

Brassicaceae Familyasına ait Üç *Lepidium* Türünün Karşılaştırmalı Fitokimyasal İçerikleri ve Antioksidan Kapasiteleri

*Makale Bilgisi / Article Info

Alındı/Received: 11.09.2023

Kabul/Accepted: 07.03.2024

Yayımlandı/Published: 29.04.2024

Comparative Phytochemical Contents and Antioxidant Capacities of Three *Lepidium* Species of the Brassicaceae Family

Saliha AYDIN^{ID}, Hakan TERZİ*^{ID}, Mustafa YILDIZ^{ID}, Mustafa KARGIOĞLU^{ID}, Ahmet SERTESER^{ID}, Emre PEHLİVAN^{ID}

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Afyonkarahisar.

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

Öz

Bazı *Lepidium* (Brassicaceae) türlerinin biyolojik aktiviteleri çalışılmış olmasına rağmen, bazı *Lepidium* türlerinin kimyasal bileşimleri ve antioksidan aktiviteleri hakkındaki bilgiler halen yetersizdir. Mevcut çalışmada *L. draba* (LD) ve *L. perfoliatum* (LP) ile fitokimyasal içeriği çalışılmamış olan *L. cartilagineum* (LC)'un farklı dokularından elde edilen metanol ekstraktlarında toplam fenolik ve toplam flavonoid içerikleri ile antioksidan kapasitelerinin karşılaştırılması olarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır. En yüksek toplam fenolik içeriği çiçek ekstraktlarında (LC'de 153.9 µg GAE/mg ekstrakt, LD'de 143.1 µg GAE/mg ekstrakt ve LP'de 118.7 µg GAE/mg ekstrakt) belirlenmiştir. Toplam flavonoid içerikleri ise en yüksek yaprak ekstraktlarında (LP'de 39.3 µg QE/mg ekstrakt, LD'de 34.6 µg QE/mg ekstrakt ve LC'de 33.1 µg QE/mg ekstrakt) saptanmıştır. Ekstraktların antioksidan kapasiteleri farklı antioksidan testleriyle analiz edilmiştir. Çiçek dokularında toplam fenolik içeriğe benzer olarak toplam antioksidan kapasite ve serbest radikal süpürücü aktivite en yüksek bulunmuştur. LC ve LP türlerinin yaprak ve çiçek ekstraktları en yüksek bakır ve demir indirgeyici etki göstermiştir. Sonuçlar, LD ve LP türlerinin yanı sıra LC türünün de farmakolojik özelliklere sahip potansiyel tıbbi bir bitki olarak kabul edilebileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler Antioksidan; *Lepidium cartilagineum*; *L. draba*; *L. perfoliatum*; Fenolikler.

Abstract

Although the biological activities of some *Lepidium* (Brassicaceae) species have been studied, information about the chemical compositions and antioxidant activities of some *Lepidium* species is still insufficient. In the current study, it was aimed to comparatively evaluate the total phenolic and total flavonoid contents and antioxidant capacities of methanol extracts obtained from different tissues of *L. draba* (LD) and *L. perfoliatum* (LP) and *L. cartilagineum* (LC), whose phytochemical contents have not been studied. The highest total phenolic content was determined in flower extracts (153.9 µg GAE/mg extract in LC, 143.1 µg GAE/mg extract in LD and 118.7 µg GAE/mg extract in LP). Total flavonoid contents were highest in leaf extracts (39.3 µg QE/mg extract in LP, 34.6 µg QE/mg extract in LD and 33.1 µg QE/mg extract in LC). The antioxidant capacities of the extracts were analyzed with different antioxidant tests. Similar to the total phenolic content, total antioxidant capacity and free radical scavenging activity were found to be highest in flower tissues. Leaf and flower extracts of LC and LP species showed the highest copper and iron reducing effects. The results indicate that the LC species, as well as the LD and LP species, can be considered a potential medicinal plant with pharmacological properties.

Keywords Antioxidant; *Lepidium cartilagineum*; *L. draba*; *L. perfoliatum*; Phenolics

1. Giriş

Aerobik organizmalar, metabolik süreçler yoluyla reaktif oksijen türleri (ROT) üretmekte ve organizmalarda aşırı ROT üretimi hücrenin antioksidan kapasitesini aşarak oksidatif strese yol açmaktadır (Sousa *et al.* 2015). Oksidatif stres, kardiyovasküler hastalıklar, katarakt, kanser ve diyabet gibi birçok kronik hastalığın ortaya çıkmasına sebep olmaktadır (Singh ve Kumari 2015). Antioksidanlar, oksidasyonu geciktirerek veya azaltarak oksidatif zincir reaksiyonlarını inhibe edebilen ve serbest radikallerin vücutta daha düşük konsantrasyonlarda tutulmasını sağlayan moleküllerdir (Almeida *et al.* 2016). Bitki sekonder metabolitlerinin, serbest radikallerin sebep

olduğu çeşitli hastalıklara karşı koruyucu antioksidanlar olarak rol oynadığı bilinmektedir (Hou *et al.* 2003). Ayrıca bitkilerin sahip olduğu antioksidan kapasite, farklı fenolik bileşiklerin konsantrasyonu ile doğrudan ilişkilidir (Djeridane *et al.* 2006). Dünya genelinde 372 cins ve 4,060 tür içeren Brassicaceae, dünyanın ekonomik açıdan en önemli bitki familyalarından biridir (Zhu *et al.* 2023).

Brassicaceae familyası, glukozinolatlar, fenolik asitler ve flavonoidler gibi sekonder metabolitler açısından zengindir ve bu bileşiklerle ilişkili olarak antioksidan, antibakteriyel ve antikanser etki gibi çeşitli biyolojik aktiviteler sergilemektedir (Dias *et al.* 2021). *Lepidium* cinsi 234 tür ile Brassicaceae familyasının en büyük

cinslerinden biridir ve çoğunlukla ılıman ve subtropikal bölgelerde yayılış göstermektedir (Bona 2012). Tıbbi bir bitki olarak kabul edilen *L. draba* (= *Cardaria draba*), glukozinolatlar adı verilen çok değerli ikincil metabolitlere sahiptir (Halkier and Gershenzon 2006). *L. draba* ekstraktlarının antioksidan ve antibakteriyel aktiviteleri çeşitli araştırmacılar tarafından rapor edilmiştir (Sharifi-Rad *et al.* 2015, Ali *et al.* 2020). Ayrıca *L. draba* bitkisinin alkaloidler, terpenoidler, tanenler, flavonoid ve fenolik asit gibi çeşitli sekonder metabolitlerce zengin olduğu bildirilmiştir (Mahomoodally *et al.* 2018, Wang *et al.* 2021, Eruygur *et al.* 2022). *L. perfoliatum* dünya genelinde yayılış göstermekte ve ekimi yapılmaktadır. Bu bitkinin tohumları, farmasötik etkileri nedeniyle geleneksel tıp reçetelerinde uzun süredir kullanılmaktadır (Yousefi *et al.* 2022). *L. cartilagineum*, halofit bir tür olarak kabul edilmektedir (Schmotzer 2021). Literatürde *L. draba* ve *L. perfoliatum* türlerinden elde edilen farklı ekstraktların antioksidan kapasiteleri değerlendirilmiş olmasına karşın, *L. cartilagineum* ile ilgili herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle, bu çalışmada, *L. cartilagineum*, *L. draba* ve *L. perfoliatum* türlerinin yaprak, çiçek ve kök kısımlarından elde edilen metanol ekstraktlarının toplam fenolik ve flavonoid içerikleri ve antioksidan kapasitelerinin karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1 Bitki materyalleri ve metanol ekstraktlarının hazırlanması

L. cartilagineum (LC), *L. draba* (LD) ve *L. perfoliatum* (LP) türlerinin toprak üstü kısımları ve kökleri, Afyon Kocatepe Üniversitesi yerleşkesi içerisindeki doğal popülasyonlarından (38°48' K, 30°31' D) Mayıs 2023'te çiçeklenme aşamasında toplanmıştır. Toplanan bitkiler oda sıcaklığında ve gölgede kurutulmuştur. Kurutulan bitkiler yaprak, çiçek ve kök dokularına ayrılmış ve elektrikli öğütücü ile ince toz haline getirilmiştir. Her bir örnek için 1 g kuru bitki dokusu 10 mL metanol ile ekstrakte edilmiştir. Karışımlar 15 dakika çalkalayıcıda tutulduktan sonra +4°C'de 24 saat inkübe edilmiştir. Bu süre sonunda ekstraktlar adi filtre kağıdı ile süzölmüş ve çözücü metanol vakumlu evaporatör (Heidolph Laborota 4001, Almanya) ile uçurulmuştur. Dokulara ait kuru ekstraktlar analizler yapılncaya kadar +4°C'de saklanmıştır.

2.2 Toplam fenolik içeriğinin belirlenmesi

Ekstraktların toplam fenol içeriği, Singleton ve Rossi'nin (1965) yöntemine göre spektrofotometrik (Optizen POP, Mecasys Co., Kore) olarak belirlenmiştir. Bitki dokularından elde edilen ekstraktlar (1 mg/mL), Folin-

Ciocalteu reaktifi ve %20 Na₂CO₃ çözeltisi ile karıştırılmıştır. Karışımlar oda sıcaklığında ve karanlıkta 2 saat inkübe edildikten sonra absorbansları 760 nm'de spektrofotometrik olarak ölçülmüştür. Ekstraktların toplam fenolik içerikleri, gallik asit (GA) standart eğrisi kullanılarak belirlenmiş ve GA eşdeğerleri (µg GAE/mg ekstrakt) olarak verilmiştir.

2.3 Toplam flavonoid içeriğinin belirlenmesi

Toplam flavonoid tayini için alüminyum klorür kolorimetrik yöntemi kullanılmıştır (Deng and van Verkel 1998). Metanol ekstraktları (1 mg/mL), %10 alüminyum klorür ve 1 M potasyum asetat ile karıştırılmıştır. Reaksiyon karışımları 30 dakika oda sıcaklığında inkübe edilmiş ve absorbansları 415 nm'de ölçülmüştür. Ekstraktların toplam flavonoid içerikleri, kersetin (Q) standart eğrisi kullanılarak belirlenmiş ve kersetin eşdeğerleri (µg QE/mg ekstrakt) olarak verilmiştir.

2.4 Toplam antioksidan kapasitenin (TAK) belirlenmesi

Ekstraktların toplam antioksidan kapasitesi fosfomolibden testi kullanılarak değerlendirilmiştir (Prieto *et al.* 1999). İlk olarak ekstraktlar (1 mg/mL) reaktif çözeltisi (0.6 M sülfürik asit, 28 mM sodyum fosfat ve 4 mM amonyum molibdat) ile karıştırılmıştır. Reaksiyon karışımı içeren tüpler 95°C'de 90 dakika inkübe edildikten sonra karışımların absorbansı 695 nm'de ölçülmüştür. Ekstraktların toplam antioksidan kapasitesi, askorbik asit (AA) standart eğrisi kullanılarak belirlenmiş ve AA eşdeğerleri (µg AAE/mg ekstrakt) olarak verilmiştir.

2.5 DPPH serbest radikal süpürücü aktivitenin belirlenmesi

Ekstraktların serbest radikal süpürücü aktivitesi, modifiye 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) testi ile belirlenmiştir (Espín *et al.* 2000). Ekstrakt (0.1 – 2 mg/mL) ve 0.1 mM DPPH metanol solüsyonundan (40 µg/mL) oluşan reaksiyon karışımı, oda sıcaklığında 30 dakika inkübe edilmiş ve absorbansı spektrofotometrik olarak 517 nm'de ölçülmüştür. Kör olarak metanol, negatif kontrol olarak metanol solüsyonu ve pozitif kontrol olarak askorbik asit kullanılmıştır. Serbest radikal süpürücü aktivite aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır:

$$\text{DPPH inhibisyonu (\%)} = \frac{[(\text{Absc} - \text{Abs}_s) / \text{AC}] \times \%100}{1} \quad (1)$$

Absc negatif kontrolün absorbansı, Abs_s ise reaksiyon karışımının absorbansıdır.

2.6 Demir indirgeyici antioksidan güç (FRAP) testi

Ekstraktların Fe⁺³ tripiridiltriazin (Fe(III)-TPTZ) kompleksini

düşük pH'ta Fe²⁺ tripiridiltriazine (Fe(II)-TPTZ) indirgemek için toplam antioksidan gücü FRAP testi kullanılarak belirlenmiştir (Tuberoso *et al.* 2010). Sırasıyla 10:1:1 (v/v/v) oranında sodyum asetat tamponu (300 mM), 40 mM HCl içinde 10 mM TPTZ ve 20 mM FeCl₃ solüsyonu içerecek şekilde taze hazırlanan FRAP reaktifi, kullanımdan önce 37°C'ye ısıtılmıştır. Ekstraktlar (1 mg/mL), FRAP reaktifi ile karıştırılmış, 37°C sıcaklıkta 10 dakika süreyle inkübe edilmiş ve reaksiyon karışımının absorbansı, 593 nm'de ölçülmüştür. Ekstraktların FRAP değerleri, troloks (TR) standart eğrisi kullanılarak belirlenmiş ve TR eşdeğerleri (µM TRE/mg ekstrakt) olarak verilmiştir.

2.7 Bakır iyonu indirgeyici antioksidan kapasite (CUPRAC) testi

CUPRAC testi için Apak vd. (2006) önerdiği protokol kullanılmıştır. Her bir ekstrakt (1 mg/mL) 10 mM CuCl₂, 7.5 mM neokuproin (2,9-dimetil-1,10-fenantrolin) ve 1 mM amonyum asetat tamponu (pH 7.0) çözeltileri ile karıştırılmıştır. Oda sıcaklığında 30 dakikalık inkübasyondan sonra karışımın absorbansı 450 nm'de ölçülmüştür. Ekstraktların CUPRAC değerleri, troloksun molar absorplama katsayısı ($\epsilon = 16.700 \text{ L mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$) kullanılarak hesaplanmış ve TR eşdeğerleri (µM TRE/mg ekstrakt) olarak verilmiştir.

2.8 İstatistiksel analizler

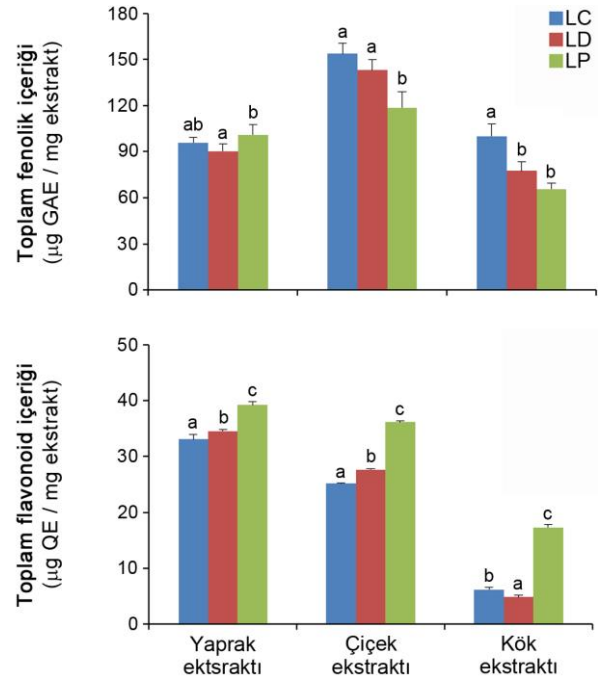
Tüm deneyler üç tekrarlı olacak şekilde iki kez gerçekleştirilmiştir. İstatistiksel analizler, SPSS 22.0 yazılımı kullanılarak varyans analizi (ANOVA) ile yapılmıştır. Veriler Duncan çoklu karşılaştırma testi (DMRT) ile kullanılarak analiz edilmiştir.

3. Bulgular

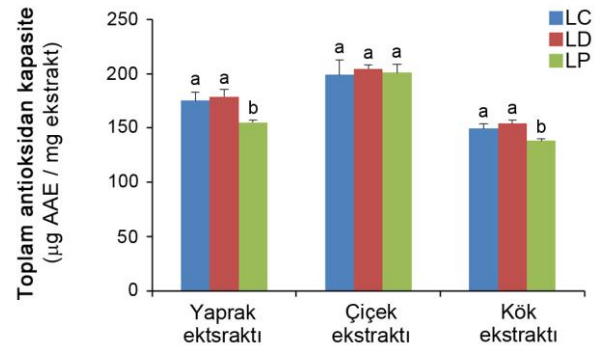
3.1 Toplam fenolik ve flavonoid içerikleri

L. cartilagineum (LC), *L. draba* (LD) ve *L. perfoliatum* (LP) türlerinin farklı doku ekstraktlarının toplam fenolik ve flavonoid içerikleri Şekil 1'de verilmiştir. Toplam fenolik içeriği için en yüksek konsantrasyonlar üç tür için de çiçek ekstraktlarında (LC'de 153.92 µg GAE/mg ekstrakt, LD'de 143.10 µg GAE/mg ekstrakt ve LP'de 118.68 µg GAE/mg ekstrakt) bulunmuştur. Toplam flavonoid içeriklerinin en yüksek konsantrasyonları türlerin yaprak ekstraktlarında (LC'de 33.13 µg QE/mg ekstrakt, LD'de 34.60 µg QE/mg ekstrakt ve LP'de 39.25 µg QE/mg ekstrakt) belirlenmiştir. En düşük flavonoid içeriklerine ait değerler ise kök ekstraktlarında (LC'de 6.19 µg QE/mg ekstrakt, LD'de 4.81

µg QE/mg ekstrakt ve LP'de 17.34 µg QE/mg ekstrakt) saptanmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. *Lepidium* türlerinin farklı dokularına ait metanol ekstraktlarının toplam fenolik ve flavonoid içerikleri. Her bir dokudaki farklı harfler (a – b), DMRT analizine göre ortalamalar arasındaki önemli farklılıkları göstermektedir (P<0.05).



Şekil 2. *Lepidium* türlerinin farklı dokularına ait metanol ekstraktlarının toplam antioksidan kapasiteleri. Her bir dokudaki farklı harfler (a – b), DMRT analizine göre ortalamalar arasındaki önemli farklılıkları göstermektedir (P<0.05).

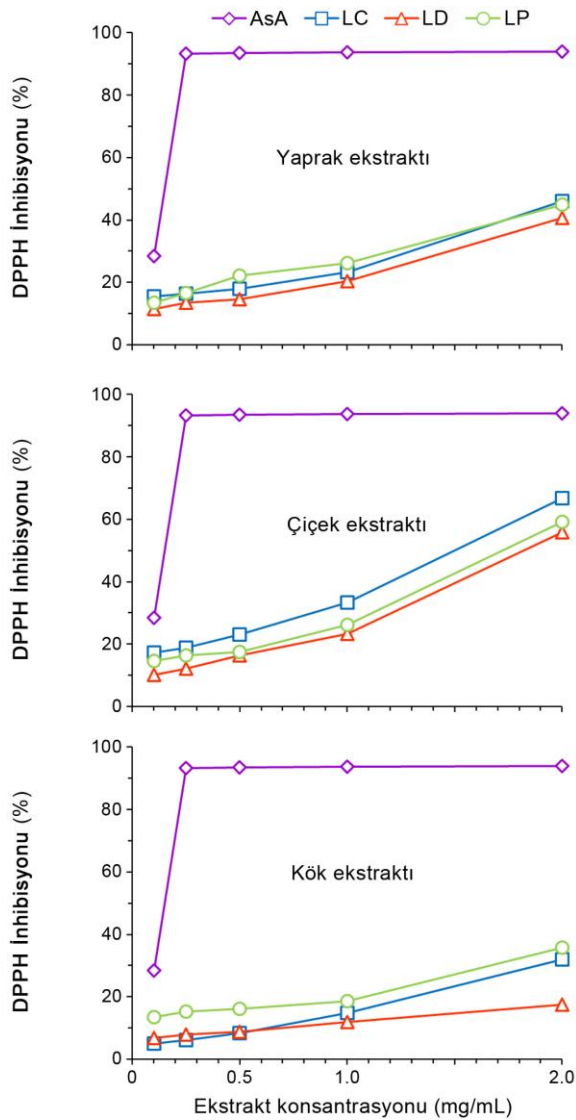
3.2 Toplam antioksidan kapasite

Lepidium türlerinin farklı doku ekstraktlarının toplam antioksidan kapasite değerleri Şekil 2'de verilmiştir. Türlerin antioksidan kapasiteleri en yüksek çiçek ekstraktlarında (LC'de 198.80 µg AAE/mg ekstrakt, LD'de 204.55 µg AAE/mg ekstrakt ve LP'de 200.98 µg AAE/mg ekstrakt) ve en düşük kök ekstraktlarında (LC'de 149.55

μg AAE/mg ekstrakt, LD'de 154.17 μg AAE/mg ekstrakt ve LP'de 138.18 μg AAE/mg ekstrakt) belirlenmiştir.

3.3 DPPH serbest radikal süpürücü aktivite

Lepidium türlerinin DPPH indirgeme potansiyelleri doku tipine göre değişiklik göstermiştir. Türlerin DPPH indirgeme potansiyelleri en yüksek çiçek ekstraktlarında, en düşük ise kök ekstraktlarında belirlenmiştir. LD türüne göre LC ve LP türlerinin üç farklı doku ekstraktının daha yüksek inhibisyon potansiyeline sahip olduğu bulunmuştur (Şekil 3).



Şekil 3. *Lepidium* türlerinin farklı dokularına ait metanol ekstraktlarının DPPH serbest radikal süpürücü aktiviteleri.

3.4 Demir indirgeyici antioksidan potansiyel

Lepidium türlerinin FRAP analizinde en yüksek demir indirgeyici antioksidan potansiyel en yüksek yaprak (LC'de 0.34 μM TRE/mg ekstrakt, LD'de 0.22 μM TRE/mg ekstrakt ve LP'de 0.34 μM TRE/mg ekstrakt) ve çiçek

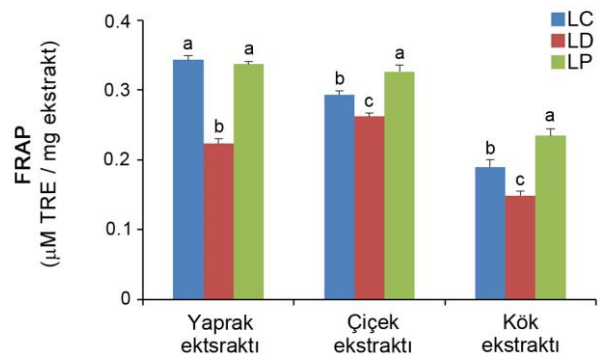
(LC'de 0.29 μM TRE/mg ekstrakt, LD'de 0.26 μM TRE/mg ekstrakt ve LP'de 0.33 μM TRE/mg ekstrakt) dokularında belirlenirken en düşük antioksidan kapasite kök ekstraktlarında (LC'de 0.19 μM TRE/mg ekstrakt, LD'de 0.15 μM TRE/mg ekstrakt ve LP'de 0.23 μM TRE/mg ekstrakt) belirlenmiştir (Şekil 4).

3.5 Bakır iyonu indirgeyici antioksidan kapasite

Lepidium türlerinin CUPRAC analizinde en yüksek bakır indirgeyici antioksidan kapasite en yüksek yaprak (LC'de 0.32 μM TRE/mg ekstrakt, LD'de 0.20 μM TRE/mg ekstrakt ve LP'de 0.33 μM TRE/mg ekstrakt) ve çiçek (LC'de 0.32 μM TRE/mg ekstrakt, LD'de 0.27 μM TRE/mg ekstrakt ve LP'de 0.30 μM TRE/mg ekstrakt) ekstraktlarında tespit edilirken en düşük antioksidan kapasite kök ekstraktında (LC'de 0.19 μM TRE/mg ekstrakt, LD'de 0.14 μM TRE/mg ekstrakt ve LP'de 0.14 μM TRE/mg ekstrakt) tespit edilmiştir (Şekil 5).

4. Tartışma

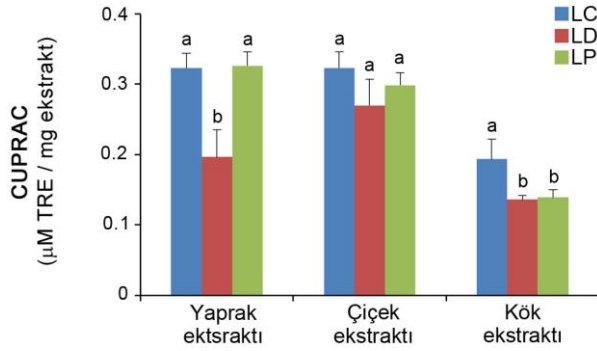
Bu çalışmada, Afyonkarahisar'da doğal olarak yayılış gösteren üç *Lepidium* türünün fenolik ve flavonoid içerikleri ile antioksidan kapasiteleri metanol ekstraktlarında araştırılmıştır. Fitokimyasal içerikleri ve antioksidan kapasiteleri incelenen üç *Lepidium* türünde en yüksek toplam fenolik içeriği çiçek dokularında belirlenirken, en yüksek toplam flavonoid içeriği yaprak dokularında belirlenmiştir.



Şekil 4. *Lepidium* türlerine ait metanol ekstraktlarının demir indirgeyici antioksidan potansiyelleri (FRAP). Her bir dokudaki farklı harfler (a – c), DMRT analizine göre ortalamalar arasındaki önemli farklılıkları göstermektedir (P<0.05).

Çalışmamıza benzer olarak, Eryugur vd. (2022), en yüksek toplam fenolik içeriğini *L. draba* çiçek sulu ekstraktında (64.32 mg GAE/g ekstrakt) belirlerken, en yüksek toplam flavonoid içeriğini ise yaprak etanol ekstraktında (141.47 mg QE/g ekstrakt) belirlemiştir. Aynı araştırmacılar, kök etanol ekstraktında fenolik içeriği (12.86 mg GAE/g

ekstrakt) ve kök metanol ekstraktında flavonoid içeriğini (1.21 mg QE/g ekstrakt) en düşük olarak saptamışlardır.



Şekil 5. *Lepidium* türlerine ait metanol ekstraktlarının bakır iyonu indirgeyici antioksidan kapasiteleri (CUPRAC). Her bir dokudaki farklı harfler (a – b), DMRT analizine göre ortalamalar arasındaki önemli farklılıkları göstermektedir (P<0.05).

Diğer taraftan, *L. draba*'nın toprak üstü dokularında en yüksek toplam fenolik içeriğinin (31.67 mg GAE/g ekstrakt) aseton ekstraktında, en yüksek flavonoid içeriğinin (26.98 mg RUE/g ekstrakt) ise sulu ekstraktta olduğu bildirilmiştir (Mahomoodally *et al.* 2018). Literatürde *L. cartilagineum* ve *L. perfoliatum* bitki ekstraktlarının toplam fenolik ve flavonoid içerikleri hakkında çalışma bulunmamaktadır. Araştırma sonuçlarımıza göre, *L. cartilagineum*'un incelenen diğer *Lepidium* türlerine benzer olarak çiçek ekstraktında yüksek fenolik içeriğe ve yaprak ekstraktında yüksek flavonoid içeriğe sahip olması nedeniyle *L. cartilagineum*'un biyoaktif özelliklere sahip alternatif bir fenolik kaynağı olarak potansiyel kullanımı önerilebilir. Flavonoidler ve fenolik asitler de dahil olmak üzere fenolik bileşiklerin bitkilerde antioksidan aktiviteden sorumlu olduğu bilinmektedir (RiceEvans and Miller 1996). Literatürde her biri farklı mekanizmalara dayanan çeşitli antioksidan analiz yöntemleri bulunmaktadır. Moharram ve Youssef (2014), bitki dokularının antioksidan kapasitelerinin belirlenmesi için esas bir yöntemin olmadığını, bu nedenle farklı analizlerin yapılmasının gerekliliğini vurgulamıştır. Bu çalışmada, *Lepidium* türlerinin antioksidan potansiyeli, toplam antioksidan kapasite, serbest radikal temizleme potansiyeli (DPPH) ve metal iyonu indirgeme kapasiteleri (CUPRAC ve FRAP) açısından araştırılmıştır. Toplam fenolik içeriği ile paralel olarak, en yüksek toplam antioksidan kapasite ve DPPH indirgeme potansiyeli üç *Lepidium* türü için de çiçek ekstraktlarında belirlenirken, en düşük aktivite kök ekstraktlarında belirlenmiştir. Mocan vd. (2020), antioksidan kapasitenin fenolik/flavonoid bileşiklerin içeriği ile ilişkili olduğunu göstermiştir. Bu korelasyon, polifenoller ve flavonoidler açısından zengin bitkilerin

önemli bir antioksidan aktivite gösterdiği yönündeki genel hipoteze dayanarak açıklanabilir. Diğer taraftan, ekstraktların antioksidan kapasitesi, kanıtlanmış antioksidan potansiyeli olan diğer sekonder metabolitlerin varlığıyla da ilişkilendirilebilir (Huang *et al.* 2005).

Metal iyonu indirgeme gücü önemli bir antioksidan mekanizma olarak kabul edilir ve antioksidanların elektron verme yeteneği ile ilişkilidir (Llorent-Martínez *et al.* 2017). FRAP analizi, demir iyonlarını indirgeme yeteneği olarak antioksidan kapasiteyi ölçmek için kullanılmaktadır. FRAP, bir antioksidanın yoğun mavi ferrik tripiridiltriazin kompleksini demir formuna indirgeme ve böylece absorbansını değiştirme yeteneğini ölçen kolorimetrik bir analizdir (Badarinath *et al.* 2010). CUPRAC testi, antioksidan bileşiklerin varlığında bir Cu(II) kompleksinin indirgenmesine dayanmaktadır (Marques *et al.* 2014). FRAP ve CUPRAC analizlerinden elde edilen sonuçlar yaprak ve çiçek ekstraktlarının kök ekstraktlarından daha yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduklarını göstermiştir. Bununla birlikte, *L. cartilagineum* ve *L. perfoliatum* bitkilerinden elde edilen yaprak ve çiçek ekstraktlarının *L. draba* ekstraktlarına göre daha yüksek FRAP ve CUPRAC değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Literatürde *L. draba*'nın farklı dokularının farklı çözücüler kullanılarak fitokimyasal profillemeye ve antioksidan kapasite belirleme ile ilgili çalışmalara rastlanmıştır. Bu çalışmada, *L. cartilagineum* ve *L. perfoliatum*'un farklı dokularından elde edilen metanol ekstraktlarının antioksidan potansiyelleri ilk kez değerlendirilmiştir.

5. Sonuç

Bu çalışmada, ilk kez *L. cartilagineum* bitkisinin farklı dokularının antioksidatif kapasiteleri ortaya konulmuştur. *L. cartilagineum*, *L. draba* ve *L. perfoliatum* bitkilerinden elde edilen metanol ekstraktlarının antioksidan potansiyelleri farklı analizler ile değerlendirilmiştir. *Lepidium* türlerinin metanol ekstraktları için fenolik ve flavonoid içerikleri ile antioksidan kapasite arasında bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Mevcut bulgular, özellikle *L. cartilagineum* türünün, potansiyel farmakolojik özelliklere sahip çok sayıda biyolojik olarak aktif bileşiği içerebileceğini göstermektedir. Terapötik ajan olarak kullanılacak bu bileşiklerin etki mekanizmalarını ortaya koyacak ileri çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Etik Standartlar Bildirgesi

Yazarlar tüm etik standartlara uyduklarını beyan ederler.

Yazarlık Katkı Beyanı

Yazar 1: Metodoloji, Deneysel tasarım, Analiz ve yorumlama
Yazar 2: Metodoloji, Analiz ve yorumlama, Araştırma, Yazma –orijinal taslak, Yazma – inceleme ve düzenleme, Görselleştirme
Yazar 3: Yazma –orijinal taslak, Yazma – inceleme ve düzenleme, Denetleme/danışmanlık
Yazar 4: Kaynak sağlama
Yazar 5: Kaynak sağlama
Yazar 6: Metodoloji, Analiz ve yorumlama

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarların bu makalenin içeriğiyle ilgili olarak beyan edecekleri hiçbir çıkar çatışması yoktur.

Verilerin Kullanılabilirliği

Bu çalışma sırasında oluşturulan veya analiz edilen tüm veriler, yayınlanan bu makaleye dahil edilmiştir.

5. Kaynaklar

- Ali, Q., Khalil, R., Nadeem, M., Azhar, M., Hafeez, M. and Malik, A., 2020. Antibacterial, antioxidant activities and association among plant growth related traits of *Lepidium draba*. *Biological and Clinical Sciences Research Journal*, **11**, 1–6.
- Almeida, M.L.B., Freitas, W.E.S., Morais, P.L.D., Sarmiento, J.D.A. and Alves, R.E., 2016. Bioactive compounds and antioxidant potential fruit of *Ximenia americana* L. *Food Chemistry*, **192**, 1078–1082.
- Apak, R., Güçlü, K., Demirata, B., Özyürek, M., Çelik, S. E., Bektaşoğlu, B. and Özyurt, D., 2007. Comparative evaluation of various total antioxidant capacity assays applied to phenolic compounds with the CUPRAC assay. *Molecules*, **12**, 1496–1547.
- Badarinath, A., Rao, K.M., Chetty, C.M.S., Ramkanth, S., Rajan, T. and Gnanaprakash, K., 2010. A review on in-vitro antioxidant methods: comparisons, correlations and considerations. *International Journal of PharmTech Research*, **2**, 1276–1285.
- Bona, M., 2012. *Lepidium* taxa in Turkey. *Boccone*, **24**, 221–225.
- Deng, H. and van Verkel, G.J., 1998. Electrospray mass spectrometry and UV/visible spectrophotometry studies of aluminum (III)-flavonoid complex. *Journal Mass Spectrometry*, **33**, 1080–1087.
- Dias, M.C., Pinto, D.C.G.A. and Silva, A.M.S., 2021. Plant flavonoids: Chemical characteristics and biological activity. *Molecules*, **26**, 5377.
- Djeridane, A., Yousfi, M., Nadjemi, B., Boutassouna, D., Stocker, P. and Vidal, N., 2006. Antioxidant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds. *Food Chemistry*, **97**, 654–660.
- Eruygur, N., Ayaz, F., Bağcı, Y., Güler, E. and Çağıl, E.M., 2022. Phenolic composition, *in-vitro* antioxidant and enzyme inhibition activities of *Cardaria draba* different parts. *European Journal of Science and Technology*, **35**, 424–431.
- Espín, J.C., Soler-Rivas, C. and Wichers, H.J., 2000. Characterization of the total free radical scavenger capacity of vegetable oils and oil fractions using 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **48(3)**, 648–656.
- Halkier, B.A. and Gershenzon, J., 2006. Biology and biochemistry of glucosinolates. *Annual Reviews in Plant Biology*, **57**, 303–333.
- Hou, W.C., Lin, R.D., Cheng, K.T., Hung, Y.T., Cho, C.H., Chen, C.H., Hwang, S.Y. and Lee, M.H., 2003. Free radical-scavenging activity of taiwanese native plants. *Phytomedicine*, **10**, 170–175.
- Huang, D., Ou, B. and Prior, R., 2005. The chemistry behind antioxidant capacity assays. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, **53**, 1841–1856.
- Llorent-Martínez, E., Ortega-Barrales, P., Zengin, G., Mocan, A., Simirgiotis, M., Ceylan, R., Uysal, S. and Aktumsek, A., 2017. Evaluation of antioxidant potential, enzyme inhibition activity and phenolic profile of *Lathyrus cicera* and *Lathyrus digitatus*: potential sources of bioactive compounds for the food industry. *Food and Chemical Toxicology*, **107**, 609–619.
- Mahomoodally, M.F., Zengin, G., Aumeeruddy, Z.M., Sezgin, M. and Aktümsek, A., 2018. Phytochemical profile and antioxidant properties of two Brassicaceae species: *Cardaria draba* subsp. *draba* and *Descurainia sophia*. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, **16**, 453–458.
- Marques, S.S., Magalhães, L.M., Tóth, I.V. and Segundo, M.A., 2014. Insights on antioxidant assays for biological samples based on the reduction of copper complexes—The importance of analytical conditions. *International Journal of Molecular Science*, **15**, 11387–11402.
- Mocan, A., Babotă, M., Pop, A., Fizeşan, I., Diuzheva, A., Locatelli, M., Carradori, S., Campestre, C., Menghini, L., Sisea, C.R., Sokovic, M., Zengin, G., Păltinean, R., Bădărău, S., Vodnar, D.C. and Crişan, G., 2020. Chemical constituents and biologic activities of sage species: A comparison between *Salvia officinalis* L., *S. glutinosa* L. and *S. transylvanica* (Schur ex Griseb. & Schenk) Schur. *Antioxidants*, **9(6)**, 480.

- Moharram, H. and Youssef, M., 2014. Methods for determining the antioxidant activity: a review. *Alexandria Journal of Food Science and Technology*, **11**, 31–42.
- Prieto, P., Pineda, M. and Aguilar, M., 1999. Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex: Specific application to the determination of vitamin E. *Analytical Biochemistry*, **269**, 337–341.
- RiceEvans, C.A. and Miller, N.J., 1996. Antioxidant activities of flavonoids as bioactive components of food. *Biochemical Society Transactions*, **24**, 790–795.
- Schmotzer, A., 2021. New locality of *Lepidium cartilagineum* in the Hortobágy Region (East Hungary). *Acta Biologica Plantarum Agriensis*, **9(1)**, 16–31.
- Sharifi-Rad, J., Hoseini-Alfatemi, S.M., Sharifi-Rad, M., da Silva, J.A.T., Rokni, M. and Sharifi-Rad, M., 2015. Evaluation of biological activity and phenolic compounds of *Cardaria draba* (L.) extracts. *Journal of Biology and Today's World*, **4**, 180–189.
- Singh, R. and Kumari, N., 2015. Comparative determination of phytochemicals and antioxidant activity from leaf and fruit of *Sapindus mukorrossi* Gaertn—A valuable medicinal tree. *Industrial Crops and Products*, **73**, 1–8.
- Singleton, V.L. and Rossi, J.A., 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, **16**, 144–158.
- Sousa, E.O., Miranda, C.M., Nobre, C.B., Boligon, A.A., Athayde, M.L. and Costa J.G., 2015. Phytochemical analysis and antioxidant activities of *Lantana camara* and *Lantana montevidensis* extracts. *Industrial Crops and Products*, **70**, 7–15.
- Tuberoso, C.I.G., Rosa, A., Bifulco, E., Melis, M.P., Atzeri, A., Pirisi, F.M. and Dessi, M.A., 2010. Chemical composition and antioxidant activities of *Myrtus communis* L. berries extracts. *Food Chemistry*, **123**, 1242–1251.
- Wang, Y., Bai, L., Li, H., Yang, W. and Li, M., 2021. Protective effects of *Lepidium draba* L. leaves extract on testis histopathology, oxidative stress indicators, serum reproductive hormones and inflammatory signalling in oxymetholone-treated rat. *Andrologia*, **53(11)**, e14239.
- Yousefi, A., Elmarhoum, S., Khodabakhshaghdam, S., Ako, K. and Hosseinzadeh, G., 2022. Study on the impact of temperature, salts, sugars and pH on dilute solution properties of *Lepidium perfoliatum* seed gum. *Food Science and Nutrition*, **10**, 3955–3968.