



## FINDIK ZARI YAĞININ EKSTRAKSİYON PARAMETRELERİNİN OPTİMİZASYONU VE FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Vasfiye Hazal Özyurt<sup>1\*</sup>, Irmak Tetik<sup>2</sup>, Pınar Tetik<sup>2</sup>,  
Hazal Saralı<sup>2</sup>, Semih Ötleş<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Yakın Doğu Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Lefkoşa, KKTC

<sup>2</sup>Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye

Geliş / Received: 06.08.2020; Kabul / Accepted: 25.09.2020; Online baskı / Published online: 28.10.2020

Özyurt, V.H., Tetik, I., Tetik, P., Saralı, H., Ötleş, S. (2020). Fındık zarı yağının ekstraksiyon parametrelerinin optimizasyonu ve fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesi. *GIDA* (2020) 45(6) 1073-1082 doi: 10.15237/gida.GD20094

Özyurt, V.H., Tetik, I., Tetik, P., Saralı, H., Ötleş, S. (2020). Optimization of hazelnut skin oil extraction parameters and evaluation of its physicochemical properties. *GIDA* (2020) 45(6) 1073-1082 doi: 10.15237/gida.GD20094

### ÖZ

Bu çalışmanın amacı, fındık zarından yağ verimini etkileyeceği düşünülen uygun çözügen, katı/sıvı oranı ve ekstraksiyon süresi parametreleri kullanılarak klasik yağ ekstraksiyon yöntemi ile en yüksek verimde yağ ekstraksiyonu için cevap-yüzey yönteminin kullanılmasıdır. En yüksek verimde yağ ekstraksiyonunu sağlayan koşullar; çözügen olarak kloroform, katı/solvent oranı 0.01 g/ml ve ekstraksiyon süresi 5 saat olarak seçilmiştir. Ekstrakte edilen yağda, toplam fenolik bileşik miktarı 108.819 mg GAE/L, DPPH radikal yakalama kapasitesi 264.557 mg Trolox /L ve K232 değeri 3.698, K270 değeri 3.296, p-Anisidin değeri 2.543 ve b\* (sarılık) değeri 14.7 olarak bulunmuştur. Fındık zarı, sağlığa faydalı bileşenler içermektedir. Ayrıca atık olarak değerlendirilen bir ürünün katma değeri yüksek bir başka ürüne çevrilmesi ile ekonomik açıdan da değerli bir hammaddedir.

**Anahtar kelimeler:** Antioksidan aktivite, Cevap-yüzey yöntemi, gıda atığı, fenolik bileşikler

## OPTIMIZATION OF HAZELNUT SKIN OIL EXTRACTION PARAMETERS AND EVALUATION OF ITS PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES

### ABSTRACT

The aim of this study is to use the response-surface method for the highest yield oil extraction using the suitable solvent, solid/liquid ratio and extraction duration parameters, which are thought to affect oil yield from hazelnut skin. The conditions that provide the highest efficiency oil extraction were chosen as chloroform, solids/solvent ratio 0.01 g/ml and extraction duration as 5 hours. In the extracted oil, the total amount of phenolic compound was found as 108.819 mg GAE/L, the DPPH radical scavenging activity was 264.557 mg Trolox/L and the K232 value was 3.698, the K270 value was 3.296, the p-Anisidin value was 2.543 and the b\* (yellowness) value was 14.7. Hazelnut skin contains components that are beneficial for health. In addition, it is an economically valuable raw material by converting a product considered as waste into another product with high added value.

**Keywords:** antioxidant activity, response-surface methodology, food waste, phenolic compounds.

\* Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ hazal.ozyurt@neu.edu.tr,

☎ (+90) 392 223 6464,

☎ (+90) 392 680 2000

Vasfiye Hazal Özyurt; ORCID no: 0000-0003-2524-5381

Irmak Tetik; ORCID no: 0000-0002-1506-5355

Pınar Tetik; ORCID no: 0000-0003-3559-9730

Hazal Saralı; ORCID no: 0000-0001-6833-6668

Semih Ötleş; ORCID no: 0000-0003-4571-8764

## GİRİŞ

Fındık bitkisi, iklimin ılıman olduğu kesimlerde bodur kalmış ağaç olarak nitelendirilmektedir (Doğanay, 2012). Türkiye dünyadaki en büyük fındık üreticilerinin arasındadır ve dünya fındık üretiminin %65'ini karşılamaktadır (Altun vd., 2013). Fındık oldukça zengin bir içeriğe sahiptir. Bu zengin içeriği yağ bileşimi, mineraller, fitosteroller, lif, karbonhidrat, protein, vitamin (vitamin E) ve antioksidan fenolik bileşikler sağlamaktadır. Bu önemli içerikten dolayı hem besleyici özellik taşımakta hem de insan sağlığına birçok faydası bulunmaktadır (Shahidi ve Alasalvar, 2004).

Fındık zarı, taneyi tamamen saran ince ve kahverengi tabaka olarak tanımlanmaktadır (Duraklı Velioglu vd., 2017). Kavurma işleminin yan ürünü olarak elde edilen fındık zarı, fındık meyvesinin yaklaşık %2.5'ini meydana getirmektedir (Alasalvar vd, 2009). Fındık zarında bulunan doğal antioksidanların ekstraktları, besin takviyesi ve nutrasötik olarak kullanılmaktadır (Alasalvar vd, 2009). Ayrıca fındık zarı enerji üretimi için de kullanılmaktadır ve son yıllarda yapılan çalışmalar fındık zarının, farmasötik ve nutrasötik çalışmalar için ucuz aynı zamanda önemli bir doğal antioksidan kaynağı olduğunu doğrulamıştır. Dahası, fındık zarı, diyet lifi ve bazı fenolik maddeleri de içermektedir (Özyurt ve Ötleş, 2018).

Dünyada her yıl ortalama 200 milyon ton üretilen organik atıklar doğrudan tabiata bırakılmakta veya hiçbir işlem yapılmaksızın yakıt, hayvan yemi ya da gübre olarak kullanılmaktadır. Ancak, bu atıkların değerlendirilmesi yönündeki çalışmaların giderek artmasıyla enerji ve hammaddenin korunması açısından yeni uygulamalara gereksinim duyulmaktadır. Üretici firmaların; bitkisel kaynaklı atık maddelerin potansiyel yararlarının farkına varmaları ve tüketicilerin her geçen gün bitkisel yağların içerdikleri biyoaktif bileşenleri sayesinde insan sağlığına olumlu katkıları hakkında bilgi edinilmesi bitkisel kaynaklı atık materyallerin değerlendirilmesini gündeme getirmiştir. Nar üretiminde önemli bir yere sahip ülkemizde, bir atık olarak değerlendirilen nar çekirdeğinin yağına ilişkin yapılan çalışma

sonrasında, nar çekirdeğinde bulunan yağ miktarı %21.25 olarak bulunmuştur (Gölükçü vd. 2005). Ülkemizin dünyada önemli bir üretim miktarına sahip olduğu kayısı meyvesinin çekirdeğinden soğuk pres ve solvent ekstraksiyonu yöntemleri ile kayısı çekirdeği yağı ekstrakte edilmiş ve toplam yağ içeriği sırasıyla %35.6 ve %45.9 olarak bulunmuştur (Uluata, 2016). Dünyada Türkiye'nin üretimde 1. olduğu bir diğer meyve olan vişnenin de çekirdeğin yağ içeriği yönüyle değerlendirilmesi yönüyle çalışmalar yapılmıştır (Yılmaz ve Gökmen, 2013).

Analitik kimyada geleneksel olarak yapılan optimizasyon, bir değişkenin deneysel sonuçlar üzerindeki etkisi izlenmektedir ve sadece bir değişken değiştirilip diğer tüm değişkenler sabit tutulmaktadır. Yapılan bu optimizasyon geleneksel tek faktör optimizasyonu olarak adlandırılmaktadır. Geleneksel optimizasyonda en büyük sorun yapılan çalışmalarda değişkenler arasında interaktif etki olmamasıdır. Dolayısıyla bu teknik, parametrelerin sonuçlar üzerindeki etkisini tam anlamıyla göstermemektedir. Tek faktör optimizasyonunda (one-factor optimization) diğer bir dezavantaj ise araştırmayla ilgili yapılması gereken deney sayısının artmasıdır. Deney sayısının artmasıyla birlikte süre, materyal ve kimyasal madde tüketimi de artmaktadır. Bu sorunun üstesinden gelinmesi için, analitik prosedürlerin optimizasyonu çok değişkenli istatistik teknikleri kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Analitik optimizasyonda kullanılacak olan çok değişkenli tekniklerden en uygun olanı Cevap-Yüzey metodudur (RSM). Bu metod matematiksel ve istatistiksel tekniklerden oluşan bir metottur. Birden fazla değişkenin etkilediği sonuçlar için uygulanan en iyi yöntemdir ve bu değişkenlerin arasındaki düzeyleri aynı anda en iyi sistem performansına ulaştırmak için optimize etmektedir (Bezerra vd., 2008).

Bu çalışmanın amacı, fındık zarından yüksek verimle yağ ekstrakte edilmesi ve elde edilen yağın fizikokimyasal özelliklerinin değerlendirilmesidir.

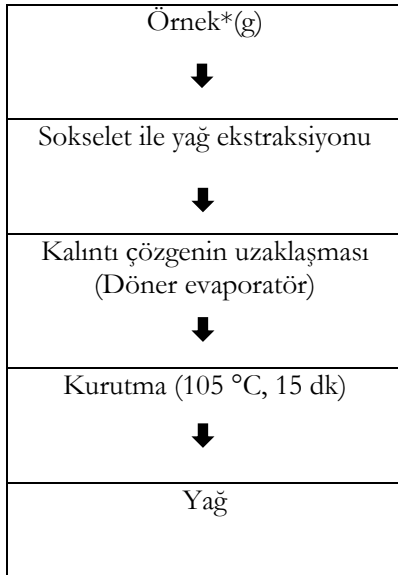
## MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada, kullanılan fındık zarı örnekleri bir fındık üreticisinden işlem atığı olarak temin

edilmiştir. Örnekler işleninceye kadar -20 °C sıcaklıkta %80-90 bağıl neme sahip derin dondurucuda muhafaza edilmiştir.

### Yağ ekstraksiyonu ve optimizasyonu

Çalışmada fındık zarı ekstraktının eldesinde klasik yağ ekstraksiyonu yöntemi kullanılmıştır. Öncelikle ekstraksiyon için uygun ortam hazırlanmıştır. Ortam koşullarına etki eden parametreler katı/sıvı oranı, çözügen tipi ve ekstraksiyon süresi olarak belirlenmiştir. Katı/sıvı oranı, çözügen tipi ve ekstraksiyon süresinin ekstraksiyondaki toplam yağ verimi üzerine etkisi cevap-yüzey yöntemi (RSM) ile incelenmiştir. Yapılan ekstraksiyonun aşamaları Şekil 1'de sırasıyla gösterilmiştir.



Şekil 1 Ekstraksiyon Aşamaları

*Figure 1 Extraction steps*

Cevap-Yüzey yönteminde deneme planının oluşturulması için Box-Benhnken dizaynı kullanılmıştır. Literatür araştırmaları sonucunda yağ ekstraksiyonunda önemli parametreler bağımsız değişken olarak seçilmiştir ve söz konusu bağımsız değişkenler katı/sıvı oranı (X1), çözügen tipi (X2) ve ekstraksiyon süresi olarak ifade edilmiştir. Bağımsız değişkenlerin sonucunda yapılan deneme planında analiz edilmesi beklenen yağ miktarı (Y1) bağımsız değişkenlere bağlı olduğu için bağımlı değişken olarak ifade edilmektedir.

Söz konusu bağımsız değişkenler ile sistemdeki yanıtların arasındaki ilişki bilinmediği için ikinci dereceden polinomial bir modelle gerçek yanıt fonksiyonuna ulaşılabileceği varsayılmıştır. Kullanılan Cevap yüzey metodu, Box-Benhnken ile toplamda 23 farklı deneme planı elde edilmiştir (Çizelge 1). Eksenel noktalar bağımsız değişkenlerin en yüksek (+1) ve en düşük (-1) değerleri aldıkları noktalardır ve modeldeki eğriliğin tahminlenmesini sağlamak için 2<sup>4</sup> faktöriyel dizayna eklenmiştir. Her bir değişken için kodlanmış seviyeler Çizelge 1'de verilmiştir. Ekstraksiyon değişkeni olarak ekstraksiyon süresi (Saat), katı/sıvı oranı (g/mL), çözügen tipi (Kloroform/n-Hegzan) belirlenmiş ve %verim hesaplanmıştır. Deneme planına uygun şekilde ekstraksiyonlar yapılmıştır.

### Fenolik bileşiklerin ekstraksiyonu

Fındık zarındaki toplam fenolik bileşiklerin ekstraksiyonu Slatnar vd (2015) metoduna göre gerçekleştirilmiştir. Bu metoda göre 10 g yağ santrifüj tüpüne tartılmış ve üzerine 5 mL n-hegzan ve 5 mL metanol:su (v/v, 60/40) ilave edilmiştir. 3500 rpm'de 10 dakika santrifüj edilmiş ve metanol fazı ölçekli deney tüpüne alınmıştır. Daha sonra kalan yağ ve n-hegzan karışımına tekrardan 5 mL metanollü su (v/v, 60/40) eklenmiştir. 2 dakika boyunca çalkalanmış ve 3500 rpm'de 10 dakika santrifüj edilmiştir. Metanol fazı ilk başta kullanılan ölçekli deney tüpüne alınmıştır ve örnek elde edilmiştir. Elde edilen örnek hem toplam fenolik bileşik analizi hem de antioksidan aktivite (DPPH) analizi için kullanılmıştır.

### Toplam Fenolik Bileşik Analizi

100 µL fenolik bileşik ekstraktı üzerine 6 mL saf su ve 500 µL Folin Colin (FC) reaktifi eklenmiş, 8 dakika karanlıkta oda sıcaklığında bekletilmiştir. Daha sonra 1,5 mL sodyum karbonat (%20 w/v) ve 2 mL ultra saf su eklenmiş, iyice çalkalanmış ve 1 saat oda sıcaklığında karanlıkta bekletilmiştir. 765 nm'de okuma yapılarak sonuç mg gallik asit eşdeğeri (mg GAE/g) cinsinden ifade edilmiştir. 20-600 ppm arasında hazırlanan standart çözeltileri ile gallik asit standart eğrisi çizdirilmiştir.

Çizelge 1 Cevap-Yüzey metodu ile elde edilen deneme planı  
 Table 1 Experimental design obtained by response surface methodology

| Deneme | Ekstraksiyon Süresi<br>(Saat) | Katı/Sıvı oranı<br>(g/mL) | Çözgen Tipi<br>(Kloroform/n-Hegzan) |
|--------|-------------------------------|---------------------------|-------------------------------------|
| 2      | 3                             | 0.09                      | Kloroform                           |
| 9      | 3                             | 0.02                      | Kloroform                           |
| 21     | 2.17                          | 0.06                      | Kloroform                           |
| 8      | 3                             | 0.02                      | n-Hegzan                            |
| 12     | 3                             | 0.09                      | n-Hegzan                            |
| 19     | 2.17                          | 0.06                      | n-Hegzan                            |
| 1      | 5                             | 0.06                      | Kloroform                           |
| 4      | 5                             | 0.06                      | Kloroform                           |
| 5      | 5                             | 0.06                      | Kloroform                           |
| 17     | 5                             | 0.06                      | n-Hegzan                            |
| 23     | 5                             | 0.10                      | n-Hegzan                            |
| 7      | 5                             | 0.10                      | Kloroform                           |
| 10     | 5                             | 0.06                      | Kloroform                           |
| 11     | 5                             | 0.06                      | Kloroform                           |
| 6      | 5                             | 0.06                      | n-Hegzan                            |
| 13     | 5                             | 0.06                      | n-Hegzan                            |
| 16     | 5                             | 0.06                      | n-Hegzan                            |
| 3      | 5                             | 0.01                      | n-Hegzan                            |
| 15     | 7                             | 0.09                      | n-Hegzan                            |
| 22     | 7                             | 0.02                      | n-Hegzan                            |
| 25     | 7.83                          | 0.06                      | n-Hegzan                            |
| 14     | 5                             | 0.01                      | Kloroform                           |

#### DPPH radikal yakalama kapasitesi analizi

Antioksidan aktivite tayini için Kozłowska vd (2016) metodu modifiye edilerek kullanılmıştır. 0.5 mL fenolik bileşik ekstraktı üzerine 3.25 mL metanol ve 0.25 mL 1 mM metanolik 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) eklenmiştir. Bu işlem bir tüpte gerçekleştirilmiştir. Tüp 10 dakika karanlıkta bekletilmiştir. Daha sonra 515 nm'de köre karşı okuma yapılmıştır. 20-600 ppm arasında hazırlanan standart çözeltileri ile 6-hidroksi-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-karboksilik asit (Trolox) standart eğrisi çizdirilmiştir.

#### Renk analizi

Ekstrakte edilen yağda renk değeri ( $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$ ) Hunterlab Kolorimetresi (HunterLab ColorFlex Standards Box s/n: CX1633) ile Rezig vd (2012) metoduna göre belirlenmiştir.

#### p-Anisidin analizi

P-Anisidin analizi için Mohanan vd (2018) metodu modifiye edilerek kullanılmıştır. Bu

metoda göre 1 g yağ üzerine 25 mL izooktan eklenerek yağ çözeltilisi elde edilmiştir. Elde edilen yağ çözeltilisinden 5 mL alınmış ve üzerine 1 mL hazırlanan p-Anisidin solüsyonundan eklenmiştir ve örnek elde edilmiştir. Hazırlanan örnek bir tüpe alınarak 10 dakika bekletilmiş ve köre karşı absorbans ölçümü 350 nm'de gerçekleştirilerek gerekli hesaplamalar yapılmıştır ve p-Anisidin değeri hesaplanmıştır.

$$p\text{-Anisidin} = 25 \frac{[1,2(As-Ab)]}{m}$$

Ab = Yağ çözeltilisinin absorbansı

As = 10 dakika bekletilen örneğin köre karşı absorbansı

m = g olarak örnek miktarı (yağ)

#### K232 ve K270 Analizi

K232 ve K270 tayini için Rabadan vd (2018) metodundan yararlanılmıştır. Bu metoda göre 40 µL yağ üzerine 4 mL n-hegzan eklenmiştir. 232 ve 270 nm'de köre karşı okuma yapılmıştır.

### Gaz kromatografisi ile yağ asidi kompozisyonu analizi

Gaz kromatografisi analizi için Cicero vd (2018) metodundan yararlanılmıştır. Bu metoda göre 0.2 g yağ tartılmış, üzerine 4 mL n-hegzan ve 0.4 mL 2 N metanollü KOH eklenmiştir. Santrifüj tüpü oda sıcaklığında 30 sn çalkalanmıştır ve oluşan üst faz vialde alınmıştır. Vialden 0.6 µL hazırlanan örnekten alınarak GC-FID (Agilent Technologies 7820A, G4350 GC Alev iyonizasyon dedektörü (FID) (Agilent Technologies Inc., Wilmington, DE, USA) cihazına enjekte edilmiştir. DB-23 kapiler kolon (30 m x, 0.250 mm x 0.25 µm) kullanılmıştır.

### SONUÇLAR VE TARTIŞMA

#### Fındık zarından yağ ekstraksiyonunun optimizasyonu

Fındık zarından yağ ekstraksiyonunu gerçekleştirebilmek için ekstraksiyon koşullarını sağlamak amacıyla Box-Benken dizaynı, Cevap-Yüzey Metodu'ndan yararlanılmıştır. Bunun nedeni ise Box-Benken dizaynının diğer cevap-

yüzey yöntemlerinden (central composite, Doehlert matris ve three-level full factorial dizayn) daha etkili bir deneysel dizayn olmasıdır (Ferreira vd, 2007).

Ekstraksiyon için kullanılan parametreler ise ekstraksiyon süresi (saat), katı/sıvı oranı (g/mL) ve çözügen tipi olarak belirlenmiştir. Sonucu belirlemek için RSM' nin kullandığı istatistiksel program olan ANOVA verileri istatistiki açıdan anlamlı çıkmamıştır. Çizelge 2'de elde edilen % yağ verimleri gösterilmektedir. Minimum % yağ verimini veren nokta, katı/sıvı oranı 0.09 g/mL olarak seçildiğinde ve çözügen olarak n-Hegzan kullanıldığında 7 saatlik ekstraksiyon süresi olarak seçilmiştir ve sonuç olarak yağ verimi %12.45 olarak hesaplanmıştır. Elde edilen maksimum % yağ verimini veren nokta ise katı/sıvı oranı 0.01 g/mL olarak seçildiğinde ve çözügen olarak kloroform kullanıldığında 5 saatlik ekstraksiyon süresi sonunda elde edilmiştir ve maksimum yağ verimi %31.21 olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 2 Cevap-Yüzey metodu ile elde edilen deneme planı ve % yağ verimleri  
Table 2 Experimental design obtained by response surface methodology and %oil yield

| Deneme | Ekstraksiyon Süresi (Saat) | Katı/Sıvı oranı (g/mL) | Çözügen Tipi (Kloroform/n-Hegzan) | Yağ Verimi (%) |
|--------|----------------------------|------------------------|-----------------------------------|----------------|
| 2      | 3                          | 0.09                   | Kloroform                         | 17.34          |
| 9      | 3                          | 0.02                   | Kloroform                         | 28.26          |
| 21     | 2.17                       | 0.06                   | Kloroform                         | 24.20          |
| 8      | 3                          | 0.02                   | n-Hegzan                          | 20.94          |
| 12     | 3                          | 0.09                   | n-Hegzan                          | 20.09          |
| 19     | 2.17                       | 0.06                   | n-Hegzan                          | 17.16          |
| 1      | 5                          | 0.06                   | Kloroform                         | 28.36          |
| 4      | 5                          | 0.06                   | Kloroform                         | 27.39          |
| 5      | 5                          | 0.06                   | Kloroform                         | 27.45          |
| 17     | 5                          | 0.06                   | n-Hegzan                          | 24.50          |
| 23     | 5                          | 0.10                   | n-Hegzan                          | 24.02          |
| 7      | 5                          | 0.10                   | Kloroform                         | 25.56          |
| 10     | 5                          | 0.06                   | Kloroform                         | 19.91          |
| 11     | 5                          | 0.06                   | Kloroform                         | 22.66          |
| 6      | 5                          | 0.06                   | n-Hegzan                          | 17.60          |
| 13     | 5                          | 0.06                   | n-Hegzan                          | 21.59          |
| 16     | 5                          | 0.06                   | n-Hegzan                          | 15.35          |
| 3      | 5                          | 0.01                   | n-Hegzan                          | 21.70          |
| 15     | 7                          | 0.09                   | n-Hegzan                          | 12.45          |
| 22     | 7                          | 0.02                   | n-Hegzan                          | 22.65          |
| 25     | 7.83                       | 0.06                   | n-Hegzan                          | 24.06          |
| 14     | 5                          | 0.01                   | Kloroform                         | 31.21          |
| 26     | 5                          | 0.06                   | n-Hegzan                          | 28.68          |

### Fındık zarı yağına uygulanan fizikokimyasal analizleri

Fındık zarından elde edilen yağ örneğinin, toplam fenolik bileşik analizi sonucu 108.819 mg GAE/L olarak elde edilmiştir. Litridou vd (1997), Yunanistan'ın farklı bölgelerinden alınan zeytinyağı örneklerinin fenolik bileşiklerini inceledikleri çalışmada, zeytinyağlarının toplam fenolik bileşiklerinin 60-200 ppm aralığında olduğunu belirtmiştir. Zeytinyağı ile yapılan bir diğer çalışma ise Saitta vd (2002), *Nocellara del, Santa Gates* ve *Cerasuola* zeytin çeşitlerinden elde edilen yağların fenolik bileşiklerinin araştırıldığı çalışmadır. Bu çalışmada, yağlardaki toplam fenolik bileşik miktarlarının 116.6-390.3 ppm aralığında olduğu ifade edilmiştir. Owen vd (2000), yaptıkları çalışmada rafine zeytinyağlarının toplam fenolik bileşiklerini 50-74 ppm aralığında gözlemlediklerini belirtmiştir. Özyurt (2019) soğuk pres yöntemiyle elde edilmiş çeşitli çekirdek yapılarındaki toplam fenolik bileşik içeriğini 444.00-1390.20 mg gallik asit eşdeğeri/L aralığında bulmuşlardır. Siger vd. 2008 tarafından yapılan bir başka çalışmada soya, ayçiçeği, kolza, mısır, uzun çekirdeği, pirinç keperi ve balkabağı yağlarının toplam fenolik bileşik içerikleri 0.51-2.46 mg kafeik asit eşdeğeri/100 g yağ aralığında bulunmuştur.

Fındık zarından elde edilen yağın, antioksidan aktivite (DPPH) analizi sonucu ise 264.557 mg Trolox/L olarak elde edilmiştir. Ceviz küspesi yağı üzerine çalışma yapan Kiss vd, (2020) ceviz küspesi yağının antioksidan aktivite (DPPH) sonucunu  $241.16 \pm 7.88$  mg TEA/g olarak ifade etmişlerdir. Yağların antioksidan aktivitelerinin değerlendirilmesinde oksidasyon işlemlerinin karmaşıklığından dolayı farklı antioksidan aktivite yöntemleri (ABTS, DPPH, ORAC, etc.) kullanılmaktadır (Apak vd. 2016). Literatür karşılaştırması yapıldığında fındık zarı yağının antioksidan aktivite değeri daha yüksek elde edilmiştir. Bu durum fındık zarı yağının iyi bir antioksidan içeriğine sahip olduğunu ve depolama, ısı ve ışık gibi oksidatif şartlar altında bu yağın stabil olarak kalacağını göstermektedir.

Yapılan renk analizi sonucu elde edilen aydınlık değeri olan  $L^*$  9.203, kırmızılık değeri olan  $a^*$

5.283 ve sarılık renk değeri olan  $b^*$  14.17 olarak elde edilmiştir. Ham ve rafine fındık yağı üzerine çalışma yapan Kesen vd, (2016) ham fındık yağının sarılık değeri olan  $b^*$  değerini  $33.95 \pm 0.01$ , rafine fındık yağının  $b^*$  değerini ise  $1.08 \pm 0.01$  olarak ifade etmişlerdir. Türkoğlu vd (2012) yaptıkları çalışmada ise üzerinde çalışılan zeytinyağı çeşitlerinin renk değerleri şu şekilde ifade etmişlerdir: Aydınlık değeri olarak bilinen  $L^*$  değerinin 20.22 ve 24.56 sayısal değerleri arasında, zeytinyağı çeşitlerinin  $a^*$  (kırmızılık) değeri 0.70 ve 2.60 arasında,  $b^*$  (sarılık) değerinin ise 1.39 ve 5.85 arasında olduğu şeklindedir. Sarılık değerine etki eden faktörlerin yağ işleme koşulları, yetiştirme şartları, hasat zamanı ve çeşit özelliği olduğu düşünülmektedir. Kavurma işleminde uygulanan sıcaklık ve süre artış gösterdiğinde Hunter a ve b değerlerinin de artış gösterdiği belirtilmiş ancak Hunter L değerinde azalma görüldüğü ifade edilmiştir (Artık, 2004). Literatür karşılaştırılması yapıldığında rafinasyon ve kavurma işlemlerinin yağ renkleri üzerinde etkilerinin olduğu görülmüştür. Rafinasyon işlem basamaklarından olan deodorizasyon ve topraklama uygulamalarının yağların rengini açtığı ifade edilmektedir bu yüzden sarılık değeri olan  $b^*$  değerinin (14.17) yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

p-Anisidin değeri yağ hakkında karakteristik bilgi vermektedir. Yağın içindeki karbonil bileşikleri tespit edilmektedir (Osborn ve Akoh, 2003). Yaptığımız çalışma sonucu p-Anisidin değeri 2.543 olarak elde edilmiştir.

Yaptığımız çalışmada elde edilen p-Anisidin değerinin yüksek çıkmasının nedeninin depolama koşullarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Türkiye'de fındık yağı pişirme, kızartma ve salata sosu amacıyla kullanılmaktadır. Fındık yağı ve zeytinyağı arasında kompozisyon açısından benzerlik bulunmaktadır. Bu benzerlik, fındık yağının ticari açıdan ve besleyici özelliği bakımından önemini artırmaktadır (Karabulut vd., 2005). Yaptığımız çalışmada fındık zarı yağının özgül absorpsiyon değerleri incelenmiştir. Türk Gıda Kodeksi Zeytinyağı ve Pirina Yağı Tebliği'ne (2017) göre zeytinyağı ve pirina yağlarına ait özgül soğurma değerleri olarak K232 değeri natürel

sızma zeytinyağı için  $\leq 2.50$  ve natürel birinci zeytinyağı için  $\leq 2.60$  ifade edilmiştir. K270 değeri ise natürel sızma zeytinyağı, natürel birinci zeytinyağı, rafine zeytinyağı, rafine pirina yağı ve pirina yağı için sırasıyla  $\leq 0.22$ ,  $\leq 0.25$ ,  $\leq 1.25$ ,  $\leq 2.00$  ve  $\leq 1.70$  olarak belirtilmiştir. Yaptığımız çalışmada fındık zarı yağının K232 değeri 3.698 ve K270 değeri ise 3.296 olarak bulunmuştur. Yapılan TGK karşılaştırması ile fındık zarı yağının özgül absorbands değerinin yüksek olduğu sonucuna varılmıştır. Zeytinyağında önemli kalite kontrol parametreleri bulunmaktadır. Bu parametreler kaliteyi ve saflığı belirleyen parametreler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. UV soğurma değerleri, kaliteyi belirleyen parametreler arasında yer almaktadır. UV özgül absorbands değerleri oksidasyona dayanıklılığın ifadesi olarak belirtilmektedir. (Kıvrak, 2016). Yaptığımız çalışmada özgül absorbands değerlerinin yüksek çıkmasının nedeninin oksidasyondan kaynaklandığı düşünülmektedir. Çevik vd, (2015) yaptığı çalışmada ise olgunluk parametresinin de önemli olduğu vurgulanmış ve olgunluğun artması ile UV özgül absorbands değerlerinin azaldığı belirtilmiştir.

Son yıllarda kimyasal bileşim ve besin değeri bakımından daha fazla avantaja sahip yeni bitkisel yağ kaynakları elde etmek için çok fazla araştırmanın yapıldığı belirtilmiştir. Bitkisel yağlar öncelikle triaçilgliserollerden oluşmakta birkaç yağ

asidinin baskın olduğu (TAG), özellikle de 16 ve 18 karbon atomlu doymuş, mono veya di doymamış karbon zincirlerinden meydana gelmektedir. Fındık yağları da böyle bir genel kalıba cevap vermesine rağmen majör yağ asitlerinin konsantrasyonlarında bulunan geniş değişkenlik bu yağların mutfak, kozmetik, farmasötik ve tıbbi amaçlar veya endüstriyel uygulamalar da yer bulmasına imkan vermektedir. Fındık, badem, kaju ve fıstık tekli doymamış yağ asitleri açısından, Brezilya cevizi ve ceviz çoklu doymamış yağ asitleri bakımından belirgin bir baskınlığa sahip olan yağ bileşimlerini yansıtmaktadır (Maestri vd, 2020).

En yüksek yağ veriminin elde edildiği ekstraksiyon koşulunda fındık zarı yağında % 80.515 oranı ile en fazla bulunan yağ asidi oleik asit olarak belirlenmiştir (Çizelge 3). Türk Gıda Kodeksi "Bitki Adı ile Anılan Yemelik Yağlar Tebliği"ne göre, deneysel çalışmalarda kullanılan, fındık zarı yağ asidi kompozisyonu, Türk Gıda Kodeksi'nde bulunan fındık yağı, oleik asit (C18:1) içeriği ile karşılaştırıldığında yer alan değerler (%71.0-91.0) ile uyumlu olduğu görülmüştür. Kaju yağında çalışma yapan Zanqui vd, (2020)  $634.04 \pm 1.93$  (mg/g) oranı ile en fazla bulunan yağ asidi oleik asit olarak ifade etmiştir. Literatür karşılaştırması sonucunda kabuklu kuru yemişlerin oleik asit yönünden zengin olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 3 Fındık zarından elde edilen yağın yağ asidi kompozisyonu  
Table 3 *Fatty acid composition of hazelnut skin oil*

| Pik No | Zaman  | %Alan  | Yağ Asidi |
|--------|--------|--------|-----------|
| 1      | 7.958  | 0.057  | C14:0     |
| 2      | 16.142 | 7.427  | C16:0     |
| 3      | 16.589 | 0.156  | C16:1     |
| 4      | 19.888 | 1.662  | C18:0     |
| 5      | 20.325 | 80.515 | C18:1     |
| 6      | 20.971 | 9.569  | C18:2     |
| 7      | 27.962 | 0.472  | C18:3     |
| 8      | 31.776 | 0.143  | C20:0     |

Baş vd, (1986) yaptığı çalışmada ise çeşitli fındık türlerinden elde edilen yağların, yağ asidi kompozisyonlarına bakıldığında en fazla bulunan yağ asidinin oleik asit olduğu belirlenmiştir. Tıbbi fındık çeşidinde oleik asit miktarı 100

gram yağ için  $82.61 \pm 0.51$  olarak belirtilmiştir. Yapmış olduğumuz çalışmada da fındık zarı yağında %80.515 oranı ile en fazla bulunan yağ asidinin oleik asit olduğu belirlenmiştir. Fındık içeriğinde bulunan yağ asidi kompozisyonu

depolama sırasındaki kararlılık ve bozulma açısından önem taşımaktadır. Yağın içerisinde bulunan linoleik asit (C18:2) çift bağlı ve doymamış bağları içerdiği için oksitlenerek bozulmaya ve acılaşıma sebep olmaktadır. Bu yüzden fındık türlerinin kompozisyonundaki linoleik asit miktarlarına dikkat edilmelidir.

Bu çalışmada en basit ve en ucuz yol ile en yüksek miktarda yağ elde etmeye imkân sağlayan sokselet ekstraksiyon yöntemi kullanılarak bitkisel bir atık olan fındık zarından yağ eldesi üzerine çalışılmıştır. Ekstrakte edilen yağda, toplam fenolik bileşik miktarı 108.819 mg/L, DPPH radikal yakalama kapasitesi 264.557 mg/L ve K232 değeri 3.698, K270 değeri 3.296, p-Anisidin değeri 2.543 ve b\* (sarılık) değeri 14.7 olarak bulunmuştur. Sanayileşme ile birlikte tüketim miktarı artmış bu durum beraberinde atık sorununu da getirmiş ve atıklardan kaynaklı çevre probleminin önüne geçebilmek büyük önem kazanmıştır. Geri dönüşümün sağlanması durumunda bitkisel atıklar, katma değeri en yüksek katı atık olarak avantaja sahiptir. Sağlığa iyi gelen koruyucu özelliğinin yanı sıra beslenme açısından oldukça büyük öneme sahip olan fenolik bileşikler bakımından değerli olduğu görülen fındık zarı yağının değerlendirilmesi çalışmaları ile gelecek vadettiği görülmektedir.

### ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Bu makale ile ilgili olarak başka kişiler ve/veya kurumlar arasında bir çıkar çatışması yoktur.

### YAZAR KATKILARI

Bu makalenin hazırlanmasında yazarların katkı payı şöyledir: VHÖ: %40; IT %25; PT: %15; HS: %10; SÖ:%10

### KAYNAKLAR

Alasalvar, C., Karamac, M., Kosinska, A., Rybarczyk, A., Shahidi, F., Amarowicz, R., (2009). Antioxidant activity of hazelnut skin phenolics, *J. Agric Food Chem*, 57:4645-4650.

Altun, M., Celik, S. E., Güçlü, K., Özyürek, M., Erçağ, E., Apak, R. (2013). Total antioxidant capacity and phenolic contents of Turkish hazelnut (*Corylus avellana* L.) kernels and oils. *J. Food Biochem.*, 37(1), 53-61.

Anil, M. (2007). Using of hazelnut testa as a source of dietary fiber in breadmaking. *J. Food Eng.*, 80(1), 61-67.

Apak R, Özyürek M, Güçlü K, Çapanoglu E. Antioxidant activity/capacity measurement. 1. Classification, physicochemical principles, mechanisms, and electron transfer (ET)-based assays. *J. Agric Food Chem*. 2016;64(5):997–1027.

Artık, N. Y. (2001). Türk fındıklarının fenolik bileşik dağılımı ve kavurma prosesinde değişimi. Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Raporu

Baş, F., Ömeroğlu, S., Türdü, S., Aktaş, S. (1986). Önemli türk fındık çeşitlerinin bileşim özelliklerinin saptanması. *GIDA*, 11(4).

Bezerra, M.A., Santelli, R.E., Oliveira, E.P., Villar, L.S., Escalera, L.A. (2008). Reponse surface methodology (RSM) as a tool for optimization in analytical chemistry, *Talanta*, 76; 965-977.

Candioti, L.V., De Zan, M.M., Cámara, M.S., Goicoechea, H.C. (2014). Experimental design and multiple response optimization. Using the desirability function in analytical methods development, *Talanta*, 124; 123-38.

Cicero, N., Albergamo, A., Salvo, A., Bua, G. D., Bartolomeo, G., Mangano, V., Dugo, G. (2018). Chemical characterization of a variety of cold-pressed gourmet oils available on the Brazilian market. *Int. food Res International*, 109, 517-525.

Çevik, Ş., Özkan, G., Kıralan, M. (2015). Çeşit, Olgunluk ve Yoğurma Şartlarının Zeytinyağı Verimi, Bazı Kalite Parametreleri ve Aroma Profili Üzerine Etkisi. *Akademik Gıda*, 13(4), 335-347.

Dikmen, D. (2015). Sert Kabuklu Kuruyemişler ve Sağlık Üzerine Etkileri. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 43(2), 174-182.

Doğanay, H. (2012). Türkiye fındık meyvacılığındaki yeni gelişmeler. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 17(27), 1-22.

Gölükçü, M., Tokgöz, H., Çelikyurt, m. A. (2005). Nar çekirdeğinin bazı özellikleri ve nar çekirdeği yağının yağ asiti bileşimi. *Derim*, 22(2), 33-40.



- Karabulut, I., Topcu, A., Yorulmaz, A., Tekin, A., Ozay, D. S. (2005). Effects of the industrial refining process on some properties of hazelnut oil. *Eur J of Lipid Sci Technol*, 107(78), 476-480.
- Kesen, S., Sönmezdağ, A. S., Kelebek, H., Selli, S. (2016). Ham ve Rafine Fındık Yağlarının Yağ Asitleri Bileşimi. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 31(1), 79-84.
- Kıvrak, M. (2016). Zeytinyağı Kalite Kontrol Kriterleri. Zeytincilik ve Zeytin İşleme Teknolojisi Programı. T.C. Balıkesir Üniversitesi Edremit Meslek Yüksekokulu.
- Kiss, T., Mašan, V., Híc, P. (2020). Antioxidant Capacity, Total Phenolic Compounds and Fatty Acids Composition in Walnut Oil and Bagasse Pellets Produced at Different Parameters of the Screw Press. *Acta Univ. Agric. et Silv. Mendelianae Brun.*, 68(3), 519-527.
- Kozłowska, M., Gruczyńska, E., Ścibisz, I., Rudzińska, M. (2016). Fatty acids and sterols composition, and antioxidant activity of oils extracted from plant seeds. *Food Chem*, 213, 450-456.
- Litridou, M., Linssen, J., Schols, H., Bergmans, M., Posthumus, M., Tsimidou, M., Boskou, D. (1997). Phenolic compounds in virgin olive oils: fractionation by solid phase extraction and antioxidant activity assessment. *J. Sci. Food Agric*, 74(2), 169-174.
- Maestri, D., Cittadini, M. C., Bodoira, R., Martínez, M. (2020). Tree Nut Oils: Chemical Profiles, Extraction, Stability, and Quality Concerns. *Euro J Lipid Sci Technol*, 1900450.
- Miraliakbari, H., Shahidi, F. (2008). Oxidative stability of tree nut oils. *J. Agric Food Chem*, 56(12), 4751-4759.
- Mohanan, A., Nickerson, M. T., Ghosh, S. (2018). Oxidative stability of flaxseed oil: Effect of hydrophilic, hydrophobic and intermediate polarity antioxidants. *Food Chem*, 266, 524-533.
- Nizamlioğlu, N. M. (2015). Kavurma ve depolama koşullarının Bademin bazı fiziksel, kimyasal ve duyuşal özellikleri üzerine etkisi. ???
- Osborn, H. T., Akoh, C. C. (2004). Effect of emulsifier type, droplet size, and oil concentration on lipid oxidation in structured lipid-based oil-in-water emulsions. *Food Chem.*, 84(3), 451-456.
- Owen, R. W., Mier, W., Giacosa, A., Hull, W. E., Spiegelhalder, B., Bartsch, H. (2000). Phenolic compounds and squalene in olive oils: the concentration and antioxidant potential of total phenols, simple phenols, secoiridoids, lignans and squalene. *Food Chem. Toxicol.*, 38(8), 647-659.
- Özdemir, M., Devres, O. (1999). Turkish hazelnuts: properties and effect of microbiological and chemical changes on quality. *Food Rev. Int.*, 15(3), 309-333.
- Ozyurt, V., H. Otles, S. (2018). Hazelnut testa as a by-product: nutritional composition, antioxidant activity, phenolic compound profile and dietary fiber content. *Ankara Üniv. Eczacılık Fak Derg.*, 42(3), 38-57.
- Özyurt, V. H. (2019). Comparison of the Quality Properties of Some Commercial Cold pressed Seed Oils. *J. Turkish Chem Soc.-A*, 6(2), 149-56.
- Pelvan, E., Olgun, E. Ö., Karadağ, A., Alasalvar, C. (2018). Phenolic profiles and antioxidant activity of Turkish Tombul hazelnut samples (natural, roasted, and roasted hazelnut skin). *Food Chem.*, 244, 102-108.
- Rabadán, A., Pardo, J. E., Gómez, R., Álvarez-Ortí, M. (2018). Influence of temperature in the extraction of nut oils by means of screw pressing. *LWT-Food Sci Technol*, 93, 354-361.
- Rezig, L., Chouaibi, M., Msaada, K., Hamdi, S. (2012). Chemical composition and profile characterisation of pumpkin (*Cucurbita maxima*) seed oil. *Ind Crops Prod.*, 37(1), 82-87.
- Saitta, M., Curto, S. L., Salvo, F., Di Bella, G., Dugo, G. (2002). Gas chromatographic-tandem mass spectrometric identification of phenolic compounds in Sicilian olive oils. *Anal. Chim. Acta*, 466(2), 335-344.
- Shahidi, F., Alasalvar, C. (2004). Fındık ve Fındık Yan Ürünlerinde Fitokimyasal Maddeler ve Biyoaktif Bileşikler (Araştırma Sonuç Raporu).

- Siger A, Nogala-Kalucka M, Lampart-Szczapa E. The Content and Antioxidant activity of phenolic Compounds in Cold pressed Plant Oils. *J Food Lipids*. 2008;15:137-49.
- Slatnar, A., Mikulic-Petkovsek, M., Stampar, F., Veberic, R., Solar, A. (2015). Identification and quantification of phenolic compounds in kernels, oil and bagasse pellets of common walnut (*Juglans regia* L.). *Int. Food Res. J.*, 67, 255-263.
- Taş, N. G., Gökmen, V. (2017). Phenolic compounds in natural and roasted nuts and their skins: A brief review. *Curr. Opin. Food Sci.*, 14, 103-109.
- T.G.K., Türk Gıda Kodeksi Bitki Adı İle Anılan Yağlar Tebliği, Tebliğ no: 2012/29
- T.G.K., Türk Gıda Kodeksi Zeytinyağı Ve Pirina Yağı Tebliği, Tebliğ no: 2017/26
- Türkoğlu, H., Kanık, Z. (2012). Nizip ve çevresinde satışı sunulan zeytinyağı örneklerinin bazı özellikleri. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 16(3), 1-8.
- Uluata, S. (2016). Effect of extraction method on biochemical properties and oxidative stability of apricot seed oil. *Akademik Gıda*, 14(4), 333-340.
- Velioğlu, S. D., Güner, K. G., Velioğlu, H. M., Çelikyurt, G. (2017). Fındık Zarının Fırıncılık Ürünlerinde Kullanımı, *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 14, 127-139.
- Yılmaz, C., Gökmen, V. (2013). Compositional characteristics of sour cherry kernel and its oil as influenced by different extraction and roasting conditions. *Ind Crops Prod.*, 49, 130-135.
- Zanqui, A. B., da Silva, C. M., Ressutte, J. B., de Morais, D. R., Santos, J. M., Eberlin, M. N., Cardozo-Filho, L., Silva, E. A., Gomes, S. T. M., Matsushita, M. (2020). Extraction and assessment of oil and bioactive compounds from cashew nut (*Anacardium occidentale*) using pressurized n-propane and ethanol as cosolvent. *J Supercrit. Fluids*, 157, 104686.