

## Yulaf (*Avena sativa* L.) Tanelerinin Ultrasonik Destekli Etanolik Ekstraksiyonunun Toplam Antioksidan Kapasitesi, Radikal Süpürücü Aktivitesi ve Yağ Asidi Kompozisyonunun Belirlenmesi

Ümit ERDOĞAN<sup>1</sup>, Gözde KOYUÖZ ERDOĞAN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Gül ve Aromatik Bitkiler Araştırma ve Uygulama Merkezi (GÜLAB), Isparta, Türkiye <sup>2</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Isparta, Türkiye

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-6627-4472>, <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-7432-7466>

✉: [umiterdogan@isparta.edu.tr](mailto:umiterdogan@isparta.edu.tr)

### ÖZET

Bu çalışmada yulaf tanelerinin ultrasonik destekli ekstraksiyonu ile elde edilen ekstraktların toplam antioksidan kapasitesi, serbest radikal süpürme aktivitesinin belirlenmesinin yanı sıra yulaf ekstraktının yağ asidi profili ve toplam tokoferol içeriğinin belirlenmesi amaçlandı. Bu amaçla, bakır iyonları (Cu<sup>2+</sup>) azaltıcı antioksidan güç testi (CUPRAC) metoduna göre yulaf taneleri ekstraktlarının toplam antioksidan kapasitesi belirlendi. Aynı zamanda, 1,1-difenil-2-pikril-hidrazil (DPPH•) yöntemine göre yulaf ekstraktlarının radikal süpürme kapasitesi araştırıldı. Yulaf ekstraktının yağ asidi kompozisyonu GC-FID analizlerine göre belirlendi. Toplam tokoferol içeriği ise spektrofotometrik olarak belirlendi. Yulaf taneleri ekstraktının CUPRAC metoduna göre toplam antioksidan kapasitesi  $1.5 \pm 0.03$  mmol TR /100g-yulaf taneleri ekstraktı olarak hesaplandı. Yulaf ekstraktının DPPH• radikali süpürme aktivitesi ise  $2.02 \pm 0.01$  mmol TR /100 g – yulaf ekstraktı olarak hesaplandı. Yulaf özleri, güçlü antioksidan ve radikal süpürme yeteneği sergiledi. GC-FID sonuçları yulaf ekstraktının doymamış yağ asitlerince zengin olduğunu (Oleik asit, %43; Linoleik asit, %34) ortaya çıkardı. Yulaf taneleri ekstraktlarının toplam tokoferol içeriği ise  $1376.3 \pm 16$  mg/kg-yulaf ekstraktı olarak bulundu.

### Biyoloji

### Araştırma Makalesi

### Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 01.05.2022

Kabul Tarihi : 22.06.2022

### Anahtar Kelimeler

Yulaf taneleri  
Toplam tokoferol  
CUPRAC metod  
Yağ asidi profili  
Ultrasonik destekli ekstraksiyon

## Determination of Total Antioxidant Capacity, Radical Scavenging Activity and Fatty Acid Composition of Ultrasonic Assisted Ethanol Extraction of Oat (*Avena sativa* L.) Grains

### ABSTRACT

In this study, it was aimed to determine the total antioxidant capacity and free radical scavenging activity of the extracts obtained by ultrasonic assisted extraction of oat grains, as well as to determine the fatty acid profile and total tocopherol content of oat extracts. For this purpose, we determined the total antioxidant capacity of oat grains extracts according to the copper ions (Cu<sup>2+</sup>) reducing antioxidant capacity (CUPRAC) test. At the same time, the radical scavenging capacity of oat extracts was investigated by the 1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazil (DPPH•) method. Fatty acid composition of oat extract was determined via GC-FID analysis. Total tocopherol content was determined spectrophotometrically. The total antioxidant capacity of the oat grain extract was calculated as  $1.5 \pm 0.03$  mmol TR 100g<sup>-1</sup>-oat grains extract by CUPRAC method. The DPPH• radical scavenging activity of the oat extract was calculated as  $2.02 \pm 0.01$  mmol TR 100 g<sup>-1</sup> – oat extract. Oat extracts exhibited potent antioxidant and radical scavenging ability. GC-FID results revealed that oat extract was rich in unsaturated fatty acids (Oleic acid, 43%; Linoleic acid, 34%). Total tocopherol content of oat oil extracts was  $1376.3 \pm 16$  mg kg<sup>-1</sup>-oat extract.

### Biology

### Research Article

### Article History

Received : 01.05.2022

Accepted : 22.06.2022

### Keywords

Oat grains  
Total tocopherol  
CUPRAC method  
Fatty acid profile  
Ultrasonic assisted extraction

- Atıf Şekli:** Erdoğan Ü, Erdoğan Koyuöz G 2022. Yulaf (*Avena sativa* L.) tanelerinin ultrasonik destekli etanolik ekstraksiyonunun toplam antioksidan kapasitesi, radikal süpürücü aktivitesi ve yağ asidi kompozisyonunun belirlenmesi . KSÜ Tarım ve Doğa Derg 25 (Ek Sayı 2): 326-334. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdoga.vi.1111915>
- To Cite :** Erdoğan Ü, Erdoğan Koyuöz G 2022. Determination of total antioxidant capacity, radical scavenging activity and fatty acid composition of ultrasonic assisted ethanolic extraction of oat (*Avena sativa* L.) grains. KSU J. Agric Nat 25 (Suppl 2): 326-334. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdoga.vi.1111915>

## GİRİŞ

Yulaf (*Avena sativa* L.), Poaceae familyasına aittir ve tek yıllık bir bitkidir. Dünya çapında ılıman ve serin subtropikal koşullarda yaygın olarak bir bahar ürünü olarak yetiştirilmektedir (Zakirullah ve ark., 2017). Mükemmel büyüme alışkanlığı, kaliteli yem, yüksek yem verimi, harika lezzet, iyi rejenerasyon kapasitesi ve yüksek protein içeriği nedeniyle genellikle hayvan yemi olarak kullanılır (Saleem ve ark., 2015; Kumar ve ark., 2017). Başlangıçta tıbbi amaçlar için kullanılmış ve daha sonra önemli bir gıda tahılı haline gelmiştir. Yulaf, besin değeri nedeniyle eski zamanlardan beri önemli bir ürün olarak kabul edilmektedir (Martínez Villaluenga ve Peñas, 2017). Bugün yulaf hâlâ sağlıklı tam tahıl olarak bilinir (Singh ve ark. 2013; Stewart ve McDougall, 2014), yüksek konsantrasyonlarda doymamış yağlar (Carlson ve ark., 2019) ve kalp sağlığını destekleyen  $\beta$ -glukanlar içerir (Newell ve ark., 2012). Yulaf, hipokolesterolemik etkileri, glisemik kontrolü ve bağırsak mikrobiyotası üzerindeki olumlu etkisi ile popülerdir ve aynı zamanda diğer tahılların çoğuna kıyasla son derece yüksek protein içeriğine sahiptir (Carlsson-Kanyama ve González, 2009).

Yulaf tanesi sağlık açısından önemli doymamış oleik ve linoleik yağ asitlerinden oluşan önemli bir yağ içeriğine sahiptir. Esansiyel yağ asitleri olarak da bilinen linoleik ve linolenik asitler insan ve diğer memelilerde yaşam için mutlak gerekli olan ve vücutta sentezlenemediğinden diyetle alınması gereken çoklu doymamış yağ asitleridir (Çakmakçı ve Kahyaoğlu, 2012). Bu yağ asitlerinin dokuların sağlıklı gelişmesi ile; organların dengeli çalışmasına yardımcı olmalarının yanı sıra vücudun biyokimyasal ve fizyolojik aktiviteleri üzerinde dengeleyici, yapıcı ve onarıcı görevler üstlendiği bilinmektedir (Gogus ve Smith 2010).

Yulaf, aynı zamanda antioksidan aktivite gösteren birçok bileşiğin kaynağıdır. E vitamini (tokoller), fitik asit, fenolik bileşikler ve avenantramidler yulafta en bol bulunan antioksidanlardır. E vitamini olarak da bilinen tokoferoller yemeklik yağlarda yaygın olarak bulunur ve güçlü antioksidan aktivite sergiler (Fritsche ve ark., 2017). E vitamini, ciltte en bol bulunan antioksidandır (Graf, 2005). Kişisel bakım kozmetik ürünlerinde E vitamini ve türevleri sıklıkla kullanılmaktadır. Çünkü topikal olarak uygulanan E vitamini cildi serbest radikal hasarından ve güneşin zararlı ışınlarından korunmasında büyük rol oynar (Godic ve ark., 2014). Ayrıca yulaf tanelerinde

flavonoidler ve steroller de mevcuttur (Peterson, 2001). Bu antioksidanlar, çekirdeğin dış katmanlarında yoğunlaşmıştır. Yulaf özütlerinin antioksidan aktivitesini değerlendirmek için çeşitli in vitro yöntemler kullanılmıştır (Kilci ve Gocmen, 2014). Bu yöntemlerden biri olan, Cupric İndirgeyici Antioksidan Kapasitesi (CUPRAC) yöntemi, besin bileşenleri, sentetik antioksidanlar, C ve E vitaminleri dahil olmak üzere birçok farklı bileşeni uygulamak için basit ve çok yönlü bir antioksidan kapasite yöntemidir (Apak ve ark., 2004). Bu reaktif, kararlı, ucuz, kolay ulaşılabilen, hidrofilik ve lipofilik antioksidanlara cevap verebilen bir reaktiftir. CUPRAC reaktifi, diğer kromojenik reaktiflere (örn. ABTS, DPPH) göre daha kararlı ve erişilebilir avantajlara sahip olduğu rapor edilmiştir (Çelik ve ark., 2008). DPPH• yöntemi ise kısa sürede birçok numuneyi barındırabilmesi ve düşük konsantrasyonlarda aktif maddeleri tespit edecek kadar hassas olması nedeniyle, meyve-sebze suları veya ekstraktlarının antiradikal aktivitelerini taramak için yaygın olarak kullanılmaktadır (Zou ve ark. 2004). Ayrıca, testin kullanımı basittir ve test maddelerinin termal bozunmasını önleyen ortam sıcaklığında gerçekleşmesi avantajdır (Peterson, 2001).

Serbest radikaller canlı hücreleri parçalayan, yaşlanmaya ve hastalıklara neden olan yıkıcı moleküllerdir. Serbest radikaller, eşleşmemiş elektrona sahip moleküllerdir. Organizmadaki serbest radikallerin çoğu moleküler oksijenden oluşan radikallerdir. Moleküler oksijen, diradikal doğası nedeniyle oldukça reaktif oksijen türleri (ROS) oluşturma eğilimindedir. ROS, normal oksijen metabolizması sırasında küçük miktarlarda oluşan süperoksit radikali ( $O_2^{\cdot-}$ ), hidrojen peroksit ( $H_2O_2$ ) ve hidroksil radikali ( $OH^{\cdot}$ ). ROS nükleik asitler, lipidler, proteinler ve karbonhidratlar dahil olmak üzere önemli biyomoleküllere zarar verebilir ve buna bağlı olarak, mutasyonlara yol açabilecek DNA hasarına neden olabilir. (Ak ve Gülçin, 2008). Benzer şekilde reaktif azot türleri (RNS) de, DNA, proteinler ve lipidler gibi farklı biyomolekülleri oksitleyerek epitel hücre hasarına ve ölümüne yol açabilir (Boukhenouna ve ark., 2018). Reaktif azot türlerinin başlıcaları ise (RNOS); nitrik oksit radikali ( $NO^{\cdot}$ ), peroksinitrit radikali ( $ONOO^{\cdot}$ ) ve azot dioksit radikali ( $NO_2^{\cdot}$ ). Süperoksit radikalının beyindeki nöronal ve endotelial nitrik oksit sentaz (NOS) aracılığı ile sürekli oluşan ve bir gaz radikal olan nitrik oksit ile girdiği reaksiyon sonucu peroksinitrit

oluşur ( Beckman ve ark., 1990). ONOO<sup>-</sup> güçlü bir oksidandır, NO ve O<sub>2</sub><sup>-</sup> 'den daha toksiktir (Keynes ve Garthwaite, 2004).

Yeni ekstraksiyon yöntemlerinden biri olan Ultrason Destekli Ekstraksiyon (UDE), biyoaktif bileşiklerin farklı kaynaklardan geri kazanılması için yeni ve basit bir tekniktir (Carreira-Casais ve ark., 2021). Ultrason gücünün yoğunluğu, numune moleküllerinde ekstra titreşim üretir ve hedef bileşiklerin katıdan sıvı çözücü fazına geri kazanılmasını kolaylaştırır (Okur ve ark., 2019). UDE, ekstraksiyon süresini kısaltmak, ekstraksiyon verimini yükseltmek ve ekstraktın kalitesini iyileştirmek için bitki bileşenlerinin ekstraksiyonu için sıklıkla kullanılmıştır (Toma ve ark., 2001). Bu bitkilerden yulafı ilgili ekstraksiyon çalışmaları, Maserasyon (Bryngelsson ve ark., 2002), sokslet ekstraksiyonu (Biel ve ark., 2014; Kouřimská ve ark., 2018), hızlandırılmış solvent ekstraksiyonu (Yang ve ark., 2019) ve ekstrüzyon işleme (Liu ve ark., 2020) gibi yöntemleri içerir. Bununla birlikte, literatürde, ultrasonik destekli ekstraksiyon yönteminin yulaf üzerinde, ekstrakt verimi, yağ asidi profili, toplam tokoferol içeriği ve toplam antioksidan aktivitesi gibi özellikleri bakımından ne gibi bir değişiklik yapacağına ilişkin araştırmalar sınırlıdır.

Bu çalışmada; yulaf tanelerinin ultrasonik destekli etanolik ekstraksiyonunun CUPRAC metoduna göre toplam antioksidan kapasitesi, DPPH metoduna göre serbest radikal süpürme aktivitesi belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın diğer bir amacı ise, yulaf tanelerinin ultrasonik destekli ekstraksiyonundan yüksek verimlilikte ekstraktlar elde edilmesi ve elde edilen ekstraktların yağ asitleri profilinin ve toplam tokoferol içeriğinin belirlenmesidir.

## MATERYAL ve METOD

### Bitki materyali

Mevcut çalışmada kullanılan yulaf taneleri yerel bir satıcıdan temin edildi. Örnekler ayrıca Doç. Dr. Sabri Erbaş tarafından da teşhis edilip, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Endüstri Bitkileri laboratuvarına YLF32-2022 fiş numune numarası ile bırakıldı.

### Kimyasallar

Bakır(II) klorür dihidrat (CuCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O), Neocuproine (Nc:C<sub>14</sub>H<sub>12</sub>N<sub>2</sub>), 2,2'-Bipiridin (C<sub>10</sub>H<sub>8</sub>N<sub>2</sub>), DL- $\alpha$  Tokoferol, DPPH• (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil: C<sub>18</sub>H<sub>12</sub>N<sub>5</sub>O<sub>6</sub>) ve Troloks (TR), Sigma Chemical Co.'dan (St. Louis, MO, ABD) satın alındı. Amonyum asetat (NH<sub>4</sub>Ac) ve Demir(III) klorür heksahidrat (FeCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O) Merck (Darmstadt, Almanya)' ten satın alındı. Mutlak etanol (EtOH, %99), ISOLAB Laborgeräte GmbH (Eschau, ALMANYA)'den satın alındı.

### Çözeltilerin hazırlanması

10 mM CuCl<sub>2</sub> çözeltisi, 0.4262 g CuCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O' nun az miktarda distile suda çözünmesi ve distile su ile 250 mL' ye seyreltilmesiyle hazırlandı. 1.0 M amonyum asetat tamponu (pH 7.0), 19.27 g NH<sub>4</sub>Ac'nin az miktarda distile su içinde çözünmesi ve 250 mL' ye seyreltilmesiyle hazırlandı. 7.5 mM Neocuproin (Nc) çözeltisi, 0.078 g Nc' nin %96 etanol içinde çözünmesi ve etanol ile 50 mL' ye seyreltilmesiyle günlük olarak hazırlandı. DPPH• çözeltisi (0.2 mM), 7.88 mg DPPH' nin %96' lık etanol içinde çözünmesi ve etanol ile 100 mL'ye seyreltilmesiyle hazırlandı. %0.2' lik FeCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O çözeltisi; 0.2 g Demir(III) klorür heksahidrat etanolde çözünmesi ve %95' lik etanolle 100 mL' ye seyreltilmesiyle hazırlandı. %0.07' lik 2,2'-bipiridin çözeltisi; 70 mg 2,2'-Bipiridin'in %95' lik etanol ortamında çözünmesi ve etanol ile 100 mL' ye seyreltilmesiyle hazırlandı.

### Ultrasonik - Destekli Ekstraksiyon (UDE)

Yulaf tanelerinin ultrasonik destekli etanolik ekstraksiyonu Zhang ve ark. (2009) tarafından önerilen yöntemle göre gerçekleştirildi. Öncelikle nemden arındırılmış yulaf taneleri ekstraksiyondan önce kahve değirmeni (Sinbo SCM 2934-Türkiye) ile öğütülerek hazırlandı. 10 g öğütülmüş yulaf, kapalı bir şişede 100 mL %96' lık etanol ortamında ekstraksiyona tabi tutuldu. Ekstraksiyon için ultrasonik banyo sistemi (Power sonic 180, 40 kHz frekans ve maksimum 150 W, iç ölçü: 300 mm × 150 mm × 100 mm) kullanıldı. Ultrasonik ekstraksiyon, aşağıdaki deneysel koşullar altında gerçekleştirildi: sıcaklık: 50 °C; zaman: 45 dakika; katı/çözücü oranı: 1:10 (w/v) ve maksimum ultrason gücü: 40 kHz ve 150 W güç. Toplanan ekstraktlar Whatman No: 1 filtre kağıdından süzülde ve çözücüler döner bir buharlaştırıcı (IKA RV 10 digital, IKA, Almanya) ile 55 °C' de vakum altında buharlaştırılarak uzaklaştırıldı. Ekstraksiyon prosedürü paralel olarak üç kez gerçekleştirildi. Ekstraksiyon verimi aşağıdaki eşitlik (1) kullanılarak hesaplandı.

$$\% \text{ Verim} = (\text{Ekstrakt ağırlığı} / \text{kuru örnek ağırlığı}) \times 100 \quad (1)$$

### Yağ asitlerinin GC analizi

Etanolik yulaf taneleri ekstraktlarından, Fathi-Achachlouei ve Azadmard-Damirchi (2009) tarafından bildirilen yöntemle göre yağ asidi metil esterleri (FAME' ler) hazırlandı. Kısaca, 0.5 mL hekzan içinde çözünmüş yulaf taneleri ekstraktı (yaklaşık 20 mg) içeren bir tüpe metanol içinde 2 mL 0.01 M NaOH ilave edilip, 10 dakika boyunca 60°C' deki su banyosunda tutuldu. Daha sonra metanol içinde bor triflorür (metanol içinde %20 BF<sub>3</sub>) ilave edilip, numuneler 60°C' deki su banyosunda 10 dakika daha bekletildi. Numune, akan su altında soğutuldu. 2 mL %20 (a/h) sodyum klorür ve 1 mL hekzan ilave edildi. Tamamen karıştırıldıktan sonra,

Fame'leri içeren hekzan tabakası, santrifüjleme ile ayrıldı ve daha sonra GC ile analiz edildi. Esterleşmiş yağ asitlerinin (FAME) toplandığı üst fazdan 1 µL çekilerek gaz kromatografisi (GC-FID) cihazına enjekte edildi. Yağ asitlerine ilişkin kromatogramlar elde edilerek yağ asitlerinin oranları belirlendi. GC-FID cihazının çalışma koşulları şu şekildedir (Önder ve ark., 2022): Kolon Teknokroma TR-CN100 (100 m × 0.25 mm, 0.20 µm), enjektör sıcaklığı 250 °C, detektör sıcaklığı 250 °C, akış hızı (psi) 10, taşıyıcı gaz N<sub>2</sub> (40 mL dk<sup>-1</sup>), enjektör kapasitesi 1.0 µL'dir. Fırın sıcaklığı 140 °C'de 10 dakika bekledikten sonra 240 °C'ye dakikada 3 °C'lik artışla yükseltip, bu sıcaklıkta 10 dakika bekletildi. Elde edilen kromatogramlardaki pikler ticari standart yağ asidi metil ester karışımına (Sigma, Supelco® 37 Component FAME Mix) göre isimlendirildi (Erdoğan ve Homan Gökçe, 2021).

### Toplam tokoferol analizleri

Toplam tokoferol içeriği, Wong ve ark., (1988) tarafından açıklanan yöntemle göre belirlendi. 10 mL'lik bir deney tüpüne, 0.2 g etanolik yulaf ekstraktı tartıldı. Üzerine toluen (5 mL) ilave edildikten sonra, 3.5 mL 2,2'-bipiridin (%0.07) ve 0.5 mL FeCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O (%0.2) ilave edilip, çözelti %95 etanol kullanılarak 10 mL'ye tamamlandı. 1 dakika sonra 520 nm'de absorpsiyon, referansa karşı spektrofotometrede belirlendi (Referans çözelti örnek yerine toluen içeriyordu ve diğer adımlar aynıydı). Benzer şekilde α-tokoferolün 50, 100, 150, 200 ve 250 µg mL<sup>-1</sup> konsantrasyonları hazırlanarak yukarıda açıklanan yöntemle göre kalibrasyon grafiği oluşturuldu. Ekstraktaki toplam tokoferoller aşağıdaki eşitlikten (2) hesaplandı ve sonuçlar numunenin gram başına miligram [mg α-tokoferol/g] cinsinden α-tokoferol eşdeğerleri olarak ifade edilmiştir.

$$\text{Toplam tokoferoller (ppm)} = (A_e - A_b) / (M * W) \quad (2)$$

burada A<sub>e</sub>= 10 mm hücrede numune absorpsiyonu, A<sub>b</sub>= 10 mm hücrede boş absorpsiyon, M= α-tokoferol kalibrasyonu için absorbansa karşı ağırlık grafiği ve W= numunenin ağırlığı (g).

### Toplam antioksidan kapasitenin belirlenmesi

Etanolik yulaf ekstraktlarının toplam antioksidan kapasitesi, Apak ve ark., (2006) tarafından geliştirilen CUPRAC metoduna göre belirlendi. Yulaf ekstraktının CUPRAC metoduna göre toplam antioksidan kapasitesinin belirlenmesi için 0.420 g yulaf ekstraktı tartıldı ve üzerine 10 mL etanol ilave edildi ve 4 kat etanolla seyreltilerek son nihai çözeltiden 0.5 mL örnek alınarak aşağıdaki formül uygulandı. Her test 3 paralel olarak hazırlandı. Kısaca, cam bir tüpe sırasıyla 1 mL bakır(II) çözeltisi (10 mM), 1 mL neocuproin çözeltisi (7.5 mM) ve 1 mL amonyum asetat tamponu (1 M, pH 7) eklendi. Daha

sonra, 4 kat etanol ile seyreltilmiş ekstrakt çözeltisinden 0.5 mL ve 0.6 mL distile su eklenerek son hacim 4.1 mL' ye tamamlandı. Toplam 4.1 mL hacimde hazırlanan çözeltiler oda koşullarında 30 dakika bekletildi. Bu süre sonunda örnek içermeyen referans çözeltisine karşı absorbans değerleri, bir UV-Vis spektrofotometrede (UV-1280, Shimadzu, Japan) 450 nm' de ölçüldü.

Referans Çözeltisi: 1 mL Cu(II) + 1 mL Nc + 1 mL NH<sub>4</sub>Ac + 1.1 mL H<sub>2</sub>O

Numune Çözeltisi: 1 mL Cu(II) + 1 mL Nc + 1 mL NH<sub>4</sub>Ac + 0.5 mL numune çözeltisi + 0.6 mL H<sub>2</sub>O.

Saf troloks için kalibrasyon eğrisi orijinden geçen bir çizgi olduğundan, nihai solüsyondaki bitki ekstraktı numunesinin troloks eşdeğer molar konsantrasyonu, gözlemlenen absorbansın troloks için ε 'ye bölünmesiyle bulunabilir (optik küvet kalınlığı= 1 cm). Troloksa eşdeğer antioksidan kapasitesi (TEAC), tüm seyreltmeler göz önünde bulundurularak orijinal ekstreye kadar izlenebilir ve milimol TR/g -kuru madde birimi cinsinden bir kapasite bulmak için alınan bitki numunesinin başlangıç kütlesiyle orantılıdır (Çelik ve ark., 2008). Yulaf ekstraktının toplam antioksidan kapasitesi aşağıdaki eşitliğe (3) göre mmol troloks/g- yulaf ekstrakt TEAC eşdeğeri olarak hesaplandı.

$$\text{TAC (mmol TR g}^{-1} \text{ extract)} = \frac{A}{\epsilon_{TR}} \times \frac{V_m}{V_s} \times S_f \times \frac{V_E}{m} \quad (3)$$

Burada; A: 450 nm'de ölçülen numune absorbansı; ε<sub>TR</sub>: CUPRAC yönteminde TR bileşiminin molar absorpsiyon katsayısı: 1.67 × 10<sup>4</sup> L mol<sup>-1</sup> cm<sup>-1</sup> (Çelik ve ark., 2010); V<sub>m</sub>: CUPRAC yöntemi ölçüm çözeltisinin toplam hacmi (4.1 mL); V<sub>s</sub>: Örnek hacmi (mL); S<sub>f</sub>: Seyreltme faktörü (seyreltme yapılmayacaksa bu faktör "1" olarak alınır); V<sub>E</sub>: Hazırlanan ekstraktın hacmi (mL); m: Ekstraksiyon işleminde alınan numune miktarı (g).

### Serbest radikal süpürücü (SRS) kapasitenin belirlenmesi

Yulaf taneleri ekstraktının serbest radikal süpürme kapasitesi, Bener ve ark., (2022) tarafından bildirilen DPPH metodolojisi izlenerek değerlendirildi. Özetle, DPPH testinin uygulanması şu şekildeydi: bir tüp içinde, 1 mL numune ekstraktı, 1 mL etanol (%99) ve 2 mL DPPH• (0.2 mM) çözeltisi ile karıştırıldı. DPPH• ilavesinden 30 dakika sonra 515 nm'de etanole karşı absorbans kaydedildi. Ekstrelerin serbest radikal süpürücü aktivitelerini hesaplamak için düzeltilmiş absorbans değerleri (Δ<sub>A</sub>) kullanıldı. Δ<sub>A</sub> aşağıdaki eşitlikten (4) hesaplandı:

$$\Delta_A = A_{DPPH} - (A_E - A_0) \quad (4)$$

A<sub>DPPH</sub>, örnek içermeyen DPPH• reaktifinin absorbansı; A<sub>E</sub>: numune ekstraktının absorbansı; A<sub>0</sub>: DPPH• reaktifi içermeyen çözeltinin absorbansı.

Serbest radikal süpürücü aktivite, troloksun standart

eğrisine dayalı olarak troloks eşdeğeri (mmol TR g<sup>-1</sup> ekstrakt) olarak ifade edildi. DPPH• radikalini süpürme yeteneği, aşağıdaki eşitlik (5) kullanılarak hesaplandı:

$$\text{SRS (mmol TR g}^{-1}\text{ ekstrakt)} = \frac{\Delta A}{\epsilon_{\text{TR}}} \times \frac{V_m}{V_s} \times S_f \times \frac{V_E}{m} \quad (5)$$

burada  $\epsilon_{\text{TR}}$ : DPPH• yönteminde TR bileşiğinin molar absorpsiyon katsayısı ( $2.168 \times 10^4 \text{ L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ );  $V_s$ , numune hacmi;  $V_m$ , metodun toplam hacmi (4 mL);  $S_f$ , seyreltme faktörüdür (gerektiğinde);  $V_E$ , özüt hacmidir ve  $m$ , ekstraktın kütlesidir.

TR bileşiğinin standart kalibrasyon eğrisi, konsantrasyona karşı absorbans olarak oluşturuldu ( $1.25 \times 10^{-5} - 6.25 \times 10^{-5} \text{ M}$ ), ve Troloks için DPPH• yönteminin molar absorptivitesi ( $\epsilon$ ), ilgili kalibrasyon çizgisinin eğiminden bulundu ( $y = 2.168 \times 10^4 x + 1.130$ ;  $R^2: 0.9991$ ).

## BULGULAR ve TARTIŞMA

### Ekstraksiyon verimliliği

Yeni ekstraksiyon yöntemlerinden biri olan ultrasonik destekli ekstraksiyon (UDE), farklı kaynaklardan biyoaktif bileşiklerin geri kazanılması için yeni ve basit bir tekniktir (Vinatoru ve ark., 1997). Ultrason gücünün yoğunluğu, numune moleküllerinde ekstra titreşim üretir ve hedef moleküllerin katıdan sıvı çözücü fazına geri kazanılmasını kolaylaştırır (Samaram ve ark., 2015). Bu nedenle, kısa ekstraksiyon süresinde yüksek verim ve düşük solvent miktarı, UDE tekniğinin dikkate değer avantajlarıdır (Gulzar ve Benjakul). Ayrıca, ultrasonik teknikler nispeten ucuz, enerji ve maliyet tasarrufu sağlayan yöntemlerdir. (Dedebaş ve ark., 2021) Ayrıca hızlı, verimli ve düşük sıcaklıklarda yapılabildiği için ekstraktların termal hasarını önleyen ve biyoaktif bileşiklerin moleküler özelliklerini koruyan gıda endüstrisinde ideal bir seçenektir. Mevcut çalışmada, etanol (%96) kullanılarak yapılan ultrasonik destekli

ekstraksiyonda yüksek bir oranda yulaf ekstraktı elde edilmiştir. Ekstraksiyon verimi  $7.31 \pm 0.2$  olarak hesaplanmıştır.

### Yulaf tane ekstraktının yağ asidi kompozisyonu

GC-FID analizine göre yulaf tanelerinin yağ asidi bileşimi Çizelge 1'de gösterilmektedir. Yulaf ekstraktının yağ asitleri GC-FID kromatogramı ise Şekil 1' de sunulmuştur. Şekil 1' de gösterildiği gibi yulaf ekstraktının yağ asitlerinin karbon zincir uzunluğuna bağlı olarak alınma zamanları farklılık göstermiştir. Yulaf ekstraktı, değişen miktarlarda yağ asitlerinin yanı sıra doymuş yağ asitleri (DYA), tekli doymamış yağ asitleri (TDYA) ve çoklu doymamış yağ asitlerinden (ÇDYA) oluşmaktadır. Yulaf ekstraktında en fazla bulunan major yağ asidinin oleik asit (% 43.62) olduğu tespit edilmiştir. Oleik asidi sırasıyla linoleik asit (% 34.02) ve palmitik asit (%17.38) takip etmiştir. Yulaf ekstraktının yağ asidi profilinin neredeyse % 80' i doymamış yağ asitlerinden oluşmaktadır.

Bu yağ asitlerinden linoleik asitin vücutta çok önemli fonksiyonları bulunmaktadır. Linolenik ve linoleik asit gibi doymamış yağ asitlerinin yanı sıra E vitamini içeriği bakımından da zengin olan sabit yağların kullanımı besin değeri özelliklerinden dolayı sıklıkla tercih edilmektedir (Raes ve ark., 2004). Dahası bu tip yağ asitleri bakımından zengin olan sabit yağların kozmetik ürünlerde de kullanımı yaygın hale gelmiştir (Vermaak ve ark., 2011). Çünkü linoleik asit ( $\omega$ -6, omega 6), epidermiste en fazla bulunan yağ asidi olmakla beraber, stratum korneum'un işlevsel epidermal su geçirgenlik bariyerinin korunmasında da özel bir role sahiptir (McCusker ve Grant-Kels, 2010). Bu nedenle, deride yetersiz çoklu doymamış yağ asitleri varlığı transepidermal su kaybının artmasına neden olmaktadır (Meguro ve ark., 2000).

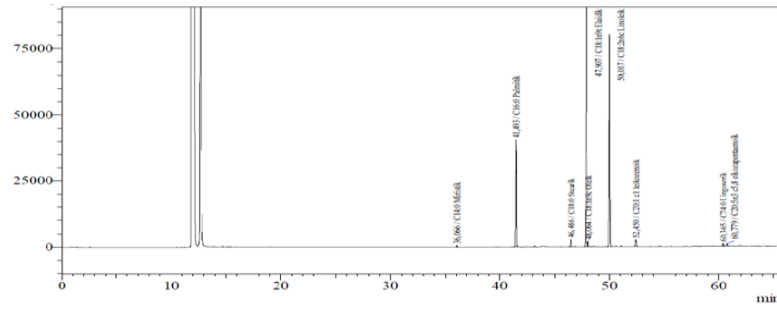
Çizelge 1. Yulaf tane ekstraktının yağ asidi kompozisyonu

Table 1. Fatty acid composition of oat grain extract

Yağ asitleri Fatty acid	İsim Name	Alınma zamanı Retention time	%
C14:0	Miristik asit	36.066	0.24 ± 0.01
C16:0	Palmitik asit	41.493	17.38 ± 0.015
C18:0	Stearik asit	46.486	1.37 ± 0.013
C18:1 cis-9 (n-9)	Oleik asit	48.064	43.62 ± 0.17
C18:2 cis9,12	Linoleik asit	50.017	34.02 ± 0.14
C20:1 cis11 (n-9)	Eikosenoik asit	52.450	1.51 ± 0.01
C24:0	Lignoserik asit	60.365	0.6 ± 0.05
Σ DY A (SFA)			19.59 ± 0.09
Σ TDYA (MUFA)			45.13 ± 0.18
Σ ÇDYA (PUFA)			34.02 ± 0.14

GC-FID ile elde edilen veriler bağlı değerler (%) olarak ifade edilir: Σ DY A, doymuş yağ asitlerinin toplamı; Σ TDYA, tekli doymamış yağ asitlerinin toplamı; Σ ÇDYA, çoklu doymamış yağ asitlerinin toplamı.

Data obtained by GC-FID are expressed as relative values (%): mean % of total FAs ± SD; Σ SFA, sum of saturated fatty acids; Σ MUFA, sum of monounsaturated fatty acids; Σ PUFA, sum of polyunsaturated fatty acids

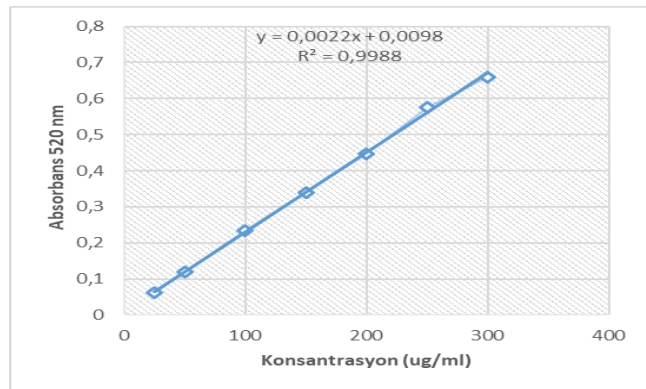


Şekil 1. Yulaf ekstraktının yağ asitleri GC-FID kromatogramı  
Figure 1. GC-FID chromatogram of fatty acids of oat extract

Musa Özcan ve ark. (2006) tarafından bildirilen bir çalışmada dört farklı yulaf tanelerinin yağ asitleri bileşimini palmitik asit: %15.72; oleik asit: %33.97-51.26 ve linoleik asit: %22.80-35.90 olarak bulunmuştur. Mevcut çalışmada sunulan bulgular, daha önceden bildirilen yulaf taneleri yağı sonuçlarıyla karşılaştırıldığında benzer bulunmuştur. Yağlı tohum bitkilerinde de ultrason destekli ekstraksiyonların, genel olarak yağ verimini arttırdığı yağ asidi kompozisyonunu ise çok etkilemediği görülmüştür (Li ve ark., 2004).

#### Toplam tokoferol içeriği

Yulaf ekstraktlarının toplam tokoferol içeriği spektrofotometrik olarak tespit edilmiştir. Şekil 2' de gösterilen  $\alpha$ - tokoferolün absorbansa karşı konsantrasyon kalibrasyon grafiği denklemi ( $y=0.0022x+0.0098$ ) kullanılarak yulaf ekstraktlarının toplam tokoferol içeriği  $1376.3 \pm 16$  mg  $kg^{-1}$  yulaf ekstrakt olarak bulunmuştur (Çizelge 2).

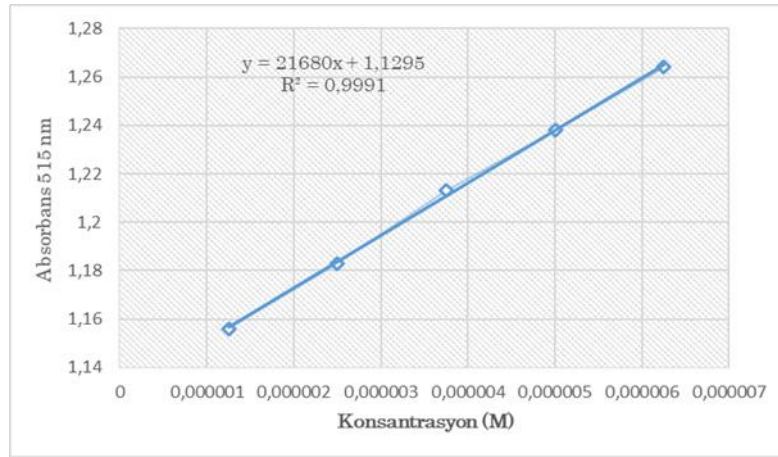


Şekil 2.  $\alpha$ -tokoferol kalibrasyonu için absorbans gradyanına karşı konsantrasyon grafiği

Figure 2. Gradient of absorbance vs. concentration graph for  $\alpha$ -tocopherol calibration

Çizelge 2. Yulaf ekstraktının toplam antioksidan kapasitesi, radikal süpürme aktivitesi ve toplam tokoferol içeriği  
Table 2. Total antioxidant capacity, radical scavenging activity and total tocopherol content of oat extract

CUPRAC-Toplam Antioksidan Kapasite (mmol TR $100g^{-1}$ ekstrakt) CUPRAC-Total Antioxidant Capacity (mmol TR $100g^{-1}$ extract)	DPPH süpürme aktivite (mmol TR $100g^{-1}$ ekstrakt) DPPH scavenging activity (mmol TR $100g^{-1}$ extract)	Toplam tokoferol içeriği (mg $kg^{-1}$ ekstrakt) Total tocopherol content (mg $kg^{-1}$ extract)	
Yulaf ekstraktı Oat extract	$1.5 \pm 0.03$	$2.02 \pm 0.01$	$1376.3 \pm 16$



**Şekil 3.** Standart Troloks bileşiğinin kalibrasyon eğrisi  
**Figure 3.** Calibration curve of standard Trolox compound

Yulaf ekstraktının DPPH• radikali süpürme aktivitesi  $2.02 \pm 0.01$  mmol TR  $100g^{-1}$  yulaf ekstraktı olarak hesaplanmıştır. Literatürde, etanol ile elde edilen yulaf ekstraktının, en güçlü DPPH• radikal süpürme aktivitesini sergilediği rapor edilmiştir. Chen ve ark. (2016), yulaf tanelerinin DPPH• radikali süpürme kabiliyetindeki artan sırasını, petrol eteri<heksan< izopropanol<etil asetat<etanol ile elde edilen ekstraktlar için olduğunu bildirmişlerdir. Çözücü polaritesi arttığında yulaf ekstraktının DPPH• radikal süpürme yeteneğinin de arttığı görülmüştür.

### SONUÇ ve ÖNERİLER

Mevcut çalışmada yulaf tanelerinin ultrasonik destekli etanolik ekstraktlarının, toplam antioksidan kapasitesi, serbest radikal süpürme aktivitesi, yağ asitleri kompozisyonu ve toplam tokoferol içeriği dahil olmak üzere detaylı bir şekilde araştırıldı. Yulaf tanelerinden ultrasonik destekli ekstraksiyon yöntemiyle daha kısa sürede, daha az enerji ve daha az solvent kullanılarak ekstraktlar elde edilmiştir. *İn vitro* antioksidan yöntemler kullanılarak ultrasonik destekli yulaf ekstraktlarının güçlü radikal süpürme kapasitesine ve antioksidan özelliklere sahip olduğu belirlendi. Araştırma bulguları, yulaf ekstraktlarının oleik ve linoleik yağ asitleri bakımından zengin olmasının yanı sıra toplam tokoferol içeriği bakımından da zengin olduğunu gösterdi. Veriler, ultrasonik destekli ekstraksiyonun yağlı tohum bitkileri için uygun olduğunu göstermiştir.

### Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

### Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

### KAYNAKLAR

- Ak T, Gülçin İ 2008. Antioxidant and Radical Scavenging Properties of Curcumin. *Chemico-Biological Interactions*, 174(1): 27-37.
- Apak R, Güçlü K, Özyürek M, Esin Karademir S, Erçağ E 2006. The Cupric Ion Reducing Antioxidant Capacity and Polyphenolic Content of Some Herbal Teas. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 57(5-6): 292-304.
- Apak R, Güçlü K, Özyürek M, Karademir SE 2004. Novel Total Antioxidant Capacity Index for Dietary Polyphenols and Vitamins C and E, Using Their Cupric Ion Reducing Capability in The Presence of Neocuproine: CUPRAC Method, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52:7970-7981
- Beckman JS, Beckman TW, Chen J, Marshall PA, Freeman BA 1990. Apparent Hydroxyl Radical Production by Peroxynitrite: Implications for Endothelial Injury from Nitric Oxide and Superoxide. *Proceedings of The National Academy of Sciences*, 87(4): 1620-1624.
- Bener M, Şen FB, Önem AN, Bekdeşer B, Çelik SE, Lalikoglu M, Apak R 2022. Microwave-Assisted Extraction of Antioxidant Compounds from by-Products of Turkish Hazelnut (*Corylus avellana* L.) Using Natural Deep Eutectic Solvents: Modeling, Optimization and Phenolic Characterization. *Food Chemistry*, 385:132633.
- Biel W, Jacyno E, Kawęcka M 2014. Chemical Composition of Hulled, Dehulled and Naked Oat Grains. *South African Journal of Animal Science*, 44(2): 189-197.
- Boukhenouna S, Wilson MA, Bahmed K, Kosmider B 2018. Reactive Oxygen Species in Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2018.
- Bryngelsson S, Mannerstedt-Fogelfors B, Kamal-Eldin A, Andersson R, Dimberg LH 2002. Lipids and Antioxidants in Groats and Hulls of Swedish

- Oats (*Avena sativa* L.). Journal of the Science of Food and Agriculture, 82(6): 606-614.
- Çakmakçı S, Kahyaoglu, DT 2012. Yağ Asitlerinin Sağlık ve Beslenme Üzerine Etkileri. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi, 2:133-137.
- Carlson MO, Montilla-Bascon G, Hoekenga OA, Tinker NA, Poland J, Baseggio M, Yeats TH 2019. Multivariate Genome-Wide Association Analyses Reveal The Genetic Basis of Seed Fatty Acid Composition in Oat (*Avena sativa* L.). G3: Genes, Genomes, Genetics, 9(9): 2963-2975.
- Carlsson-Kanyama A, González AD 2009. Potential Contributions of Food Consumption Patterns to Climate Change. American Journal of Clinical Nutrition, 89(5): 1704-1709.
- Carreira-Casais A, Otero P, Garcia-Perez P, Garcia-Oliveira P, Pereira AG, Carpena M, Prieto MA 2021. Benefits and Drawbacks of Ultrasound-Assisted Extraction for The Recovery of Bioactive Compounds from Marine Algae. International Journal of Environmental Research and Public Health, 18(17): 9153.
- Çelik SE, Özyürek M, Altun M, Bektaşoğlu B, Güçlü K, Berker KI, Apak R 2008. Antioxidant Capacities of Herbal Plants Used in The Manufacture of Van Herby Cheese: 'Otlu Peynir'. International Journal of Food Properties, 11(4):747-761.
- Çelik SE, Özyürek M, Güçlü K, Apak R 2010. Solvent Effects on The Antioxidant Capacity of Lipophilic and Hydrophilic Antioxidants Measured by CUPRAC, ABTS/Persulphate and FRAP Methods. Talanta, 81(4-5): 1300-1309.
- Chen H, Qiu S, Gan J, Li Z, Nirasawa S, Yin L. 2016. New Insights into The Antioxidant Activity and Components in Crude Oat Oil and Soybean Oil. Journal of Food Science and Technology, 53(1): 808-815.
- Dedebaş T, Capar TD, Ekici L, Yalçın H 2021. Yağlı Tohumlarda Ultrasonik-Destekli Ekstraksiyon Yöntemi ve Avantajları. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 21: 313-322.
- Erdoğan Ü, Gökçe EH 2021. Fig Seed Oil-Loaded Nanostructured Lipid Carriers: Evaluation of The Protective Effects Against Oxidation. Journal of Food Processing and Preservation, 45(10): e15835.
- Fathi-Achachlouei B, Azadmard-Damirchi S 2009. Milk Thistle Seed Oil Constituents from Different Varieties Grown in Iran. Journal of The American Oil Chemists' Society, 86(7): 643-649.
- Fritsche S, Wang X, Jung C 2017. Recent Advances in Our Understanding of Tocopherol Biosynthesis In Plants: An Overview of Key Genes, Functions, and Breeding of Vitamin E Improved Crops. Antioxidants, 6(4): 99.
- Godic A, Poljšak B, Adamic M, Dahmane R 2014. The Role of Antioxidants In Skin Cancer Prevention and Treatment. Oxidative Medicine and Cellular Longevity, 2014.
- Gogus U, Smith C 2010. n-3 Omega fatty acids: A Review of Current Knowledge. International Journal of Food Science & Technology, 45(3): 417-436.
- Graf J 2005. Anti-Aging Skin Care Ingredient Technologies. Cheryl M. Burgess (Ed.), Cosmetic Dermatology İçinde (s.17-26). Berlin: Springer-Verlag GmbH.
- Gulzar S, Benjakul S. 2018. Ultrasound Waves Increase The Yield and Carotenoid Content of Lipid Extracted from Cephalothorax of Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*). European Journal of Lipid Science and Technology, 120(5): 1700495.
- Keynes RG, Garthwaite J 2004. Nitric Oxide and Its Role in Ischaemic Brain injury. Current Molecular Medicine, 4(2):179-191.
- Kilci A, Gocmen D 2014. Phenolic Acid Composition, Antioxidant Activity and Phenolic Content of Tarhana Supplemented with Oat Flour. Food Chemistry, 151: 547-553.
- Kouřimská L, Sabolová M, Horčíčka P, Rys S, Božik M 2018. Lipid Content, Fatty Acid Profile, and Nutritional Value of New Oat Cultivars. Journal of Cereal Science, 84: 44-48.
- Kumar BS, Rathod BS, Gupta AK, Ravinder J 2017 Effect of Nitrogen Levels and Cutting Management on Available Nitrogen, Phosphorus and Potassium of Soil in Fodder Oat (*Avena sativa* L.) Cultivation. International Journal of Chemical Studies, 5: 146-148
- Li H, Pordesimo L, Weiss J 2004. High Intensity Ultrasound-Assisted Extraction of Oil from Soybeans. Food Research International, 37(7): 731-738
- Liu J, Jin S, Song H, Huang K, Li S, Guan X, Wang Y 2020. Effect of Extrusion Pretreatment on Extraction, Quality and Antioxidant Capacity of Oat (*Avena sativa* L.) Bran Oil. Journal of Cereal Science, 95: 102972.
- Martínez-Villaluenga C, Peñas E 2017. Health Benefits of Oat: Current Evidence and Molecular Mechanisms. Current Opinion in Food Science, 14: 26-31.
- McCusker MM, Grant-Kels JM 2010. Healing Fats of The Skin: The Structural and Immunologic Roles of The  $\omega$ -6 and  $\omega$ -3 Fatty Acids. Clinics in Dermatology, 28(4): 440-451.
- Meguro S, Arai Y, Masukawa Y, Uie K, Tokimitsu I 2000. Relationship between Covalently Bound Ceramides and Transepidermal Water Loss (TEWL). Archives of Dermatological Research, 292(9): 463-468.
- Musa Özcan M, Özkan G, Topal A 2006. Characteristics of Grains and Oils of Four Different Oats (*Avena sativa* L.) Cultivars



- Growing in Turkey. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 57(5-6): 345-352.
- Newell MA, Asoro FG, Scott MP, White PJ, Beavis WD, Jannink JL 2012. Genome-Wide Association Study for Oat (*Avena sativa* L.) Beta-Glucan Concentration Using Germplasm of Worldwide Origin. *Theoretical and Applied Genetics*, 125(8): 1687-1696.
- Okur İ, Baltacıoğlu C, Ağçam E, Baltacıoğlu H, Alpas H 2019. Evaluation of The Effect of Different Extraction Techniques on Sour Cherry Pomace Phenolic Content and Antioxidant Activity and Determination of Phenolic Compounds by FTIR and HPLC. *Waste and Biomass Valorization*, 10(12): 3545-3555.
- Önder S, Tonguç M, Erbaş S, Önder D, Mutlucan M 2022. Investigation of Phenological, Primary and Secondary Metabolites Changes during Flower Developmental of *Rosa damascena*. *Plant Physiology and Biochemistry*, 192: 20-34.
- Peterson DM 2001. Oat Antioxidants, *Journal of Cereal Science*, 33(2): 115-129.
- Raes K, De Smet S, Demeyer D 2004. Effect of Dietary Fatty Acids on Incorporation of Long Chain Polyunsaturated Fatty Acids and Conjugated Linoleic Acid in Lamb, Beef and Pork Meat: A Review. *Animal feed science and technology*, 113(1-4): 199-221.
- Saleem M, Zamir MSI, Haq I, Irshad MZ, Rehman S 2015. Yield and Quality of Forage Oat (*Avena sativa* L.) Cultivars as Affected by Seed Inoculation with Nitrogenous Strains. *American Journal of Plant Sciences*, 6: 3251-3259
- Samaram S, Mirhosseini H, Tan CP, Ghazali HM, Bordbar S, Serjouie A 2015. Optimisation of Ultrasound-Assisted Extraction of Oil from Papaya Seed by Response Surface Methodology: Oil Recovery, Radical Scavenging Antioxidant Activity, and Oxidation stability. *Food Chemistry*, 172: 7-17.
- Singh R, De S, Belkheir A 2013. *Avena Sativa* (Oat), A Potential Nutraceutical and Therapeutic Agent: An Overview. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53(2): 126-144.
- Stewart D, McDougall G 2014. Oat Agriculture, Cultivation and Breeding Targets: Implications for Human Nutrition and Health. *British Journal of Nutrition*, 112(S2): S50-S57.
- Toma M, Vinatoru M, Paniwnyk L, Mason TJ 2001. Investigation of The Effects of Ultrasound on Vegetal Tissues During Solvent Extraction. *Ultrasonics sonochemistry*, 8(2): 137-142.
- Vermaak I, Kamatou GPP, Komane-Mofokeng B, Viljoen AM, Beckett K 2011. African Seed Oils of Commercial Importance—Cosmetic Applications. *South African Journal of Botany*, 77(4): 920-933.
- Villaño D, Fernández-Pachón MS, Moyá ML, Troncoso AM, García-Parrilla MC 2007. Radical Scavenging Ability of Polyphenolic Compounds Towards DPPH Free Radical. *Talanta*, 71(1): 230-235.
- Vinatoru M, Toma M, Radu O, Filip PI, Lazurca D, Mason TJ. 1997. The Use of Ultrasound for The Extraction of Bioactive Principles from Plant Materials. *Ultrasonics Sonochemistry*, 4(2): 135-139.
- Wong ML, Timms RE, Goh E M 1988. Colorimetric Determination of Total Tocopherols in Palm Oil, Olein and Stearin. *Journal of The American Oil Chemists Society*, 65(2): 258-261.
- Yang Z, Piironen V, Lampi AM 2019. Epoxy and Hydroxy Fatty Acids As Non-Volatile Lipid Oxidation Products in Oat. *Food chemistry*, 295: 82-93.
- Zakirullah M, Ali N, Jan T, Khil A, Hazratullah IM 2017. Effect of Different Nitrogen Levels and Cutting Stages on Crude Protein, Crude Fiber, Dry Matter and Green Fodder Yield of Oat (*Avena sativa* L.). *Pure and Applied Biology (PAB)*, 6(2): 448-453.
- Zhang QA, Zhang ZQ, Yue XF, Fan XH, Li T, Chen SF 2009. Response Surface Optimization of Ultrasound-Assisted Oil Extraction from Autoclaved Almond Powder. *Food Chemistry*, 116(2): 513-518.
- Zou Y, Lu Y, Wei D 2004. Antioxidant Activity of A Flavonoid-Rich Extract of *Hypericum Perforatum* L. In Vitro. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(16): 5032-5039.