90	0.83	10.58	0.04	0.79	0.70
12	30	-30	70	69.91	27.58	9.26	1.26	31.57	0.42	9.43	14.00
13	20	-30	60	51.59	24.93	8.50	0.37	9.91	0.02	0.09	0.08
14	20	-30	60	46.61	24.75	10.64	0.85	10.00	0.03	0.18	0.10
15	20	-30	60	52.40	24.28	9.38	0.80	10.50	0.05	1.05	0.22
16	20	-30	60	51.64	24.39	8.63	0.95	10.09	0.07	1.20	0.50
17	20	-30	60	46.59	25.00	11.64	0.43	10.16	0.02	0.12	0.10

**Tablo 4.** Son ürün DPPH değerlerine ait kuadratik modellerin ANOVA tablosu

Varyasyon kaynağı	Kareler Toplamı	F-değeri	p-değeri
Model	2331.14	16.49	0.0006
A-Sonikasyon	247.33	18.89	0.0034
B-Dondurma	375.79	23.19	0.0019
C-Kurutma	575.84	37.68	0.0005
AB	701.34	42.58	0.0003
AC	6.28	0.4116	0.5416
BC	122.23	7.49	0.0291
A <sup>2</sup>	251.80	15.01	0.0061
B <sup>2</sup>	37.74	2.38	0.1669
C <sup>2</sup>	6.34	0.4163	0.5394
Kalıntı	143.71		
Uyum eksikliği	109.98	4.24	0.0982
Saf Hata	33.73		
Toplam	2474.85		
Ortalama vs Toplam	81619.94		
Lineer vs Ortalama	2034.66	4.57	0.0214
2FI vs Lineer	1287.50	6.68	0.0094
<b>Kuadratik vs 2FI</b>	<b>463.83</b>	<b>6.06</b>	<b>0.0233</b>
Kübik vs Kuadratik	135.86	4.24	0.0982
Değişim Katsayısı %	7.29		
R <sup>2</sup>	0.9550		
Adj R <sup>2</sup>	0.8971		
Pred R <sup>2</sup>	0.4349		
Yeterli kesinlik	12.9480		

Sonikasyon, dondurma ve kurutmanın her birinin önemli parametreler olduğu tespit edilmiş, ayrıca ikili etkiler arasında sonikasyon-kurutmanın bileşke etkisi dışındaki etkileşimler ile sonikasyon ve kurutmanın kuadratik etkileri de önemli bulunmuştur (Tablo 4). Zeytin yaprağında yapılan bir çalışmada ultrason uygulamasının hem fenolik hem antioksidan madde ekstraksiyon verimini arttırdığı dolayısıyla yaprak yüzeyinden daha çok antioksidan uzaklaşmasına imkan sağladığı belirlenmiştir [48].

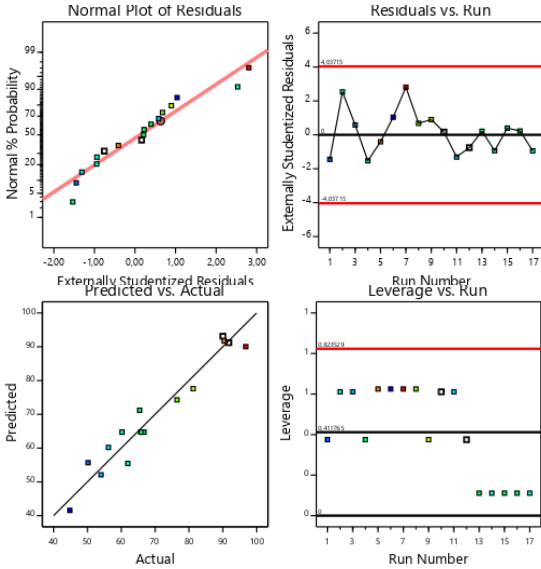


**Şekil 5** %DPPH değeri modeli için YYY grafikleri

Son ürün fiziksel özellikleri arasında belirleyici yanıtlar arasında yer alan ürün renk değeri değişimi üzerinde ultrason, dondurma ve kurutmanın etkileri Tablo 5'te yer alan ANOVA tablosunda verilmiştir.

**Tablo 5.** Son ürün renk değerlerine ait kuadratik modelin ANOVA tablosu

Varyasyon kaynağı	Kareler Toplamı	F-değeri	p-değeri
<b>Model</b>	<b>308.51</b>	<b>16.79</b>	<b>0.0006</b>
A-Sonikasyon	35.03	17.16	0.0043
B-Dondurma	10.10	4.95	0.0615
C-Kurutma	87.45	42.83	0.0003
AB	0.0002	0.0001	0.9919
AC	11.73	5.75	0.0477
BC	36.60	17.93	0.0039
A <sup>2</sup>	85.20	41.73	0.0003
B <sup>2</sup>	4.65	2.28	0.1750
C <sup>2</sup>	43.09	21.11	0.0025
Kalıntı	14.29		
Uyum eksikliği	6.97	1.27	0.3977
Saf Hata	7.32		
Toplam	322.80		
Ortalama vs Toplam	1272.23		
Lineer vs Ortalama	132.58	3.02	0.0682
2FI vs Lineer	48.33	1.14	0.3812
<b>Kuadratik vs 2FI</b>	<b>127.60</b>	<b>20.83</b>	<b>0.0007</b>
Kübik vs Kuadratik	6.97	1.27	0.3977
Değişim Katsayısı %	16.52		
R <sup>2</sup>	0.9557		
Adj R <sup>2</sup>	0.8988		
Pred R <sup>2</sup>	0.6191		
Yeterli kesinlik	16.7543		

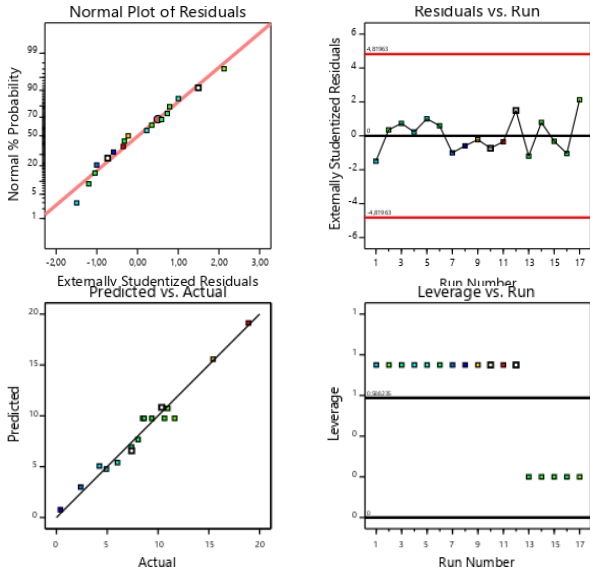


**Şekil 4** Son ürün %DPPH değeri için seçilen modele ait tanılayıcı grafikler

Sonikasyon süresi, dondurma sıcaklığı ve kurutma sıcaklığının %DPPH üzerine etkilerini gösteren yüzey grafikleri ve kontör grafikleri Şekil 5'te verilmektedir.

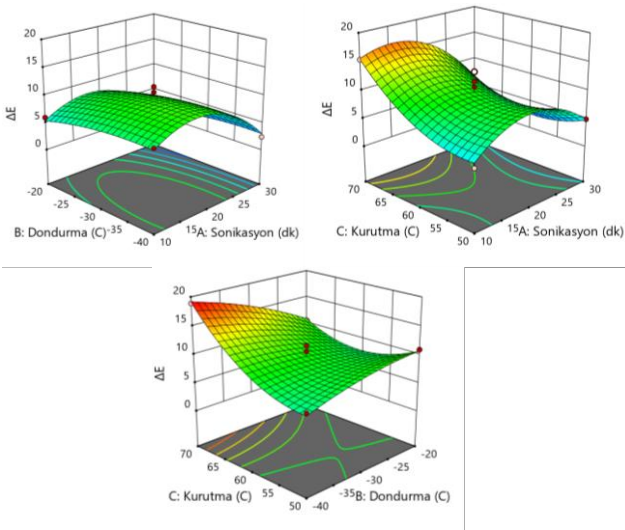
Tabloya göre önerilen modeller arasında en uygun modelin kuadratik model olduğu bulunmuştur. Ayrıca elde edilen kuadratik model yüksek  $R^2$  değerlerine sahiptir ( $>0.95$ ). Ancak “uyum eksikliği” değeri bu model için önemsizdir ( $p>0.05$ ). Oluşturulan model, matematiksel olarak uygunluğu yeterli, gürlü seviyesinden kaynaklanan sapma riskinin de kabul edilebilir düzeyde olduğu tespit edilmiştir.

Ayrıca tahminlenen değerlerin deneysel veriler ile  $45^\circ$  açı oluşturacak nitelikte örtüştüğü dolayısıyla parametrelerin yanıt üzerine etkilerinin başarılı şekilde temsil edilebildiği grafikte görülmektedir (Şekil 6).



Şekil 6 Son ürün renk değişim değeri için seçilen modele ait tanılayıcı grafikler

Parametrelerin etki büyüklüğü açısından bakıldığında sonikasyon süresi ve kurutma sıcaklığının en önemli varyasyon kaynağı olduğu görülmektedir (Tablo 5, Şekil 7).



Şekil 7 Renk değişim değeri modeli için YYY grafikleri

Gemlik çeşidi zeytinler üzerine yapılan bir çalışmada, ham zeytinler 3 gruba ayrılıp 7 gün boyunca ilk grup işlemsiz, ikinci grup sadece ultrason, üçüncü grup ise ultrason+ozon uygulamasına tabii tutulmuştur. Ardından 2 farklı karakterde hazırlanan salamura çözeltilerinde fermantasyona bırakılmış ve her aşamada renk değişimleri gözlemlenmiştir. Çalışma sonucunda parlaklık değeri ( $L^*$ ) üzerine salamura çözeltilerinin, muamele tipinin (ultrason veya ultrason+ozon uygulaması) veya muamele tipi ile salamura çözeltilerinin kombinelerinin herhangi bir etkisi bulunmadığı gözlemlenmiştir. Kırmızılık-yeşillik(a) ve sarılık-mavilik(b) değerleri incelendiğinde ise; salamura bileşimi, geçen süre ve muamele tipleri (sadece ultrason veya ultrason+ozon uygulaması) arasındaki tekli, ikili ve üçlü kombinasyonların hepsinin etkisi önemli bulunmuştur [49]. Kayguluoğlu (2018) tarafından yapılan çalışmada ise farklı senelerde (2016-2017) hasat edilen Gemlik çeşidi siyah zeytinler üzerinde iki farklı sıcaklık ( $-18^\circ\text{C}$  ve  $-25^\circ\text{C}$ ) ve iki farklı dondurma uygulaması (depolama ve bireysel hızlı dondurma- IQF) incelenmiştir. Örneklerin renkleri kendi içinde siyah, siyah-gri, gri-kahverengi, kahverengi-açık kahverengi ve açık kahverengi olarak kategorilendirilmiş ve dondurma uygulamalarının ve depolama sıcaklığının renk üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

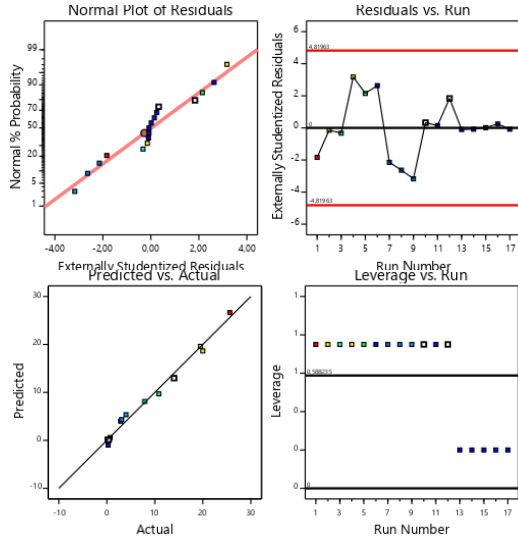
Son ürün doku özelliklerinden sertlik, esneklik, yapışkanlık, sakızimsılık ve çignenebilirlik değeri üzerinde ultrason, dondurma ve kurutmanın etkileri Tablo 6’da yer alan ANOVA tablosunda görülmektedir.

Model uygunluğu açısından çignenebilirlik için geliştirilen model yeterli güvenilirlikte bulunmuş olup Tablo 6’da modellere ve diğer değerlere ait önem dereceleri verilmiştir. Bu durumda sertlik, esneklik ve yapışkanlık üzerinde kurutma sıcaklığının en önemli faktör olduğu ( $p<0.05$ ), ayrıca yapışkanlık üzerinde de sonikasyon süresinin dikkate alınır bir etkisi olduğu görülmektedir. Tablo 6’ya göre çignenebilirliğin tanımlanması açısından önerilen modeller arasında en uygunu kuadratik model olarak görülmektedir. Ayrıca tabloya göre elde edilen kuadratik model sadece çignenebilirlik özelliği için yüksek  $R^2$  değerlerine sahiptir ( $>0.95$ ). Sertlik, esneklik, sakızimsılık ve yapışkanlık özellikleri için ise lineer modelin daha uygun olabileceği düşünülmektedir. “uyum eksikliği” değeri incelendiğinde; çignenebilirlik, esneklik, sakızimsılık ve yapışkanlık değerleri için kritik seviyede önemli ( $p<0.05$ ), sertlik için ise kısmen önemsiz olduğu ( $p>0.05$ ) tespit edilmiştir. Bu durum oluşturulan modellerin hiçbirinin yeterli güvenilirlikte olmadığını, dolayısıyla modellerden kaynaklı uyumsuzluk sebebiyle parametrelerden bağımsız varyasyonlar oluşabileceğini göstermektedir. Araştırmamızın hedefini sağlamak adına çignenebilirliğe ait modelin tanılayıcı grafikleri daha detaylı incelenmiştir.

Tanılayıcı grafikleri içeren Şekil 8’e göre çignenebilirlik için tahminlenen değerlerin deneysel veriler ile  $45^\circ$  açı oluşturarak örtüştüğü dolayısıyla parametrelerin yanıt üzerine etkilerinin başarılı şekilde temsil edilebildiği grafikte görülmektedir.

**Tablo 6.** Son ürün doku değerlerine ait kuadratik modellerin ANOVA tablosu

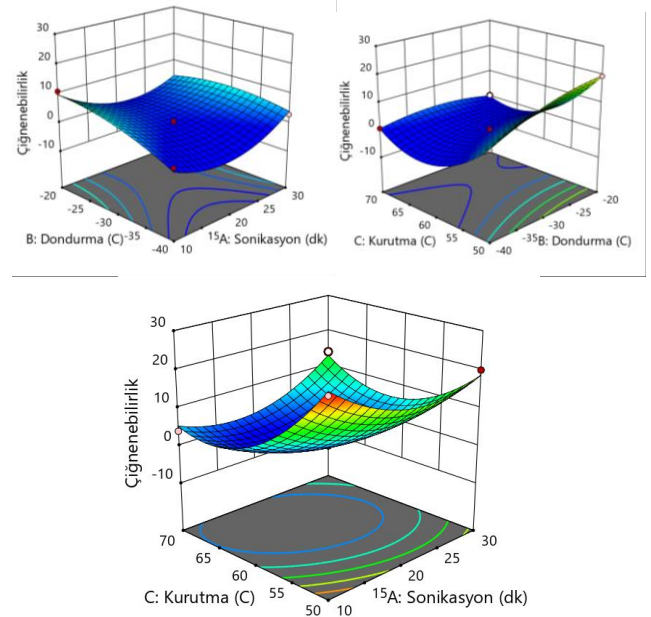
Varyasyon kaynağı	Çiğnenebilirlik			Sertlik	Esneklik	Sakızmsılık	Yapışkanlık
	Kareler Toplamı	F-değeri	p-değeri	p-değeri	p-değeri	p-değeri	p-değeri
Model	1122.40	74.86	< 0.0001	0.1253	0.0448	0.0222	0.0456
A-Sonikasyon	0.0730	0.0438	0.8402	0.2206	0.5404	0.1740	<b>0.0504</b>
B-Dondurma	60.92	36.57	<b>0.0005</b>	0.5647	0.2961	0.3359	0.4898
C-Kurutma	363.88	218.44	< 0.0001	<b>0.0327</b>	<b>0.0348</b>	<b>0.0053</b>	0.2608
AB	26.76	16.06	0.0051	0.5138	0.1286	0.4835	0.4926
AC	61.07	36.66	0.0005	0.4277	0.6055	0.4616	0.3424
BC	35.74	21.45	0.0024	0.5055	0.8122	0.4855	0.9622
A <sup>2</sup>	174.11	104.52	< 0.0001	0.0788	0.0088	0.0223	0.0107
B <sup>2</sup>	23.55	14.14	0.0071	0.2376	0.3723	0.1104	0.0685
C <sup>2</sup>	362.41	217.56	< 0.0001	0.0550	0.0323	0.0092	0.0204
Kalıntı	11.66						
Uyum eksikliği	11.54	122.43	0.0002	0.1167	< 0.0001	0.0002	0.0049
Saf Hata	0.1256						
Toplam	1134.07						
Ortalama vs Toplam	713.51	2.60	0.0970	0.1616	0.3785	0.1051	0.4343
Lineer vs Ortalama	424.87	0.7034	0.5714	0.8196	0.7750	0.9080	0.9196
2FI vs Lineer	123.57	<b>114.85</b>	< 0.0001	<b>0.0693</b>	<b>0.0133</b>	<b>0.0109</b>	<b>0.0102</b>
<b>Kuadratik vs 2FI</b>	<b>573.96</b>	122.43	0.0002	0.1167	< 0.0001	0.0002	0.0049
Küçük vs Kuadratik	11.54	2.60	0.0970	0.1616	0.3785	0.1051	0.4343
Değişim Katsayısı %	19.92			40.79	32.21	84.7	69.98
R <sup>2</sup>	0.9897			0.7590	0.8317	0.8664	0.8307
Adj R <sup>2</sup>	0.9765			0.4492	0.6153	0.6947	0.6131
Pred R <sup>2</sup>	0.8371			-1.9444	-1.6916	-1.1201	-1.5819
Yeterli kesinlik	27.9223			6.0217	5.2340	8.1181	6.3467



**Şekil 8** Çiğnenebilirlik değeri için seçilen modele ait tanılayıcı grafikler

Ayrıca kalıntıların belirli bir seviyede değişkenlik göstermesine karşın Leverage testinde sapmaların 1'den küçük olması modelin deneysel verilerle uyumluluğunu göstermekte ve bu durum modelin yeterli seviyede güvenilir olduğunu ispatlamaktadır. Yapılan değerlendirmeler

sonunda uygun görülen model için hesaplanan katsayılar Tablo 2'de, yüzey grafikleri ise Şekil 9'da verilmektedir.



**Şekil 9** Çiğnenebilirlik değeri modeli için YYY grafikleri



2016 ve 2017 yıllarında hasat edilen Gemlik çeşidi siyah zeytinler üzerinde yapılan çalışmada zeytinlere iki farklı dondurma uygulaması gerçekleştirilmiştir. Hasat bölgeleri aynı olmasına rağmen seneleri farklı olduğu için 2016 hasat yılında temin edilen zeytinlere uygulama yapıldıktan sonra, tane etinde yumuşama ve kabuk ayrılması gözlemlendiği için 2017 hasat yılında temin edilen zeytinlere dondurma uygulaması ön işlemleri olarak 15 saat boyunca 0.5% CaCl<sub>2</sub> içerikli solüsyonda bekletilmiştir. Her iki hasat dönemindeki zeytinlerin bir kısmı -18°C ve -25°C depolarda, diğer kısmı ise yine aynı sıcaklıklara IQF (bireysel hızlı dondurucu) kullanılarak dondurulmuştur. Ardından tüm zeytinler 90 gün depolanıp salamura ve yağlı sele olarak işlenmiştir. Zeytinlerin dokusu kesme kuvveti üzerinden incelenmiş ve araştırma sonucunda tıpkı bu çalışmada da olduğu gibi dondurma uygulamasının sertlik üzerinde herhangi bir etkisi olmadığı sonucuna varılmıştır [18]. Bu durum kurutma öncesinde uygulanan çözdürme işlemi ve sonrasında kurutma ile yapıda oluşan sıkışmanın sadece dondurma etkisi ile olacak dokusal farklılığın gölgelemesi şeklinde yorumlanabilir.

#### 4 Sonuç

Çalışmada kullanılan çekirdeği çıkarılmış Edremit çeşidi zeytinlerin Uluslararası Zeytin Konseyi'nin belirlediği yöntem ile olgunlaşma indeksi 3.43 olarak tespit edilmiştir bu değer olgun zeytin sınıfına karşılık gelmektedir. Bu çalışmada ham örneklerde L\* değeri 21.58, a\* değeri 3.03, b\* değeri 1.97, RI değeri 0.229 olarak tespit edilmiştir. Mekanik doku özellikleri hesaplandığında; Sertlik 0.494 N, esneklik 1.025, yapışkanlık 1.029, sakızimsılık 0.508 ve çignenebilirlik 0.521 olarak ölçülmüştür. Ayrıca ham zeytinlerin nem içeriği %60.13±0.15, kül içeriği %1.43±0.03, protein içeriği %2.22±0.55, yağ içeriği ise kuru temelde %31.43±1.15 olarak tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında, ultrason uygulaması, farklı sıcaklıklarda dondurma işlemi ve farklı sıcaklıklarda kurutma işlemi gibi birtakım fiziksel uygulamalar, yüzey yanıt yöntemi ile oluşturulmuş deneme deseni kullanılarak değerlendirilmiştir. Elde edilen ANOVA tabloları ile parametrelerin kuru zeytin kalite özelliklerinden nem, %DPPH, renk ve dokusal özellikleri üzerindeki etkileri modellenmiştir. Bu kapsamda belirtilen kalite özelliklerinin, geliştirilen kuadratik modellerle yeterli güvenilirlikte tanımlanabildikleri ortaya konulmuştur. İşlenmiş zeytinlerde son ürün nem değeri üzerinde sonikasyon süresi ve kurutma sıcaklığının ve etkileşimlerinin önemli ölçüde değişkenlik sağladığı tespit edilirken; %DPPH değerinde tüm faktörler etkili olmaktadır. Ayrıca kuru zeytin fiziksel özellikleri analiz edildiğinde, renk değişimi üzerinde en önemli etki sonikasyon süresi ve kurutma sıcaklığı iken, dokusal özelliklerin genelinde kurutma sıcaklığı en önemli faktör niteliği kazanmaktadır. Tüm bu durumlar dikkate alındığında yeni bir ürün olarak kuru zeytin üzerinde sonikasyon süresi, dondurma sıcaklığı ve kurutma sıcaklığı gibi fiziksel uygulamalar hem fiziksel hem de kimyasal özellikler üzerinde etki göstermektedir.

#### Teşekkür

Bu makale TÜBİTAK 1200310 numaralı proje kapsamında üretilen veriler kullanılarak hazırlanmıştır. Çalışma materyali olan zeytin meyvelerinin tedariki Aydar Zeytincilik Ltd. Şti. tarafından sağlanmıştır.

#### Çıkar çatışması

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir

#### Benzerlik oranı (iThenticate): %3

#### Kaynaklar

- [1] G. N. Kara, Z. Y. Özbaş, Sofralık zeytin üretiminde doğal maya florasının önemi. *Gıda*, 38 (6), 375–382, 2013. <https://doi.org/10.5505/gida.2013.08108>.
- [2] M. T. Özkaya, R. Tunahöğlü, Ş. Eken, M. Ulaş, M. Tan, A. Danacı, N. İnan ve Ü. Tibet, Türkiye zeytinciliğinin sorunları ve çözüm önerileri. *Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi*, sayfa 1–27, Ankara, Türkiye, 11-15 Ocak 2010.
- [3] E. Sakar, B. E. Ak ve İ. Odabaşoğlu, Güneşin doğduğu Harran'da güneş bitkisi zeytin yeniden doğuyor, Şanlıurfa, Türkiye, Fizibilite raporu. 2020.
- [4] Ş. Irmak, F. Öztürk Güngör ve E. Susamcı, Bazı sofralık zeytin çeşitlerimizin toplam fenolik madde miktarları ve işleme tekniklerinin bu bileşikler üzerine etkileri. *Zeytin Bilim*, 1 (2), 57–64, 2010.
- [5] V. Uylaşer, İ. Şahin, Salamura siyah zeytin üretiminde geleneksel gemlik yönteminin günümüz koşullarına uyarlanması. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18 (1), 105–113, 2004.
- [6] A. Y. Aydar, T. Öncü Öner ve E. F. Üçok, Effects of hydroxytyrosol on human health. *EC Nutrition*, 11 (4), 147–157, 2017.
- [7] G. Yıldız, V. Uylaşer, Doğal bir antimikrobiyel: Oleuropein. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 25 (1), 131–142, 2011. <https://doi.org/10.20479/uuzfd.44959>.
- [8] S. Charoenprasert, A. Mitchell, Factors influencing phenolic compounds in table olives (*Olea europaea L.*). *Journal of Agriculture Food Chemistry*, 60 (29), 7081–7095, 2012. <https://doi.org/10.1021/jf3017699>.
- [9] M. Habibi, M. T. Golmakani, G. Mesbahi, M. Majzoobi and A. Farahnaky, Ultrasound-accelerated debittering of olive fruits. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 31, 105–115, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2015.06.014>.
- [10] M. Habibi, M. T. Golmakani, A. Farahnaky, G. Mesbahi and M. Majzoobi, NaOH-free debittering of table olives using power ultrasound. *Food Chemistry*, 192, 775–781, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.07.086>.
- [11] E. Taş, Ü. Seven ve Ş. Güçer, Zeytin işleme teknolojilerinde kalite beklentileri. I. Ulusal Zeytin Öğrenci Kongresi, sayfa 132–135, Edremit-Balıkesir, Türkiye, 17-18 Ekim 2019.
- [12] A. Baysal, Tuz tüketimi ve sağlık. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 44 (3), 194–195, 2016.
- [13] Y. Erdem, Tuz tüketimi, vücuttaki dağılımı ve hipertansiyon patogeneziindeki yeri. *Hipertansiyon*

- Haber Bülteni, 3 (5), 5–6, 2016.
- [14] A. Deryaoğlu, Şalgam suyu üretiminde NaCl yerine KCl kullanarak sodyum miktarını azaltma olanakları. *Gıda*, 30 (5), 335–341, 2005.
- [15] TGK. Sofralık zeytin tebliği, Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği, Tebliğ No: 2014/33, T.C. Resmi Gazete Sayı: 29097, 2014.
- [16] S. Tuna, Siyah sofralık zeytin fermantasyonunda alkali ve enzimatik yöntemlerin fiziko-kimyasal özellikler üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, T.C. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Türkiye, 2020.
- [17] A. R. Ergün, T. Baysal ve H. Bozkır, Ultrases yöntemi ile karatenoitlerin ekstraksiyonu. *Gıda*, 38 (4), 239–246, 2013. <https://doi.org/10.5505/gida.2013.30074>.
- [18] A. Kayguloğlu, Sofralık siyah zeytin kalitesi üzerine acılık giderme işlemlerinin etkisi. Doktora Tezi, T.C. Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Türkiye, 2018.
- [19] J. M. García, K. Yousfi, R. Mateos, M. Olmo and A. Cert, Reduction of oil bitterness by heating of olive (*Olea europaea*) fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49 (9), 4231–4235, 2001. <https://doi.org/10.1021/jf001302n>.
- [20] AOAC. Official Methods of Analysis. Method 971.28, 2000.
- [21] AOAC. Official Methods of Analysis. Method 992.23, 1998.
- [22] AOAC. Official Methods of Analysis. Method 920.39, 2000.
- [23] AOAC. Official Methods of Analysis. Method 940.26, 2000.
- [24] AOAC. Official Methods of Analysis. Method 937.09 2013.
- [25] K. Yousfi, J. A. Cayuela and J. M. García, Reduction of virgin olive oil bitterness by fruit cold storage, *Journal of Agriculture Food Chemistry*, 56 (21), 10085–10091, 2008. <https://doi.org/10.1021/jf801951g>.
- [26] B. Erbay, I. Üçgül, S. Küçükşayan ve E. Küçüköner, Physical, sensorial, color and rehydration properties of dried green olive slices. *Süleyman Demirel University Journal of Natural and Applied Sciences*, 14 (3), 246–250, 2010.
- [27] I. Pradas, B. Del Pino, F. Peña, V. Ortiz, J. M. Moreno-Rojas, A. Fernández-Hernández and J.A. García-Mesa, The use of high hydrostatic pressure (HHP) treatments for table olives preservation. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 13, 64–68, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2011.10.011>.
- [28] D. M. R. Georget, A. C. Smith and K. W. Waldron, Effect of ripening on the mechanical properties of Portuguese and Spanish varieties of olive (*Olea europaea* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81, 448–454, 2001. [https://doi.org/10.1002/1097-0010\(200103\)81:4<448::AID-JSFA832>3.0.CO;2-0](https://doi.org/10.1002/1097-0010(200103)81:4<448::AID-JSFA832>3.0.CO;2-0).
- [29] B. Lanza, F. Amoroso, Measurement of kinaesthetic properties of in-brine table olives by microstructure of fracture surface, sensory evaluation and texture profile analysis (TPA). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98 (11), 4142–4150, 2018. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8932>.
- [30] K. Batçioğlu, *Olea europaea* (zeytin) ailesinden Hatay yöresine özgü “Halhalı” türünün meyve, yaprak ve çekirdek ekstraktlarının antioksidan ve antitrombotik özelliklerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, T.C. İnönü Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Türkiye, 2019.
- [31] S. Kara, Farklı kurutma yöntemlerinin zeytin yaprağındaki fenolik madde dağılımına ve antioksidan kapasitesine etkisinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, T.C. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Türkiye, 2013.
- [32] I. Elksibi, W. Haddar, M. B. Ticha, R. Elgharbi and M. F. Mhenni, Development and optimisation of a non conventional extraction process of natural dye from olive solid waste using response surface methodology (RSM). *Food Chemistry*, 161, 345–352, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.03.108>.
- [33] J. Prakash Maran, S. Manikandan, Response surface modeling and optimization of process parameters for aqueous extraction of pigments from prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) fruit. *Dyes and Pigments*, 95, 465–472, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.dyepig.2012.06.007>.
- [34] L. Mei, W. Zhen-Chang, D. Hao-Jie, C. Li, X. Qing-Gang and L. Jing, Response surface optimization of polysaccharides extraction from *Liriope* roots and its modulatory effect on Sjogren syndrome. *International Journal of Biological Macromolecules*, 45 (3), 284–288, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2009.06.010>.
- [35] P. S. Milić, K. M. Rajković, O. S. Stamenković and V. B. Veljković. Kinetic modeling and optimization of maceration and ultrasound-extraction of resinoid from the aerial parts of white lady’s bedstraw (*Galium mollugo* L.). *Ultrason Sonochemistry*, 20 (1), 525–534, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2012.07.017>.
- [36] A. Akça Uçkun, U. Aksoy, Manisa (Ahmetli) Bölgesinde Ayvalık (Edremit) zeytin (*Olea europaea* L.) çeşidinin, farklı yükseklik ve farklı hasat zamanlarının meyve ve zeytinyağı kalitesine etkileri. 2.Uluslararası Gıda, Tarım ve Veteriner Bilimleri Kongresi, sayfa 101–111, Konya, Türkiye, 2020.
- [37] D. Sevim, Ö. Tuncay, Ayvalık ve Memecik zeytin çeşitlerinin yaprağı ve meyvelerinin toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan aktiviteleri. *Gıda*, 37 (4), 219–226, 2012.
- [38] K. Tanılğan, M. M. Özcan and A. Ünver, Physical and chemical characteristics of five Turkish olive (*Olea europaea* L.) varieties and their oils. *Grasas y Aceites*, 58 (2), 142–147, 2007. <https://doi.org/10.3989/gya.2007.v58.i2.78>.
- [39] A. Y. Aydar, Quality parameters and drying kinetics of ultrasound pretreated fermented black table olives. *Latin American Applied Research*, 50 (4), 271–276, 2020. <https://doi.org/10.52292/j.laar.2020.492>.
- [40] A. Y. Aydar, Investigation of ultrasound pretreatment

- time and microwave power level on drying and rehydration kinetics of green olives. *Food Science and Technology*, 41 (1), 238–244, 2021. <https://doi.org/10.1590/fst.15720>.
- [41] F. A. N. Fernandes, S. Rodrigues, Ultrasound as pre-treatment for drying of fruits: Dehydration of banana. *Journal of Food Engineering*, 82 (2), 261–267, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.02.032>.
- [42] P. M. Azoubel, M. D. A. M. Baima, M. D. A. R. Amorim and S. S. B. Oliveira, Effect of ultrasound on banana cv Pacovan drying kinetics. *Journal of Food Engineering*, 97 (2), 194–198, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.10.009>.
- [43] S. Tüfekçi, S. G. Özkal, Application of ultrasound in food drying. *Pamukkale University Journal Engineering and Science*, 21 (9), 408–413, 2015. <https://doi.org/10.5505/pajes.2015.05902>.
- [44] F. A. N. Fernandes, F. I. P. Oliveira and S. Rodrigues, Use of ultrasound for dehydration of papayas. *Food and Bioprocess Technology*, 1 (4), 339–345, 2008. <https://doi.org/10.1007/s11947-007-0019-9>.
- [45] F. A. N. Fernandes, M. I. Gallão and S. Rodrigues, Effect of osmosis and ultrasound on pineapple cell tissue structure during dehydration. *Journal of Food Engineering*, 90 (2), 186–190, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.06.021>.
- [46] F. I. P. Oliveira, M. I. Gallão, S. Rodrigues and F.A.N. Fernandes, Dehydration of Malay Apple (*Syzygium malaccense* L.) using ultrasound as pre-treatment. *Food and Bioprocess Technology*, 4 (4), 610–615, 2011. <https://doi.org/10.1007/s11947-010-0351-3>.
- [47] A. Y. Aydar, T. Yılmaz, C. Mataracı ve T. Sağlam, Gıdaların kurutulmasında ultrason ön işleminin kullanımı. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11 (2), 1165–1175, 2021. <https://doi.org/10.21597/jist.775565>.
- [48] I. Khemakhem, M. H. Ahmad-Qasem, E. B. Catalán, V. Micol, J. V. García-Pérez, M. A. Ayadi and M. Bouaziz, Kinetic improvement of olive leaves' bioactive compounds extraction by using power ultrasound in a wide temperature range. *Ultrason Sonochemistry*, 34, 466–473, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.06.010>.
- [49] E. Yıldız, Gemlik çeşidi siyah sofralık zeytinlerin işlenmesinde ultrases ve ozon uygulamalarının etkileri. Yüksek Lisans Tezi, T.C. Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Türkiye, 2021.

