

## Erzincan İli-Ergan Dağı'nın Farklı Rakımlarında Yayılış Gösteren Bazı Taksonların Antioksidan Kapasiteleri

Gökhan ADIGÜZELLİ<sup>1</sup>, Etem OSMA<sup>2</sup>, Tuğçe VAROL<sup>3</sup>, Samed ŞİMŞEK<sup>4</sup>, Ali KANDEMİR<sup>5</sup>

<sup>1,3</sup>Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzincan, Türkiye

<sup>2,5</sup>Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Erzincan, Türkiye

<sup>4</sup>Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Çayırılı Meslek Yüksekokulu, Erzincan, Türkiye

<sup>1</sup><https://orcid.org/0009-0004-2429-416X>

<sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-5250-8194>

<sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0001-7027-462X>

<sup>4</sup><https://orcid.org/0000-0001-8451-3425>

<sup>5</sup><https://orcid.org/0000-0003-1902-9631>

\*Sorumlu yazar: eosma@erzincan.edu.tr

### Araştırma Makalesi

#### Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 19.03.2024

Kabul tarihi: 17.07.2024

Online Yayınlanma: 10.12.2024

#### Anahtar Kelimeler:

DPPH

FRAP

Fenolik

Flavonoid

Rakım

### ÖZ

Bu çalışmada, Erzincan il sınırları içerisinde bulunan Ergan Dağı'nın farklı rakımlarında 1500 m (*Glaucium leiocarpum* Boiss., *Astragalus ornithopodioides* Lam., *Alcea calvertii* (Boiss) Boiss.), 2000 m (*Globularia trichosantha* Fisch. & C.A. Mey, *Hypericum scabrum* L., *Tanacetum mucroniferum* Hub. Mor. Et Grierson, *Inula oculus-christi* L., *Onobrychis cornuta* (L.) Desv., *Barbarea auriculata* Hausskn. Ex Bornm), 3000 m (*Scorzonera sericea* DC., *Hedysarum erythroleucum* Boiss., *Astragalus nezaketiae* A. Duran & Aytaç) yayılış gösteren 12 bitki türü seçilmiştir. Çalışma ile rakım faktörünün bitkiler üzerindeki etkileri belirlenmesi amaçlanmıştır. Bunun için bitkilerin yaprak, dal ve kök olmak üzere farklı organları etilasetat, metanol ve suda ekstaksiyonu yapılarak fenolik (TPC) ve flavonoid (TPF) içeriği ile antioksidan aktivite (DPPH, FRAP) miktarının analizi yapılmıştır. Antioksidan aktiviteleri incelendiğinde, *Globularia trichosantha* bitki türünde en yüksek değerler belirlenmiştir. DPPH aktivitesi yaprakta  $47,86 \pm 1,70$ , dalda  $108,09 \pm 1,29$ , kökte ise  $60,57 \pm 0,74$  olarak ölçülmüştür. Fenolik içerik ise yaprakta  $82,56 \pm 0,46$ , dalda  $56,71 \pm 2,12$ , kökte ise  $59,75 \pm 2,11$  olarak tespit edilmiştir. FRAP aktivitesi yaprakta  $54,87 \pm 1,54$ , dalda  $41,09 \pm 3,06$ , kökte ise  $48,95 \pm 2,73$  olarak belirlenmiştir. Flavonoid içerik verileri ise *Globularia trichosantha* yaprakta  $59,81 \pm 2,31$ , dalda  $31,62 \pm 3,55$  olarak tespit edilirken, *Hypericum scabrum* kökte  $35,71 \pm 2,73$  olarak belirlenmiştir. Analiz sonuçları SPSS 22 Paket İstatistik Programında değerlendirilmiş olup rakımlar (yükselti) arasında farklılıklar tespit edilmiştir. Bitkilerin fenolik ve flavonoidlerin içerikleri ile antioksidan aktiviteleri arasında özellikle metanolde çözünen örneklerde güçlü pozitif yönde korelasyon bulunmuştur. Sonuç olarak, bu çalışma farklı rakımlarda yetişen bitkilerin fenolik ve flavonoid içeriği ile antioksidan aktivitelerindeki değişkenliği açıklamaktadır. Bulgular, rakımın bu bitki türlerinin biyoaktif bileşenleri ve antioksidan potansiyeli üzerindeki etkisini vurgulamaktadır. Ayrıca, 2000 m rakımda yetişen *Hypericum scabrum* L., *Tanacetum mucroniferum* Hub. Mor. Et Grierson, *Globularia trichosantha* Fisch & C. A Mey bitkilerinin gösterdiği antioksidan performansı, bu bitkilerin farmasötik veya diğer uygulamalarda daha fazla keşif için potansiyel oluşturmaktadır.

## Antioxidant Capacities of Some Taxa Distributed at Different Altitudes of Erzincan Province-Ergan Mountain

## Research Article

### Article History:

Received: 19.03.2024

Accepted: 17.07.2024

Published online: 10.12.2024

### Keywords:

DPPH

FRAP

Phenolic

Flavonoid

Altitude

## ABSTRACT

This study focuses on 12 plant species thriving at different altitudes on Mount Ergan within the boundaries of Erzincan province, Turkey. Three altitude zones were chosen, namely 1500 m (*Glaucium leiocarpum* Boiss., *Astragalus ornithopodioides* Lam., *Alcea calvertii* (Boiss) Boiss.), 2000 m (*Globularia trichosantha* Fisch. & C.A. Mey, *Hypericum scabrum* L., *Tanacetum mucroniferum* Hub. Mor. Et Grierson, *Inula oculus-christi* L., *Onobrychis cornuta* (L.) Desv., *Barbarea auriculata* Hausskn. Ex Bornm), and 3000 m (*Scorzonera sericea* DC., *Hedysarum erythroleucum* Boiss., *Astragalus nezaketiae* A. Duran & Aytaç). The study aimed to determine the effects of altitude on plants. Ethyl acetate, methanol, and water extractions were performed on different plant organs (leaves, stems, and roots), and the analysis included the determination of phenolic (TPC) and flavonoid (TPF) content, as well as antioxidant activity (DPPH, FRAP). When antioxidant activities were examined, the highest values were determined in *Globularia trichosantha* plant species. DPPH activity was  $47.86 \pm 1.70$  in leaf,  $108.09 \pm 1.29$  in stem and  $60.57 \pm 0.74$  in root. Phenolic content was  $82.56 \pm 0.46$  in leaf,  $56.71 \pm 2.12$  in stem and  $59.75 \pm 2.11$  in root. FRAP activity was  $54.87 \pm 1.54$  in leaf,  $41.09 \pm 3.06$  in stem and  $48.95 \pm 2.73$  in root. Flavonoid content data were determined as  $59.81 \pm 2.31$  in *Globularia trichosantha* leaf,  $31.62 \pm 3.55$  in stem,  $35.71 \pm 2.73$  in *Hypericum scabrum* root. Statistical analysis of the results using the SPSS 22 Statistics Program revealed significant differences among elevations. Particularly, a robust positive correlation was observed in methanol-soluble samples between the content of phenolics, flavonoids, and antioxidant activities. In conclusion, this study elucidates the variability in phenolic and flavonoid content, as well as antioxidant activities of plants growing at different altitudes. The findings underscore the influence of altitude on the bioactive compounds and antioxidant potential of these plant species. Additionally, the antioxidant performance exhibited by *Hypericum scabrum* L., *Tanacetum mucroniferum* Hub. Mor. Et Grierson, *Globularia trichosantha* Fisch. & C. A. Mey plants growing at 2000 m altitude creates potential for further exploration in pharmaceutical or other applications of these plants.

**To Cite:** Adıgüzelli G., Osma E., Varol T., Şimşek S., Kandemir A. Erzincan İli-Ergan Dağı'nın Farklı Rakımlarında Yayılış Gösteren Bazı Taksonların Antioksidan Kapasiteleri. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2024; 7(5): 2315-2332.

## 1. Giriş

Antioksidanlar, bitkileri serbest radikallere karşı savunan önemli bileşiklerdir. Bu grup içinde fenolik bileşikler öne çıkar, bu da basit ve karmaşık fenolik bileşikleri, flavonoidleri (antosiyenin, flavonlar, flavonoller ve izoflavonoidler) ve yaygın olarak bulunan tanenleri içerir (Gentile ve ark., 2018; Williamson ve ark., 2018; Güven ve ark., 2019; Shen ve ark., 2022). Bu doğal bileşikler, hücelere zarar vermeden önce serbest radikalleri etkisiz hale getirerek veya stabilize ederek bitkilerin sağlığını korumaya yardımcı olur (Percival, 1996; Saffaryazdi ve ark., 2020; Varol ve ark., 2023).

Bitkiler, yaşamsal faaliyetleri sırasında fenolik bileşik, flavonoid, tokoferol, klorofil, alkaloid, polifonksiyonlu organik asit ve karoten gibi çeşitli organik bileşikleri sentezlemektedirler. Bu organik bileşikler, bitkilerin biyokimyasal süreçlerine katılarak çeşitli fizyolojik fonksiyonları yerine getirir ve bitkilerin adaptasyon, savunma, büyüme ve çevresel streslere yanıt verme yeteneklerini etkiler. Bitkisel metabolitlerin bu çeşitliliği, bitkilerin çevreleriyle etkileşimlerinde önemli bir rol oynayarak ekosistemlerin sağlıklı işleyişine katkı sağlar (Larson, 1988; Ergün, 2021). Fenolik bileşikler, bitkilerde büyüme, çoğalma ve diğer temel yaşamsal faaliyetlerin yanı sıra zararlılarla mücadelede ve dış etkilere

karşı savunmada da önemli rol oynayan sekonder metabolitler olarak bilinirler. Ayrıca, bitkilerin aroma ve koku özellikleri, esansiyel yağ formundaki fenolik bileşiklerden kaynaklanmaktadır. Bu bileşikler, bitkinin antioksidan kapasitesini belirlemede de önemli bir faktördür (Ergün, 2021).

Bitkilerdeki ikincil metabolitlerin, fenolik bileşikler de dahil olmak üzere, biyosentezi ve birikimi; türlerin ayrıcalığına, vejetasyon dönemine ve yetiştirme koşulları gibi bir dizi faktöre bağlıdır. Bu faktörler arasında iklimsel etmenler, rakım ve toprak özellikleri önemli bir yere sahiptir (Mikulajová ve ark., 2016; Yang ve ark., 2018; Tajik ve ark., 2019; Ribeiro ve ark., 2019).

Bitki ve bitki kısımlarının anatomik, morfolojik, fenolojik, biyokimyasal ve biyofiziksel özellikleri yaşadığı ortamın ekolojik şartlarına verdikleri cevabın bir göstergesidir. Bununla birlikte bitkilerin sahip olduğu biyokimyasal aktiviteler, çevre koşullarına bitkinin göstermiş olduğu adaptasyonunun bir parçasıdır (Kattge ve ark., 2011).

Erzincan ilinin coğrafi yapısı yoğunluk olarak dağlar ve platolardan oluşmaktadır. Dağlar, il sınırlarının yaklaşık olarak %60'ına sahiptir (Özhatay, 2006; Korkmaz ve Alpaslan, 2014). İlin en yüksek dağlarından olan Ergan Dağı yapısal olarak resifal katmanlı kireçtaşı, kırıntılı kayalar, masif kireçtaşı, metamorfik kayalar, pelajik kireçtaşı, ofiyolitli karışık, ofiyolitler, volkanitler ile evaporitlerden oluşmaktadır (Boz ve Yılmaz, 2020).

Bu çalışmada, bitkilerin antioksidan aktivitesi üzerine rakımın etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bununla beraber, farklı rakımlarda yetişen bitkilerin antioksidan kapasiteleri arasındaki olabilecek ilişkileri ortaya koymak ve bu bitki türlerinin biyoaktif bileşenlerinin çeşitliliğini değerlendirmek de çalışmanın hedefleri arasındadır.

## 2. Materyal ve Metot

Bu araştırma, Erzincan İl sınırlarında bulunan ve rakımı 3256 m olan Ergan Dağı'nda gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada Ergan Dağı'nın farklı rakımlarında yetişen 12 bitki türü 1500 m (*Glaucium leiocarpum* Boiss, *Astragalus ornithopodioides* Lam., *Alcea calvertii* (Boiss) Boiss.), 2000 m (*Globularia trichosantha* Fisch. & C.A. Mey, *Hypericum scabrum* L., *Tanacetum mucroniferum* Hub. Mor. Et Grierson, *Inula oculus-christi* L., *Onobrychis cornuta* (L.) Desv., *Barbarea auriculata* Hausskn. ex Bornm), 3000 m (*Scorzonera sericea* DC., *Hedysarum erythroleucum* Boiss., *Astragalus nezaketiae* A. Duran ve Aytaç) alanı temsil edecek miktarda toplanmıştır. Farklı rakımlarda yetişen bu bitkilerin yaprak, dal ile kökleri metanol, etilasetat ve suda çözüldürülerek DPPH, fenolik bileşikler (TFC), flavonoidler (TPC), FRAP konsantrasyonları tespit edilmiştir.

### 2.1. Bitki Materyalinin Özütleme (Ekstraksiyonu) İşlemi

Bitki numuneleri Erzincan ilinin Ergan Dağı mevkiinde 1500, 2000 ve 3000 m olmak üzere 3 farklı rakımdan toplandı. Toplanan bitkiler kök, dal ve yaprak olmak üzere organlarına ayrılarak, kurutma işlemi yapıp toz haline getirildi ve falkon tüplere aktarıldı. Biyolojik aktivite testleri için antioksidan yöntemler kullandı. Bu yöntemler için farklı çözücülerde ekstraksiyon işlemi yapılmış olup apolar

çözücüden polar çözücüye doğru sırasıyla; n-hekzan, etilasetat, metanol ve su kullanıldı. Numuneler bu sıraya göre adı geçen çözücülerde 24 saat bekletildikten sonra filtre kâğıdı ile süzme işlemi yapıldı. Bu işlem her bir numune için 3 kez tekrarlandı ve süzülen kısım evaporasyon yöntemi ile uzaklaştırılarak bitkilerin ham ekstraktları elde edildi.

Ekstraksiyon, bitki materyalinden biyoaktif bileşiklerin elde edildiği temel bir işlem olarak tanımlanmaktadır. Bu işlemin ana hedefi, en yüksek miktar ve biyolojik aktivitede bileşiği elde etmektir (Truong ve ark., 2019). Bitki ekstraktlarının bileşimi ve antioksidan aktivitesindeki çeşitlilik, çeşitli faktörlerden kaynaklanmaktadır; bunlar arasında çözücü tipi, örnek hazırlama yöntemleri ve ekstraksiyon metodu gibi unsurlar bulunmaktadır (Yakoub ve ark., 2018). Sadece kullanılan ekstraksiyon yöntemi değil, aynı zamanda kullanılan çözücünün de ekstraksiyon verimi ve elde edilen ekstraktın biyolojik aktivitesi üzerinde etkisi olabilmektedir. Bu nedenle, metanol, etanol ve aseton gibi çeşitli çözücüler, bitki materyallerinden biyoaktif maddelerin ekstraksiyonunda yaygın olarak kullanılmaktadır (Karataş ve ark., 2019; Truong ve ark., 2019).

### 2.2. Serbest Radikal Giderme Aktivitesi

Bitkilerin doğal özütlerinin serbest radikal DPPH• (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) giderme aktiviteleri, Akman ve ark. (2024) tarafından bildirilen metot temel alınarak belirli modifikasyonlarla gerçekleştirildi. DPPH• (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) çözeltisi, 0,26 mM konsantrasyonda metanol ile çözülerek hazırlandı. Test edilen özütler 1 mg/ml konsantrasyonda hazırlanan stok çözeltilerden belirli derişimler alınarak son hacimleri 3 ml metanol ile tamamlandı ve üzerine 1 ml DPPH• çözeltisi eklenerek çalışıldı. Son karışımdaki test tüpleri vorteks yardımıyla karıştırılarak 30 dakika karanlık bir ortamda, oda sıcaklığında inkübe edildi. Süre sonunda 517 nm'de absorbansı spektrofotometre ile ölçüldü. Elde edilen absorbans değerleri, her bir özüt için IC<sub>50</sub> (µg/ml) olarak hesaplandı ve % aktiviteye dönüştürüldü (Şimşek ve ark., 2023; Varol ve ark., 2023).

### 2.3. İndirgeme Gücü (FRAP) Aktivitesi

İndirgeme gücü aktivite testi Albayrak ve ark. (2024) tarafında bildirilen metot temel alınarak belirli modifikasyonlar gerçekleştirilerek uygulandı. Özütlerin 1 mg/ml konsantrasyonunda hazırlanan stok çözeltilerinden 100 µL alınarak fosfat tamponu (0.2 M, pH 6.6) ile hacmi 1,25 ml'ye tamamlandı. Bu karışıma 1,25 ml potasyum ferrik siyanür [K<sub>3</sub>Fe(CN)<sub>6</sub>] (%1) ilave edildi ve karışım, 50°C'de 20 dakika inkübe edildi. İnkübasyonun ardından, reaksiyon ortamına sırasıyla %10'luk TCA çözeltisinden 1,25 ml ve %0,1'lik FeCl<sub>3</sub> çözeltisinden 0,25 ml eklenerek, son karışımın absorbansı 700 nm'de ölçüldü. Trolox'un farklı konsantrasyonları kullanılarak elde edilen kalibrasyon eğrisi oluşturularak sonuçlar mg Trolox eşdeğeri/g özüt olarak hesaplandı (Şimşek ve ark., 2023; Varol ve ark., 2023).

### 2.4. Toplam Fenolik Madde Miktarı

Bitkilerin toplam fenolik madde içeriği, spektrofotometrik olarak Folin-Ciocalteu reaktifi kullanılarak analiz edildi (Akşit ve ark., 2022). Özütler 1 mg/ml derişiminde hazırlanan stok çözeltilerinden 100 µL

alındı ve üzerine 4,5 ml distile su eklendi. Daha sonra, karışıma 100 µL Folin-Ciocalteu reaktifi eklendi. Karışım, 10 dakika boyunca oda şartlarında bekletildikten sonra %2'lik Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> çözeltisinden 300 µL ilave edildi. Bu karışım, vorteks ile şiddetli şekilde karıştırılarak oda şartlarında 2 saat inkübe edildi. İnkübasyon sonrasında, karışımın 760 nm absorbanı spektrofotometre ile ölçüldü. Standart olarak kullanılan gallik asidin farklı konsantrasyonları kullanılarak elde edilen kalibrasyon eğrisi oluşturuldu ve sonuçlar, mg olarak gallik aside eşdeğer fenolik madde/gr özüt olarak ifade edildi (Varol ve ark., 2023).

### 2.5. Toplam Flavonoid Miktarı

Bitkilerdeki toplam flavonoid miktarının belirlenmesi, bileşiklerin AlCl<sub>3</sub> reaktifi ile reaksiyonu sırasında oluşan renkli kompleks bileşenlerin absorbanı değerlerinin belirlenmesine dayanmaktadır. Bitkilerin toplam flavonoid içeriği, alüminyum klorür kolorimetrik yöntemi kullanılarak belirlendi (Chang ve ark., 2002). Özetle, 1 mg/ml derişiminde hazırlanan stok çözeltilerden 100 µL alındı ve son hacimleri 4,8 ml metanol ile tamamlandı. Daha sonra, ortama 1 M NH<sub>4</sub>CH<sub>3</sub>COO çözeltisi (0,1 ml veya 100 µL) ve %10'luk AlCl<sub>3</sub> çözeltisinden (0.1 ml veya 100 µL) eklendi ve vortekslenerek elde edilen son karışım, oda şartlarında 45 dakika inkübe edildi. İnkübasyonun ardından karışım 415 nm absorbanı değeri spektrofotometre ile ölçüldü. Standart olarak kullanılan kuersetinin farklı konsantrasyonları ile çizilen kalibrasyon eğrisinden yararlanılarak, özütteki toplam flavonoid miktarı mg kuersetinin eşdeğeri/g özüt olarak hesaplandı (Varol ve ark., 2023).

### 2.6. İstatistiksel Değerlendirme

Çalışma kapsamında elde edilen veriler, istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. İstatistiksel hesaplamalarda ve karşılaştırmalarda p≤0,05 değeri anlamlı olarak kabul edilmiştir. Veriler, SPSS 22 Paket İstatistik Programı kullanılarak %95 güven aralığında ANOVA testi ile analiz edilmiş ve habitatlar arasındaki farklılıklar S-N-K ve Tukey's B yöntemleriyle çoklu karşılaştırmalarla belirlenmiştir. Antioksidan aktiviteler ile fenolik bileşikler arasındaki ilişki, Pearson korelasyon katsayısı (r) kullanılarak değerlendirilmiştir. Aynı programda p≤0,05 'teki farklılıklar anlamlı olarak kabul edilmiştir (Elveren ve Osma, 2022; Varol ve ark., 2023).

## 3. Bulgular ve Tartışma

Yapılan çalışma ile farklı rakımlarda yayılış gösteren 12 bitkinin kök, dal ve yaprakları etilasetat, metanol ve su çözeltilerinde ekstra edilerek antioksidan bileşiklerin (fenolik bileşikler (TFC), flavonoidler (TPC), DPPH, FRAP) miktarları belirlenmiştir. Elde edilen veriler, bitkilerin antioksidan potansiyellerinin yetiştikleri rakım ve ekstraksiyon çözücüsüne bağlı olarak değiştiği tespit edilmiştir. Çalışmada, DPPH verileri incelendiğinde bitki yapraklarında en iyi aktivite metanolde çözünen 47,86±1,70 G. *trichosantha* bitkisinde ve yine metanolde çözünen 52,51±0,93 ile H. *scabrum* bitki türlerinde tespit edilmiştir. Elde edilen veriler değerlendirildiğinde bitkilerin dal kısmında (etilasetatta

76,12±1,03 metanolde, 108,09±1,29 suda, 31,31±0,89) köklerde (etilasetatta 30,15±0,76, metanolde 60,57±0,74, suda, 34,76±0,34) değerleri ile 2000 m yetişen *G. trichosantha* bitki türünde gözlenmiştir. En yüksek DPPH aktivitesine sahip olduğu tespit edilen bu tür, özellikle kök kısmında önemli bir antioksidan potansiyele sahip olduğu belirlenmiştir (Tablo 1.).

Bitkilerin yapraklarında, dallarında ve köklerinde elde edilen fenolik içeriklere ait veriler incelendiğinde, genel olarak *G. trichosantha* türünde aktivitenin diğer bitki türlerine kıyasla daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Suda ekstre edilen dal kısmında (102,56±1,48) fenolik içeriğin en yüksek seviyede olduğu belirlenmiştir (Tablo 2.).

Ayrıca, toplam flavonoid (59,81±2,31 yaprakta) ve FRAP (66,04±0,89 dalda) miktarlarıyla ilgili elde edilen verilerin değerlendirilmesi sonucunda, genelde *G. trichosantha* bitki türünde bu bileşenlerin yüksek düzeyde bulunduğu tespit edilmiştir. Özellikle toplam flavonoid ve FRAP değerleri açısından bu tür, diğer bitki türlerine göre belirgin bir biyoaktif potansiyele sahip olduğu anlaşılmaktadır (Tablo 3, 4.). İki *Globularia* türünün (*G. trichosantha* ve *G. orientalis*) kimyasal ve biyolojik profilleri üzerine yapılan bir araştırmada, 107 bileşenin varlığı tespit edilmiş ve bunlardan 43'ü *Globulariaceae* ailesinde ilk kez karakterize edilmiştir (Rodríguez-Pérez ve ark., 2019). *Globularia* cinsine ait türler, morfolojik çeşitlilikleri, ekolojik adaptasyonları ve farmakolojik özellikleri nedeniyle botanik ve biyolojik araştırmalar için zengin bir kaynak oluşturduğu yapılan çalışmalarda rapor edilmiştir (Innangi ve ark., 2020; Frišćić ve ark., 2022; Nour ve ark., 2023). *G. trichosantha*'nın hemoroid tedavisinde kullanılabildiği de belirlenmiştir (Sezik ve ark., 1991). *G. trichosantha* subsp. *trichosantha* üzerinde yapılan bir doku kültürü çalışmasında, kallus ve bitkide katalpol, aucubin ve verbaskosidin ilk kez niceliksel olarak belirlendiği ve bu ikincil metabolitlerin kallus kültüründe, bitkide doğal olarak bulunan miktardan yaklaşık yedi kat daha fazla üretildiği tespit edilmiştir (Çölgeçen ve ark., 2018).

Bitki kısımlarında elde edilen veriler incelendiğinde FRAP, fenolik ve flavonoid içeriğin bitkilerin yapraklarında genel anlamda daha yüksek olduğu gözlenmiştir.

Farklı rakımlardan toplanan bitkilerden elde edilen verilerle yapılan korelasyon analizi, çalışılan parametreler arasında belirgin farklılıklar ortaya koymaktadır. Yapılan korelasyon sonuçlarına göre, bütün bitkilerin kök, dal ve yaprakları arasında antioksidan bileşikler arasında bir ilişki gözlemlenmiştir. DPPH ile fenolik, flavonoid içeriği ve FRAP arasında genellikle pozitif yönde bir korelasyon tespit edilmiştir. Özellikle metanolde çözünen bitki kısımlarında, DPPH ile fenolik içerik arasında (yaprakta  $r=0,457^{**}$ , dalda  $r=0,405^{**}$ , kökte  $r=0,554^{**}$ ), DPPH ile flavonoid arasında (yaprakta  $r=0,559^{**}$ , dalda  $r=0,508^{**}$ , kökte  $r=0,515^{**}$ ), DPPH ile FRAP arasında (yaprakta  $r=0,634^{**}$ , dalda  $r=0,435^{**}$ , kökte  $r=0,471^{**}$ ) çok güçlü yönde pozitif ilişki belirlenmiştir (Tablo 4.) Bu bulgular, daha önce gerçekleştirilen birçok çalışmanın sonuçları ile uyumludur (Chew ve ark., 2009; Chaieb ve ark., 2011; Kicel ve Wolbiś, 2013; Othman ve ark., 2014; Qader ve ark., 2014; Zugic ve ark., 2014; Comlekcioglu, 2020). Bunun yanında 1500 m, 2000 m, 3000 m de yetişen bitkiler arasında istatistiksel farklılıklar olduğu görülmüştür (Şekil 1).

Yapılan bu çalışmada elde edilen veriler daha önce yapılan çalışmalarda elde edilen veriler ile kıyaslanmıştır.

Srivastava ve ark. (2023) fenolik bileşiklerin konsantrasyonu konusunda düşük rakımlardan yüksek rakımlara doğru anlamlı bir farklılık tespit etmişlerdir. Adhikari ve ark. (2022), rakım değişiminin toplam fenol ve flavonoid içeriği üzerinde olumlu bir etki gösterirken, ABTS ve DPPH aktivitesi ile taksol, tanen, flavanol içeriği ve bitkinin antimikrobiyal aktivitesi üzerinde herhangi bir etki göstermediğini bildirmiştir. Sharma ve Adhikari (2023) çalışmalarında, *A. vulgari*'nin rakım değişiminin uçucu yağ verimi ve bileşenleri ile biyolojik aktiviteler üzerinde önemli bir rol oynadığını belirlemişlerdir. Yüksek rakımlarda yetişen bitkiler üzerinde yapılan çalışmanın, potansiyel ilaç adayı olabilecek güçlü antioksidan, antidiyabetik ve antibakteriyel bileşenlerin izolasyonu ve tanımlanması için gelecekteki ilaç geliştirme süreçlerinde önemli olabileceğini öne sürmüşlerdir. Hussain ve ark. (2023), Batı Himalaya bölgesinin farklı rakımlarında yetişen tıbbi ve aromatik özelliklere sahip *Artemisia brevifolia* bitkisinin DPPH, toplam fenol ve toplam flavonoid içeriğini belirlemek amacıyla gerçekleştirdikleri çalışma sonucunda, antioksidan aktivitelerin rakıma bağlı olarak değiştiğini belirlemişlerdir. Rawat ve ark. 2011 Batı Himalaya'da (Hindistan) *Hedychium spicatum* rizomunun rakım boyunca toplam fenolik bileşikleri ve antioksidan potansiyelini belirlemişlerdir. Dört farklı rakımdan topladıkları bitkilerde, en iyi aktivitenin 2100-2300 m aralığında olduğunu gözlemlemişlerdir. Nchabeleng ve ark. (2012) Güney Afrika'da 600-1400 m aralığındaki rakımlarda 8 farklı lokasyonda gerçekleştirdikleri çalışmada, rakımların arasında toplam polifenoller ve tanen içeriği üzerinde hafif bir etki olduğunu, ancak antioksidan içeriğin toplamında önemli bir fark olmadığını tespit etmişlerdir. Jitendra ve ark. (2021) Himachal Pradesh (Hindistan)'da farklı rakımlarda yetişen *Artemisia nilagirica* bitkisinin, rakım değişimine bağlı olarak farklı konsantrasyonlarda uçucu yağ içerdiğini rapor etmişlerdir.

Sırbistan'dan seçilmiş 10 bitkide antioksidan aktivite ve fenolik bileşikler araştırılmış olup incelenen tüm bitki türlerinin fenolik bileşenler açısından zengin olduğunu ve kullanılan iki farklı yöntemle ölçülen verilerin tatmin edici düzeyde antioksidan aktivite gösterdiğini ortaya koyarak, antioksidan özellikler ile fenol bileşikleri içeriği arasında da yüksek bir korelasyon olduğunu belirlemişlerdir (Zugic ve ark., 2014).

Türkiye'de yetişen *Corydalis oppositifolia* ve *Senecio cilicius* adlı iki endemik bitki türünün fenolik içerikleri ve biyolojik aktiviteleri ile ilgili yaptıkları çalışmada etanol, metanol ve etil asetat ekstre ettikleri bitki toprak altı kısımlarında farklı veriler elde etmişlerdir. İki bitkinin antioksidan aktivitelerinin yüksek olduğunu belirlemişlerdir (Acet ve ark., 2021). Farklı rakımlarda yetişen *Asplenium ceterach* L. bitkisinin fitokimyasal içerikleri ve antioksidan aktivitelerini tespit ettikten sonra rakımın tek başına etkili olmadığını, ancak bir faktör olabileceği aktiviteler üzerinde etkili olabileceğini öne sürmüşlerdir (Pekgöz ve Çımbılgel, 2019).

Yaban mersini ile ilgili yaptıkları çalışmada bitki örneklerinin temin edildikleri yükseklikler arttıkça, doğal olarak yetişen bitki türlerinde fenolik asit ve flavonoid miktarının da arttığı gözlemlemişlerdir

(Yıldız ve ark., 2015). Yaptıkları araştırma sonuçlarına göre, aynı enlem derecesinde yer alan bölgelerde, rakım değişikliklerinin fitokimyasal bileşim ve antimikrobiyal aktivite üzerinde paralel bir etkisi olduğu belirlenmiştir (Mertoğlu ve ark., 2020). Rakım, *Artemisia abrotanum* L., *Mentha spicata* L. (sadece toplam fenoller) ve (*Rosmarinus officinalis* L.) (sadece flavonoidler) gibi belirli türlerin fenolik bileşik içeriğini ve antioksidan kapasitesini artırdığını, ancak dağlık alana kıyasla ovada yetişen bitkilerde daha yüksek antioksidan kapasitesinin olduğunu tespit etmişlerdir (Chrysargyris ve ark., 2020). Bu çalışmada, endemik tıbbi bitkilerde birçok önemli varyasyon tespit edilmiştir. Üç bölgeden (1600-1800 m, 1800-2000 m, 2000-2200 m) toplanan beş endemik hedef türün antioksidan aktivitesi ve kimyasal bileşimi farklı rakımlarda birçok önemli farklılık tespit edilmiştir. *Rosa arabica*'nın farklı rakımlarda antioksidan aktivitesini artırdığını belirlemişlerdir (Hashim ve ark., 2020). Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, 1370 m orta yükseklikte yetişen bitkilerin daha yüksek antioksidan enzim aktivitesine sahip olduğunu, 2580 m yüksekliğindeki bitkilerin ise daha yüksek düzeyde ikincil metabolit biriktirdikleri için tıbbi kullanım noktasında önemli olabileceğini ortaya koymuşlardır (Khan ve ark., 2016). Bu çalışmada elde edilen veriler ile daha önce yapılan çalışmalar kıyaslandığında bitkilerin biyoaktiviteleri üzerinde rakımın önemli bir etken olabileceği kanıtlanmıştır.



**Tablo 1.** Bitki kısımlarında DPPH aktivitesinin in vitro sonuçları

Rakım	Bitki Türü	Etilasetat			Metanol			Su		
1500m	<i>Glaucium leiocarpum</i> Boiss.	116,27	±	0,93	104,85	±	0,78	70,56	±	0,98
1500m	<i>Astragalus ornithopodioides</i> Lam.	188,79	±	1,65	115,9	±	0,39	470,22	±	0,77
1500m	<i>Alcea calvertii</i> (Boiss) Boiss.	791,88	±	1,62	917,14	±	0,36	655,4	±	0,46
2000m	<i>Globularia trichosantha</i> Fisch. & C.A. Mey	115,98	±	0,27	47,86	±	1,70	102,02	±	0,42
2000m	<i>Hypericum scabrum</i> L.	185,76	±	0,60	52,51	±	0,93	142,43	±	0,49
2000m	<i>Tanacetum mucroniferum</i> Hub. Mor. Et Grierson	256,92	±	0,25	111,28	±	2,72	145,85	±	0,37
2000m	<i>Inula oculus-christi</i> L.	527,54	±	0,73	133,03	±	1,35	191,6	±	1,07
2000m	<i>Onobrychis cornuta</i> (L.) Desv.	638,15	±	0,45	182,78	±	0,39	327,29	±	0,63
2000m	<i>Barbarea auriculata</i> Hausskn. ex Bornm	2245,51	±	0,62	576,44	±	0,88	936,25	±	0,47
3000m	<i>Scorzonera sericea</i> DC.	322,31	±	0,96	94,9	±	1,20	113,27	±	0,72
3000m	<i>Hedysarum erythroleucum</i> Boiss.	1118,89	±	1,27	237,75	±	0,92	245,79	±	1,22
3000m	<i>Astragalus nezaketiae</i> A. Duran & Aytaç	1926,52	±	1,39	348,43	±	1,03	398,41	±	0,47
1500m	<i>Glaucium leiocarpum</i> Boiss.	558,22	±	0,72	168,57	±	1,14	163,69	±	0,51
1500m	<i>Astragalus ornithopodioides</i> Lam.	616,85	±	1,10	382,26	±	0,38	466,18	±	1,04
1500m	<i>Alcea calvertii</i> (Boiss) Boiss.	3290,99	±	0,68	514,28	±	1,07	624,15	±	1,06
2000m	<i>Globularia trichosantha</i> Fisch. & C.A. Mey	76,12	±	1,03	108,09	±	1,29	31,31	±	0,89
2000m	<i>Hypericum scabrum</i> L.	108,59	±	0,38	117,14	±	0,74	166,95	±	1,07
2000m	<i>Tanacetum mucroniferum</i> Hub. Mor. Et Grierson	411,93	±	0,83	170,37	±	0,92	171,022	±	0,50
2000m	<i>Inula oculus-christi</i> L.	491,24	±	0,40	220,77	±	1,31	355,4	±	0,26
2000m	<i>Onobrychis cornuta</i> (L.) Desv.	572,92	±	0,90	327,63	±	0,93	446,53	±	1,17
2000m	<i>Barbarea auriculata</i> Hausskn. ex Bornm	853,29	±	0,82	371,2	±	1,09	608,01	±	1,27
3000m	<i>Scorzonera sericea</i> DC.	319,85	±	0,41	226,31	±	0,72	408,37	±	1,17
3000m	<i>Hedysarum erythroleucum</i> Boiss.	686,32	±	1,44	391,36	±	0,68	413,05	±	0,51
3000m	<i>Astragalus nezaketiae</i> A. Duran & Aytaç	711,79	±	1,74	828,79	±	0,73	765,22	±	1,10
1500m	<i>Glaucium leiocarpum</i> Boiss.	504,66	±	0,71	159,2	±	0,70	132,54	±	0,74
1500m	<i>Astragalus ornithopodioides</i> Lam.	739,06	±	0,69	286,79	±	0,72	217,26	±	0,59
1500m	<i>Alcea calvertii</i> (Boiss) Boiss.	1993,64	±	1,91	324,7	±	1,17	1235,86	±	0,65
2000m	<i>Globularia trichosantha</i> Fisch. & C.A. Mey	30,15	±	0,76	60,57	±	0,74	34,76	±	0,34
2000m	<i>Hypericum scabrum</i> L.	81,22	±	1,46	75,21	±	0,35	70,61	±	0,52
2000m	<i>Tanacetum mucroniferum</i> Hub. Mor. Et Grierson	172,24	±	0,52	137,69	±	0,66	80,28	±	0,75
2000m	<i>Inula oculus-christi</i> L.	188,21	±	0,94	148,41	±	0,57	137,65	±	0,29
2000m	<i>Onobrychis cornuta</i> (L.) Desv.	502,5	±	1,56	221,99	±	1,19	253,47	±	0,26
2000m	<i>Barbarea auriculata</i> Hausskn. ex Bornm	563,97	±	1,53	421,05	±	0,62	1341,89	±	0,37
3000m	<i>Scorzonera sericea</i> DC.	718,8	±	0,63	223,28	±	0,83	235,63	±	0,56
3000m	<i>Hedysarum erythroleucum</i> Boiss.	723,96	±	0,83	256,78	±	0,61	659,14	±	0,65
3000m	<i>Astragalus nezaketiae</i> A. Duran & Aytaç	1265,25	±	1,02	1599,02	±	1,25	891,4	±	0,64

**Tablo 2.** Bitki kısımlarında toplam fenolik içeriği (TPC)

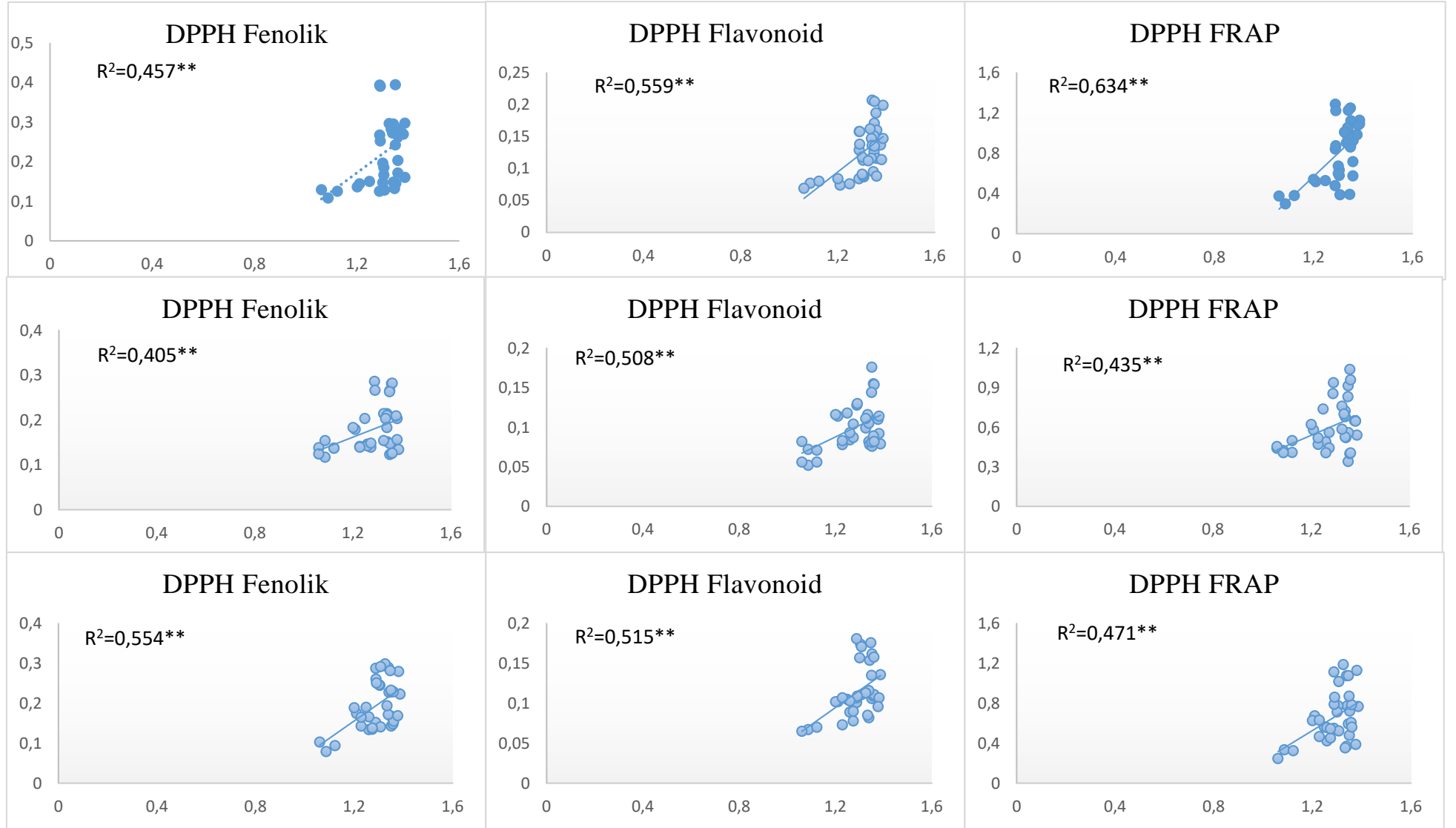
Rakım	Bitki Türü	Etilasetat			Metanol			Su		
1500m	<i>Glaucium leiocarpum</i> Boiss.	33,32	±	2,82	57,87	±	3,52	63,97	±	1,69
1500m	<i>Astragalus ornithopodioides</i> Lam.	25,99	±	1,41	55,97	±	1,72	22,56	±	0,33
1500m	<i>Alcea calvertii</i> (Boiss) Boiss.	12,58	±	0,58	22,19	±	2,47	21,08	±	1,42
2000m	<i>Globularia trichosantha</i> Fisch. & C.A. Mey	35,69	±	1,09	82,56	±	0,46	47,16	±	1,77
2000m	<i>Hypericum scabrum</i> L.	26,47	±	2,64	60,34	±	1,42	35,82	±	1,77
2000m	<i>Tanacetum mucroniferum</i> Hub. Mor. Et Grierson	25,73	±	1,67	56,49	±	1,35	35,67	±	0,12
2000m	<i>Inula oculus-christi</i> L.	20,28	±	2,73	51,75	±	2,78	31,08	±	2,15
2000m	<i>Onobrychis cornuta</i> (L.) Desv.	15,58	±	2,80	38,64	±	2,01	27,60	±	2,50
2000m	<i>Barbarea auriculata</i> Hausskn. ex Bornm	8,58	±	1,45	23,90	±	0,78	18,12	±	0,51
3000m	<i>Scorzonera sericea</i> DC.	24,02	±	1,80	58,79	±	3,19	41,53	±	2,71
3000m	<i>Hedysarum erythroleucum</i> Boiss.	12,39	±	1,70	31,23	±	2,81	27,97	±	2,31
3000m	<i>Astragalus nezaketiae</i> A. Duran & Aytaç	10,95	±	1,69	27,23	±	1,56	26,04	±	2,93
1500m	<i>Glaucium leiocarpum</i> Boiss.	19,76	±	1,98	42,12	±	1,41	33,38	±	1,45
1500m	<i>Astragalus ornithopodioides</i> Lam.	16,36	±	2,50	26,93	±	0,80	23,60	±	2,77
1500m	<i>Alcea calvertii</i> (Boiss) Boiss.	8,02	±	0,83	24,41	±	2,63	21,23	±	1,66
2000m	<i>Globularia trichosantha</i> Fisch. & C.A. Mey	44,73	±	0,94	56,71	±	2,12	102,56	±	1,48
2000m	<i>Hypericum scabrum</i> L.	37,54	±	3,50	55,75	±	2,77	31,97	±	0,46
2000m	<i>Tanacetum mucroniferum</i> Hub. Mor. Et Grierson	23,84	±	3,45	41,45	±	0,84	31,82	±	2,32
2000m	<i>Inula oculus-christi</i> L.	23,47	±	3,39	37,23	±	2,85	26,27	±	1,11
2000m	<i>Onobrychis cornuta</i> (L.) Desv.	18,10	±	2,41	27,38	±	1,97	24,41	±	3,40
2000m	<i>Barbarea auriculata</i> Hausskn. ex Bornm	12,54	±	2,60	27,16	±	1,01	21,38	±	2,93
3000m	<i>Scorzonera sericea</i> DC.	24,21	±	1,80	31,90	±	3,59	25,97	±	1,00
3000m	<i>Hedysarum erythroleucum</i> Boiss.	15,24	±	2,12	26,12	±	3,34	24,86	±	2,47
3000m	<i>Astragalus nezaketiae</i> A. Duran & Aytaç	14,84	±	1,16	23,08	±	0,33	19,38	±	0,88
1500m	<i>Glaucium leiocarpum</i> Boiss.	20,76	±	3,17	45,75	±	0,71	40,49	±	3,73
1500m	<i>Astragalus ornithopodioides</i> Lam.	12,76	±	2,66	29,60	±	3,13	28,64	±	1,33
1500m	<i>Alcea calvertii</i> (Boiss) Boiss.	8,95	±	0,78	28,41	±	1,33	15,90	±	1,42
2000m	<i>Globularia trichosantha</i> Fisch. & C.A. Mey	68,50	±	0,89	59,75	±	2,11	92,19	±	0,71
2000m	<i>Hypericum scabrum</i> L.	43,36	±	1,09	59,23	±	1,11	59,23	±	1,47
2000m	<i>Tanacetum mucroniferum</i> Hub. Mor. Et Grierson	32,87	±	3,99	50,56	±	3,15	47,23	±	0,67
2000m	<i>Inula oculus-christi</i> L.	26,02	±	1,64	48,79	±	2,19	37,60	±	1,11
2000m	<i>Onobrychis cornuta</i> (L.) Desv.	21,99	±	2,41	36,41	±	1,86	27,75	±	2,10
2000m	<i>Barbarea auriculata</i> Hausskn. ex Bornm	18,24	±	1,95	25,90	±	1,09	15,08	±	2,37
3000m	<i>Scorzonera sericea</i> DC.	14,50	±	1,70	35,01	±	3,03	28,12	±	1,14
3000m	<i>Hedysarum erythroleucum</i> Boiss.	13,76	±	3,81	30,12	±	3,53	20,34	±	1,51
3000m	<i>Astragalus nezaketiae</i> A. Duran & Aytaç	11,43	±	1,39	15,82	±	2,69	18,34	±	1,28

**Tablo 3.** Bitki kısımlarında toplam flavonoid içeriği (TFC)

Rakım	Bitki Türü	Etilasetat			Metanol			Su		
1500m	<i>Glaucium leiocarpum</i> Boiss.	16,62	±	1,03	43,62	±	3,88	1,71	±	2,16
1500m	<i>Astragalus ornithopodioides</i> Lam.	18,10	±	2,93	34,76	±	1,19	9,62	±	1,15
1500m	<i>Alcea calvertii</i> (Boiss) Boiss.	4,14	±	0,29	6,95	±	1,62	6,76	±	0,29
2000m	<i>Globularia trichosantha</i> Fisch. & C.A. Mey	28,24	±	3,31	59,81	±	2,31	12,38	±	2,31
2000m	<i>Hypericum scabrum</i> L.	16,29	±	1,27	25,24	±	3,60	11,14	±	0,29
2000m	<i>Tanacetum mucroniferum</i> Hub. Mor. Et Grierson	16,19	±	0,30	27,90	±	1,90	6,10	±	0,72
2000m	<i>Inula oculus-christi</i> L.	13,10	±	1,07	22,86	±	0,44	3,05	±	1,15
2000m	<i>Onobrychis cornuta</i> (L.) Desv.	9,48	±	1,30	10,95	±	1,78	5,52	±	2,16
2000m	<i>Barbarea auriculata</i> Hausskn. ex Bornm	3,43	±	1,03	10,76	±	1,62	6,00	±	0,87
3000m	<i>Scorzonera sericea</i> DC.	16,10	±	1,94	18,00	±	0,57	16,48	±	1,90
3000m	<i>Hedysarum erythroleucum</i> Boiss.	6,14	±	1,51	18,48	±	0,72	7,05	±	2,22
3000m	<i>Astragalus nezaketiae</i> A. Duran & Aytaç	1,52	±	0,66	7,71	±	1,51	7,52	±	0,59
1500m	<i>Glaucium leiocarpum</i> Boiss.	10,71	±	1,49	11,43	±	2,44	7,52	±	0,72
1500m	<i>Astragalus ornithopodioides</i> Lam.	3,62	±	1,30	9,14	±	1,31	9,33	±	2,86
1500m	<i>Alcea calvertii</i> (Boiss) Boiss.	0,86	±	0,49	6,86	±	1,74	1,81	±	1,90
2000m	<i>Globularia trichosantha</i> Fisch. & C.A. Mey	26,71	±	1,55	31,62	±	3,55	34,67	±	1,47
2000m	<i>Hypericum scabrum</i> L.	21,81	±	2,64	23,71	±	0,44	5,05	±	1,74
2000m	<i>Tanacetum mucroniferum</i> Hub. Mor. Et Grierson	13,62	±	0,73	17,62	±	0,57	8,10	±	1,57
2000m	<i>Inula oculus-christi</i> L.	10,62	±	0,08	18,57	±	2,49	6,38	±	1,72
2000m	<i>Onobrychis cornuta</i> (L.) Desv.	10,48	±	0,68	7,62	±	0,87	7,14	±	2,00
2000m	<i>Barbarea auriculata</i> Hausskn. ex Bornm	3,38	±	0,79	12,10	±	3,00	6,57	±	1,19
3000m	<i>Scorzonera sericea</i> DC.	13,48	±	0,68	16,86	±	1,31	5,81	±	0,44
3000m	<i>Hedysarum erythroleucum</i> Boiss.	8,62	±	1,16	1,05	±	0,66	1,90	±	1,47
3000m	<i>Astragalus nezaketiae</i> A. Duran & Aytaç	5,38	±	0,64	9,43	±	1,25	6,57	±	2,00
1500m	<i>Glaucium leiocarpum</i> Boiss.	8,71	±	0,86	28,48	±	3,80	3,81	±	1,44
1500m	<i>Astragalus ornithopodioides</i> Lam.	6,10	±	2,52	16,10	±	0,72	4,48	±	1,29
1500m	<i>Alcea calvertii</i> (Boiss) Boiss.	2,19	±	0,58	16,48	±	1,57	4,76	±	1,29
2000m	<i>Globularia trichosantha</i> Fisch. & C.A. Mey	48,10	±	0,72	17,43	±	1,31	19,52	±	1,08
2000m	<i>Hypericum scabrum</i> L.	27,24	±	2,03	35,71	±	2,73	3,52	±	2,73
2000m	<i>Tanacetum mucroniferum</i> Hub. Mor. Et Grierson	19,71	±	2,39	18,86	±	1,43	17,71	±	2,92
2000m	<i>Inula oculus-christi</i> L.	19,00	±	1,55	32,00	±	4,46	13,71	±	2,62
2000m	<i>Onobrychis cornuta</i> (L.) Desv.	11,10	±	2,00	14,86	±	0,49	9,43	±	0,86
2000m	<i>Barbarea auriculata</i> Hausskn. ex Bornm	10,10	±	4,74	8,29	±	2,34	3,43	±	0,76
3000m	<i>Scorzonera sericea</i> DC.	3,57	±	0,41	10,48	±	0,72	7,33	±	0,44
3000m	<i>Hedysarum erythroleucum</i> Boiss.	7,33	±	3,02	14,00	±	2,11	5,81	±	1,14
3000m	<i>Astragalus nezaketiae</i> A. Duran & Aytaç	1,67	±	0,43	4,67	±	2,54	5,71	±	1,29

**Tablo 4.** Bitki kısımlarında FRAP aktivitesinin in vitro sonuçları

Rakım	Bitki Türü	Etilasetat		Metanol			Su			
1500m	<i>Glaucium leiocarpum</i> Boiss.	16,51	±	1,74	43,21	±	1,84	62,53	±	1,04
1500m	<i>Astragalus ornithopodioides</i> Lam.	12,60	±	2,77	38,51	±	3,86	24,07	±	3,66
1500m	<i>Alcea calvertii</i> (Boiss) Boiss.	5,46	±	1,27	10,77	±	2,27	20,56	±	4,00
2000m	<i>Globularia trichosantha</i> Fisch. & C.A. Mey	16,56	±	2,83	54,87	±	1,54	59,84	±	0,15
2000m	<i>Hypericum scabrum</i> L.	14,40	±	1,44	50,28	±	2,06	51,13	±	1,69
2000m	<i>Tanacetum mucroniferum</i> Hub. Mor. Et Grierson	11,16	±	1,54	40,20	±	2,85	48,67	±	3,95
2000m	<i>Inula oculus-christi</i> L.	9,05	±	0,42	35,61	±	2,05	44,51	±	1,52
2000m	<i>Onobrychis cornuta</i> (L.) Desv.	7,73	±	1,04	26,61	±	0,79	26,23	±	0,25
2000m	<i>Barbarea auriculata</i> Hausskn. ex Bornm	2,77	±	0,70	14,13	±	2,51	18,62	±	3,43
3000m	<i>Scorzonera sericea</i> DC.	11,03	±	2,07	44,85	±	1,73	56,00	±	0,64
3000m	<i>Hedysarum erythroleucum</i> Boiss.	4,61	±	1,47	22,22	±	0,59	28,57	±	0,90
3000m	<i>Astragalus nezaketiae</i> A. Duran & Aytaç	4,38	±	1,54	19,48	±	0,56	25,37	±	2,82
1500m	<i>Glaucium leiocarpum</i> Boiss.	8,73	±	1,70	28,38	±	2,76	48,49	±	0,58
1500m	<i>Astragalus ornithopodioides</i> Lam.	8,07	±	1,23	16,51	±	1,13	24,38	±	1,23
1500m	<i>Alcea calvertii</i> (Boiss) Boiss.	2,45	±	1,06	14,40	±	0,76	20,61	±	2,51
2000m	<i>Globularia trichosantha</i> Fisch. & C.A. Mey	22,45	±	1,75	41,09	±	3,06	66,04	±	0,89
2000m	<i>Hypericum scabrum</i> L.	10,08	±	0,80	36,40	±	0,93	45,47	±	3,26
2000m	<i>Tanacetum mucroniferum</i> Hub. Mor. Et Grierson	9,69	±	2,13	26,74	±	4,00	44,70	±	0,93
2000m	<i>Inula oculus-christi</i> L.	9,53	±	0,82	25,24	±	2,72	25,83	±	1,55
2000m	<i>Onobrychis cornuta</i> (L.) Desv.	8,41	±	0,52	20,05	±	1,28	24,88	±	1,67
2000m	<i>Barbarea auriculata</i> Hausskn. ex Bornm	5,21	±	0,31	17,87	±	3,91	21,40	±	2,61
3000m	<i>Scorzonera sericea</i> DC.	11,10	±	3,27	22,30	±	2,95	25,11	±	1,11
3000m	<i>Hedysarum erythroleucum</i> Boiss.	7,55	±	0,86	15,83	±	2,24	24,98	±	2,20
3000m	<i>Astragalus nezaketiae</i> A. Duran & Aytaç	6,16	±	1,87	12,33	±	1,76	19,11	±	3,22
1500m	<i>Glaucium leiocarpum</i> Boiss.	9,18	±	1,10	30,56	±	1,42	54,20	±	1,15
1500m	<i>Astragalus ornithopodioides</i> Lam.	5,70	±	0,25	20,83	±	3,19	39,40	±	3,08
1500m	<i>Alcea calvertii</i> (Boiss) Boiss.	3,99	±	1,08	20,53	±	1,73	14,05	±	1,33
2000m	<i>Globularia trichosantha</i> Fisch. & C.A. Mey	26,38	±	2,93	48,95	±	2,73	64,00	±	2,11
2000m	<i>Hypericum scabrum</i> L.	20,21	±	1,20	45,92	±	1,89	60,77	±	1,69
2000m	<i>Tanacetum mucroniferum</i> Hub. Mor. Et Grierson	15,47	±	2,65	34,74	±	2,39	59,86	±	0,17
2000m	<i>Inula oculus-christi</i> L.	13,60	±	0,97	30,70	±	2,17	51,13	±	2,31
2000m	<i>Onobrychis cornuta</i> (L.) Desv.	9,23	±	1,22	24,04	±	2,74	26,49	±	0,30
2000m	<i>Barbarea auriculata</i> Hausskn. ex Bornm	8,59	±	1,79	15,52	±	1,07	1,37	±	1,15
3000m	<i>Scorzonera sericea</i> DC.	6,11	±	0,43	23,52	±	2,36	36,23	±	1,23
3000m	<i>Hedysarum erythroleucum</i> Boiss.	5,73	±	2,53	21,91	±	1,71	19,42	±	0,83
3000m	<i>Astragalus nezaketiae</i> A. Duran & Aytaç	4,43	±	1,03	8,43	±	2,30	19,05	±	1,77



Şekil 1. Bitki kısımlarında yaprak (a), dal (b), kök (c) antioksidan aktiviteler arasındaki korelasyon (\*\* p≤0.01, \* p≤0.05).

#### 4. Sonuç

Bitkilerin biyokimyasal ve fizyolojik yapıları, yetiştikleri çevresel koşullara bağlı olarak değişiklik gösterir. Bu araştırmada, çalışılan bitkilerdeki biyoaktif bileşen miktarları ve antioksidan kapasiteleri karşılaştırılmıştır. Farklı rakımlardan toplanan örneklerin toplam fenolik madde, toplam flavonoid madde ve DPPH ile FRAP aktivite değerlerinde önemli farklılıklar saptanmıştır. Ayrıca, aynı bitki türünün yaprak, dal ve kök kısımlarından elde edilen veriler arasında belirgin farklılıklar tespit edilmiştir. Sonuçlar, çalışılan bitkilerin morfolojik özelliklerinin yanı sıra antioksidan aktiviteleri ve fenolik içeriklerinin yetişme coğrafyalarına bağlı olarak değişkenlik gösterdiği gibi bir türden diğerine ve bitkilerin toplama dönemine bağlı olarak antioksidan aktivitelerde değişim meydana gelebilmektedir. Çalışmada elde edilen veriler, bitkilerin farklı rakımlardaki adaptasyon mekanizmalarını anlamak için de önemli ipuçları sunmaktadır. Yapılan analizler sonucunda elde edilen veriler, özellikle *G. trichosantha* bitki türünün yanında *H. scabrum*, *T. mucroniferum* bitki türleri de önemli düzeyde biyolojik aktiviteye sahip olduğu görülmüştür. Türkiye'nin endemik bitki çeşitliliği, tıbbi ve aromatik bitkiler açısından büyük bir zenginliğe sahiptir. Bu nedenle, bitkilerden elde edilen doğal bileşiklerin daha etkili ve verimli kullanımına yönelik araştırmaların yapılması oldukça önemlidir. Son olarak, bitkilerin büyüme ve üretkenliğinin iyileştirilmesi için metabolomik, proteomik ve transkriptomik gibi yeni teknikler kullanarak çoklu çevresel faktörlerin sinerjik etkisini anlamak için moleküler düzeyde daha fazla araştırmaların yapılması gerekmektedir.

#### Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

#### Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamıştır.

#### Kaynakça

- Acet T., Corbacı C., Ozcan K. Phenolic contents and biological activities of two endemic plants in Turkey. South African Journal of Botany 2021; 143: 457-461.
- Adhikari P., Joshi K., Singh M., Pandey A. Influence of altitude on secondary metabolites, antioxidants, and antimicrobial activities of Himalayan yew (*Taxus wallichiana*). Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology 2022; 156(1): 187-195.
- Akman TÇ., Şimşek S., Akşit Z., Aydın A., Yılmaz MA. Exploring the potential of Psephellus huber-Marathi (Wagenitz) Wagenitz: A comprehensive UHPLC-MS/MS Analysis of phytochemical composition and evaluation of antioxidant, antimicrobial, and antiproliferative activities. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi 2024; 27(4): 782-792.
- Akşit Z., Akşit H., Şimşek S., Kandemir A., Köksal E. LC-MS/MS profiling phytochemical content of *Echinophora chrysantha* (Apiaceae) and antiproliferative, antioxidant activity. Pharmacy & Pharmacology International Journal 2022; 10(5): 190-194.

- Albayrak EN., Şimşek S., Musatat AB., Akşit Z., Akşit H., Atahan A. Antioxidant activity and theoretical profile of novel 2, 4, 6-triarylpyridine derivatives based on syringaldehyde. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi* 2024; 12(2): 981-999.
- Chang CC., Yang MH., Wen HM., Chern JC. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colometric methods. *Journal of Food and Drug Analysis* 2002; 10(3): 3.
- Chaieb N., González JL., López-Mesas M., Bouslama M., Valiente M. Manuel valiente polyphenols content and antioxidant capacity of thirteen faba bean (*Vicia faba* L.) genotypes cultivated in Tunisia. *Food Research International* 2011; 44: 970-977.
- Chew YL., Goh JK., Lim YY. Assessment of in vitro antioxidant capacity and polyphenolic composition of selected medicinal herbs from Leguminosae family in Peninsular Malaysia. *Food Chemistry* 2009; 116: 13-18.
- Chrysargyris A., Mikallou M., Petropoulos S., Tzortzakis N. Profiling of essential oils components and polyphenols for their antioxidant activity of medicinal and aromatic plants grown in different environmental conditions. *Agronomy* 2020; 10: 727.
- Comlekcioglu N. Bazı endemik ve doğal *Isatis* L. türlerine ait kök ve gövde ekstraktlarının biyoaktivitesi ile tohum yağlarının analizi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi* 2020; 23(4): 860-869.
- Çölgeçen H., Atar H., Toker G., Akgül G. Callus production and analysis of some secondary metabolites in *Globularia trichosantha* subsp. *trichosantha*. *Turkish Journal of Botany* 2018; 42(5): 559-567.
- Elveren M., Osmalı E. Farklı özellikteki tencerelerde pişirilen sebzelerde element birikiminin araştırılması. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi* 2021; 8(2): 732-738.
- Ergün F. Determination of antioxidant activities of *berberis vulgaris* l. fruits collected from Erzurum Olur Region. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi* 2021; 8(4): 1028–1034.
- Frišćić M., Petlevski R., Kosalec I., Madunić J., Matulić M., Bucar F., Maleš Ž. *Globularia alypum* L. and related species: LC-MS profiles and antidiabetic, antioxidant, anti-inflammatory, antibacterial and anticancer potential. *Pharmaceuticals* 2022; 15(5): 506.
- Gentile D., Fornai M., Pellegrini C., Colucci R., Blandizzi C. *Antionioli* L. Dietary flavonoids as a potential intervention to improve redox balance in obesity and related co-morbidities: A review. *Nutrition Research Reviews* 2018; 31: 239-247.
- Güven H., Arıcı A., Simsek O. Flavonoids in our foods: A short review. *Journal of Basic and Clinical Health Sciences* 2019; 3: 96-106.
- Hashim AM., Alharbi BM., Abdulmajeed AM., Elkelish A., Hozzein WN., Hassan HM. Oxidative stress responses of some endemic plants to high altitudes by intensifying antioxidants and secondary metabolites content. *Plants* 2020; 9: 869.
- Hussain M., Ahmed S., Ibrahim M., Khazir J., Ahmad SS., Thakur RK., Mir BA. Phenolic content antioxidant and allelopathic potential of *Artemisia brevifolia* Wall. Ex DC. across the elevations of Western Himalayan region of Ladakh. *South African Journal of Botany* 2023; 157: 508-519.

- Innangi M., Friščić M., Hazler Pilepić K., Danise T., Conti F., Bartolucci F., Peruzzi, L. Explaining intricate morphometric variability with environmental predictors: the case of *Globularia cordifolia* species complex. *Plants* 2020; 9(3): 314.
- Jitendra PB., Sushma B., Laxman N., Maya K., Rasmita R., Himal B., Parasmani G., Dhakaraj P., Pramod A., Rabindrakumar R., et al. Anti-inflammatory activity of *Artemisia vulgaris* leaves, originating from three different altitudes of Nepal. *Scientific World Journal* 2021; 8.
- Karadeniz Pekgöz A., Çınbılgel I. Phytochemical contents and antioxidant activities of fern, *Asplenium ceterach* L. in different altitudes. *Bangladesh Journal of Botany* 2019; 48(2): 315-320.
- Karataş İ., Karataş R., Elmastaş M. Yaygın olarak kullanılan bazı tıbbi ve aromatik bitkilerin sıcak su infüzyonlarının sekonder metabolit içeriği ve antioksidan aktivitelerinin belirlenmesi. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi* 2019; 8(2): 49-57.
- Kattge J., Diaz S., Lavorel S., Prentice IC., Leadley P., Bönlisch G., Wirth C. TRY—a global database of plant traits. *Global Change Biology* 2011; 17(9): 2905-2935.
- Khan MN., Mobin M., Abbas ZK., ALMutairi KA. Impact of varying elevations on growth and activities of antioxidant enzymes of some medicinal plants of Saudi Arabia. *Acta Ecologica Sinica* 2016; 36: 141–148.
- Kicel A., Wolbiś M. Phenolic content and DPPH radical scavenging activity of the flowers and leaves of *Trifolium repens*. *Natural Product Communications* 2013; 8(1): 99–102.
- Korkmaz M., Alpaslan Z. Ergen Dağı Erzincan-Türkiye'nin etnobotanik özellikleri. *Bağbahçe Bilim Dergisi* 2014; 1(3): 1-31.
- Larson RA. The antioxidants of higher plants. *Phytochemistry* 1988; 27: 969-978.
- Mikulajová A., Šedivá D., Hybenová E., Mošovská S. Buckwheat cultivars- phenolic compounds profiles and antioxidant properties. *Acta Chimica Slovaca* 2016; 9: 124-129.
- Mertoğlu K., Gülbandır A., Bulduk İ. Erikte (cv. Angeleno) bazı fitokimyasal ve anti-mikrobiyal aktivite özellikleri üzerine yükseltinin etkisi. *Ziraat Fakültesi Dergisi* 2020; 15(1): 80-90.
- Nchabeleng L., Mudau FN., Mariga IK. Effects of chemical composition of wild bush tea (*Athrixia phyllicoides* DC.) growing at locations differing in altitude, climate and edaphic factors. *Journal of Medicinal Plants Research* 2012; 6(9): 1662-1666.
- Nouir S., Dbeibia A., Bouhajib R., Haddad H., Khélifa A., Achour L., Zaïri A. Phytochemical analysis and evaluation of the antioxidant, antiproliferative, antibacterial, and antibiofilm effects of *Globularia alypum* L. leaves. *Molecules* 2023; 28(10): 4019.
- Othman A., Mukhtar NJ., Ismail NS., Chang SK. Phenolics, flavonoids content and antioxidant activities of 4 Malaysian herbal plants. *International Food Research Journal* 2014; 21(2): 759-766.
- Özhatay N. Türkiye'nin BTC boru hattı boyunca önemli bitki alanları. s. 125-127 Pils, G. *Flowers of Turkey*; İstanbul. BTC şirketi; 2006.
- Percival M. Antioxidants. *Clinical Nutrition Insights Nut031*, 1/96 Rev.10/98; 1998.
- Qader SW., Abdulla MA., Chua LS., Najim N., Zain MM., Hamdan S. Antioxidant, total phenolic content and cytotoxicity evaluation of selected Malaysian plants. *Molecules* 2011; 16: 3433-3443.



- Rawat S., Bhatt ID., Rawal RS. Total phenolic compounds and antioxidant potential of *Hedychium spicatum* Buch. Ham. ex D. Don in west Himalaya, India. *Journal of Food Composition and Analysis* 2011; 24: 574–579.
- Rodríguez-Pérez C., Zengin G., Segura-Carretero A., Lobine D., Mahomoodally MF. Chemical fingerprint and bioactivity evaluation of *Globularia orientalis* L. and *Globularia trichosantha* Fisch. & CA Mey. using non-targeted HPLC-ESI-QTOF-MS approach. *Phytochemical Analysis* 2019; 30(2): 237-252.
- Saffaryazdi A., Ganjeali A., Farhoosh R., Cheniany M. Variation in phenolic compounds, a-linolenic acid and linoleic acid contents and antioxidant activity of purslane (*Portulaca oleracea* L.) during phenological growth stages. *Physiology and Molecular Biology of Plants* 2020; 26(7): 1519–1529.
- Sezik E., Tabata M., Yesilada E., Honda G., Goto K., Ikeshiro Y. Traditional medicine in Turkey I. Folk medicine in northeast Anatolia. *Journal of Ethnopharmacology* 1991; 35(2): 191-196.
- Sharma KR., Adhikari S. Phytochemical analysis and biological activities of *Artemisia vulgaris* grown in different altitudes of Nepal, *International Journal of Food Properties* 2023; 26(1): 414-427.
- Shen N., Wang T., Gan Q., Liu S., Wang L., Jin B. Plant flavonoids: Classification, distribution, biosynthesis, and antioxidant activity. *Food Chemistry* 2022; 383: 132531.
- Srivastava RP., Kumar S., Singh L., Madhukar M., Singh N., Saxena G., Pandey S., Singh A., Devkota HP., Verma PC., Shiva S., Malik S. and Rustagi S. Major phenolic compounds, antioxidant, antimicrobial, and cytotoxic activities of *Selinum carvifolia* (L.) collected from different altitudes in India. *Frontiers in Nutrition* 2023; 10: 1180225.
- Şimşek S., Akşit H., Aydın A., Köksal E. Ferruginoside D: A Novel phenylethanoid from *Verbascum leiocarpum*. *Chemistry & Biodiversity* 2023; 20(12): e202301200.
- Tajik S., Zarinkamar F., Soltani BM., Nazari M. Induction of phenolic and flavonoid compounds in leaves of saffron (*Crocus sativus* L.) by salicylic acid. *Scientia Horticulturae* 2019; 257: 108751.
- Truong DH., Nguyen DH., Ta NTA., Bui AV., Do TH., Nguyen HC. Evaluation of the use of different solvents for phytochemical constituents, antioxidants, and in vitro anti-inflammatory activities of *Severinia buxifolia*. *Journal of Food Quality* 2019.
- Varol T., Osma E., Şimşek S., Elveren M. Antioxidant activities of plant species growing in different habitats (serpentine, gypsum and limestone). *Frontiers in Life Sciences and Related Technologies* 2023; 4(3): 150-156.
- Williamson G., Kay CD., Crozier A. The bioavailability, transport, and bioactivity of dietary flavonoids: A review from a historical perspective. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 2018; 1054-112.
- Yakoub ARB., Abdehedi O., Jridi M., Elfalleh W., Nasri M., Ferchichi A. Flavonoids, phenols, antioxidant, and antimicrobial activities in various extracts from Tossa jute leave (*Corchorus olitorus* L.). *Industrial Crops and Products* 2018; 118: 206-213.
- Yıldız S., Yavaş H., Gürbüz O., Değirmencioglu N. Türkiye’de yetişen yaban mersin’i meyvesinin fenolik bileşiklerinin karakterizasyonu. *Gıda ve Yem Bilimi- Teknolojisi Dergisi* 2015; 15: 9-18.

Yang L., Wen KS., Ruan X., Zhao YX., Wei F., Wang Q. Response of plant secondary metabolites to environmental factors. *Molecules* 2018; 23(4): 762.

Zugic A., Dorđević S., Arsic I., Markovic G., Zivkovic J., Jovanovic S., Tadic V. Antioxidant activity and phenolic compounds in 10 selected herbs from Vrujci Spa, Serbia. *Industrial Crops and Products* 2014; 52: 519-527.