

T.C.
ERZİNCAN BİNALI YILDIRIM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

ERGAN DAĞI (ERZİNCAN)'NIN FARKLI YÜKSEKLİKLERİNDE YETİŞEN
BİTKİLERİN ANTİOKSİDAN AKTİVİTELERİNİN BELİRLENMESİ

Gökhan ADIGÜZELLİ

Danışman:

Prof. Dr. Etem OSMA

TEZ JÜRİ ÜYELERİ

Prof. Dr. Etem OSMA

Doç. Dr. Zeki SEVEROĞLU

Dr. Öğr. Üyesi Müjgan ELVEREN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ERZİNCAN, 2025

Kabul ve Onay Sayfası

Prof. Dr. Etem OSMA danışmanlığında, Gökhan ADIGÜZELLİ tarafından hazırlanan bu çalışma 24/01/2025 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Biyoloji Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans olarak kabul oybirliği ile kabul edilmiştir.

Başkan : Doç. Dr. Zeki SEVEROĞLU İmza:
Üye : Prof. Dr. Etem OSMA İmza:
Üye : Dr. Öğr. Üyesi Müjgan ELVEREN İmza:

Yukarıdaki Yüksek Lisans/Doktora Tezi Enstitü Yönetim Kurulunun / / 20.... tarih ve/..... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Doç. Dr. Kemal Volkan ÖZDOKUR
Enstitü Müdür V.

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, şekil ve tabloların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

Bilimsel Etiğe Uygunluk Sayfası

“Ergan Dağı (Erzincan)’nın Farklı Yüksekliklerinde Yetişen Bitkilerin Antioksidan Aktivitelerinin Belirlenmesi” isimli “Yüksek Lisans” tezim tarafımca intihal tespit programı ile incelenmiştir. Buna göre tezimde bilimsel etik ihlali ve intihal olarak nitelendirilebilecek herhangi bir durum olmadığını taahhüt ederim.

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir biçimde elde edildiğini; aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi beyan ederim. 24/01/2025

(İmza)

Gökhan ADIGÜZELLİ

ÖZET

Ergan Dağı (Erzincan)'nın Farklı Yüksekliklerinde Yetişen Bitkilerin Antioksidan Aktivitelerinin Belirlenmesi

Gökhan ADIGÜZELLİ

Yüksek Lisans Tezi

Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Etem OSMA

2025, 54 sayfa

Bu çalışma, Erzincan ili sınırları içerisinde yer alan Ergan Dağı'nın 1500 m ile 3000 m rakım aralığında doğal olarak yayılış gösteren bitki türleri üzerine gerçekleştirilmiştir. Araştırma kapsamında 1500 m'de (*Glaucium leiocarpum* Boiss., *Astragalus ornithopodioides* Lam., *Alcea calvertii* (Boiss) Boiss.), 2000 m'de (*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'de (*Scorzonera sericea* DC., *Hedysarum erythroleucum* Boiss., *Astragalus nezaketiae* A. Duran & Aytaç) farklı rakımlarda yetişen toplam 12 bitki türü seçilmiştir. Bitkilerin yaprak, dal ve kök organlarından örnekler alınıp metanol ekstraksiyonu yapılarak toplam fenolik (TPC) ve flavonoid (TPF) içeriği ile antioksidan aktivite (DPPH, FRAP) miktarlarının analiz edilmiştir. Antioksidan aktiviteleri incelendiğinde; *Globularia trichosantha* bitki türünde en yüksek değerler belirlenmiştir. DPPH aktivitesi yaprakta $47,86 \pm 1,70$, dalda $108,09 \pm 1,29$ ve kökte $60,57 \pm 0,74$ olarak ölçülmüştür. Fenolik içerik ise yaprakta $82,56 \pm 0,46$, dalda $56,71 \pm 2,12$ ve kökte $59,75 \pm 2,11$ olarak tespit edilmiştir. FRAP aktivitesi yaprakta $54,87 \pm 1,54$, dalda $41,09 \pm 3,06$ ve kökte $48,95 \pm 2,73$ 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 programı ile değerlendirilmiş ve farklı rakımlarda bitkilerin fenolik ve flavonoid içerikleri ile antioksidan aktiviteleri arasında anlamlı farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Özellikle biyoaktif bileşenler ile antioksidan aktiviteler arasında güçlü bir pozitif korelasyon olduğu gözlenmiştir. Bulgular, rakımın bitkilerin biyoaktif bileşenleri ve antioksidan potansiyeli üzerinde önemli bir etkisi olduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle 2000 m rakımında yetişen *Hypericum scabrum*, *Tanacetum mucroniferum* ve *Globularia trichosantha* türleri, gösterdikleri antioksidan performans ile farmasötik araştırmalar açısından önemli bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: DPPH, FRAP, fenolik, flavonoid, yükseklik

ABSTRACT

Determination of Antioxidant Activities of Plants Growing at Different Altitudes of Ergan Mountain (Erzincan)

Gökhan ADIGÜZELLİ

Master's Thesis,

Erzincan Binali Yıldırım University

Institute of Science and Technology

Department of Biology

Advisor: Prof. Dr. Etem OSMA

2025, 54 pages

This study was conducted within the boundaries of Erzincan province, focusing on plant species naturally distributed across an altitude range of 1500 m to 3000 m on Mount Ergan. A total of 12 plant species were selected from different altitudes: at 1500 m (*Glaucium leiocarpum* Boiss., *Astragalus ornithopodioides* Lam., *Alcea calvertii* (Boiss) Boiss.), at 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 at 3000 m (*Scorzonera sericea* DC., *Hedysarum erythroleucum* Boiss., *Astragalus nezaketiae* A. Duran & Aytaç). Leaf, stem, and root samples were collected, and methanol extractions were prepared to analyze total phenolic content (TPC), total flavonoid content (TPF), and antioxidant activities (DPPH and FRAP assays). Among the analyzed species, *Globularia trichosantha* exhibited the highest antioxidant activity, with DPPH activity measured at 47.86 ± 1.70 in leaves, 108.09 ± 1.29 in stems, and 60.57 ± 0.74 in roots. Phenolic content was determined as 82.56 ± 0.46 in leaves, 56.71 ± 2.12 in stems, and 59.75 ± 2.11 in roots. FRAP activity was recorded as 54.87 ± 1.54 in leaves, 41.09 ± 3.06 in stems, and 48.95 ± 2.73 in roots. Flavonoid content was 59.81 ± 2.31 in leaves and 31.62 ± 3.55 in stems of *Globularia trichosantha*, while the root of *Hypericum scabrum* exhibited a flavonoid content of 35.71 ± 2.73 . Statistical analysis using SPSS 22 revealed significant differences in the phenolic and flavonoid contents, as well as antioxidant activities, among plants from different altitudes. A strong positive correlation was observed between bioactive components and antioxidant activities. These findings indicate that altitude has a significant impact on the bioactive compounds and antioxidant potential of the studied plants. In particular, *Hypericum scabrum*, *Tanacetum mucroniferum*, and *Globularia trichosantha*, found at 2000 m, demonstrated notable antioxidant performance, highlighting their potential for pharmaceutical research and applications.

Keywords: DPPH, FRAP, fenolik, flavonoid, altitude

TEŞEKKÜR

Lisansüstü eğitimim boyunca üzerimde büyük emeği olan, bu süreç zarfında gerekli yardım ve desteğini her daim esirgemedi bilgii ve deneyimlerini paylaŐan değerli bilim insanı danışman hocam Sayın Prof. Dr. Etem OSMA'ya sonsuz saygı ve teŐekkürlerimi sunarım.

Tez çalıŐmam süresince tez materyalinin toplanmasından deney aŐamasına kadar her alanda bana destek olan, bu hayatta dosttan öte kardeŐlik gösteren çok kıymetli kardeŐlerim Tuğçe VAROL ve Samed ŞİMŞEK hocalarıma minnet ve Őükranlarımı sunarım.

Hayatımın her anında bana desteğini eksik etmeyen en kıymetlim, sevgili EŐim Pınar ADIGÜZELLİ'ye ve bu süreçte beni rahat bırakmayı başarabilen, yaramazlıklarını azaltan, büyüypde küçülmüŐ rolleri ile bu dünyadaki en herŐeylerim; can oğlum Gökalp ADIGÜZELLİ ile canım kızım Umay ADIGÜZELLİ'ye teşekkür ederim.

Ömrümün her anında bana maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen her koŐulda arkamda dağ gibi duran canım ailem Fahrettin ADIGÜZELLİ, Dilek ADIGÜZELLİ, Ayten DEMİR, Meltem MAYDA ve Furkan ADIGÜZELLİ' ye minnet ve sevgilerimi sunarım.

Gökhan ADIGÜZELLİ

Ocak, 2025

İÇİNDEKİLER

ÖZET	v
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	vii
TABLolar DİZİNİ.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
1. GİRİŞ.....	1
2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE ve İLGİLİ ÇALIŞMALAR	5
3. YÖNTEM.....	13
3.1. Materyal.....	13
3.1.1. <i>Alcea calvertii</i> (Boiss.) Boiss. (Hıraççeği).....	13
3.1.2. <i>Astragalus nezaketiae</i> A. Duran & Aytaç (Nazik geven).....	14
3.1.3. <i>Astragalus ornithopodioides</i> Lam. (Pala geveni).....	15
3.1.4. <i>Barbarea auriculata</i> Hausskn. ex Bornm. (Kulaklı nicarotu).....	16
3.1.5. <i>Glaucium leiocarpum</i> Boiss. (Gavurhaşaşı).....	17
3.1.6. <i>Globularia trichosantha</i> Fisch. & C.A.Mey. (Köseyayılımı).....	18
3.1.7. <i>Hedysarum erythroleucum</i> Boiss. (Kırbaç Batalağı).....	19
3.1.8. <i>Hypericum scabrum</i> L. (Karahasançayı).....	20
3.1.9. <i>Inula oculus-christi</i> L. (Yolotu).....	21
3.1.10. <i>Onobrychis cornuta</i> (L.) Desv. (Kuşkaçıran).....	22
3.1.11. <i>Scorzonera sericea</i> DC. (Bozkıvrım).....	23
3.1.12. <i>Tanacetum mucroniferum</i> Hub.-Mor. & Grierson (Sivri pireotu).....	24
3.2. Yöntem	25
3.2.1. Bitki materyalinin özütlenmesi (ekstraksiyonu) işlemi.....	25
3.2.2. Serbest radikal giderme aktivitesi	26
3.2.3. İndirme gücü (FRAP) aktivitesi	27
3.2.4. Toplam fenolik madde miktarı	27
3.2.5. Toplam flavonoid miktarı.....	27
3.2.6. İstatistiksel değerlendirme	28
4. BULGULAR	29
5. SONUÇ.....	35
KAYNAKÇA	36

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1. Bitki yapraklarında, toplam fenolik, flavanoid içerikleri ve antioksidan aktivite miktarı	29
Tablo 2. Bitki gövdelerinde, toplam fenolik, flavonoid içerikleri ve antioksidan aktivite miktarı	30
Tablo 3. Bitki köklerinde, toplam fenolik, flavonoid içerikleri ve antioksidan aktivite miktarı	30
Tablo 4. Bitki kısımlarında antioksidan aktiviteler arasındaki korelasyon	32

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. <i>Alcea calvertii</i> (Hıraçiçeği)	13
Şekil 2. <i>Astragalus nezaketiae</i> (Nazik geven)	14
Şekil 3. <i>Astragalus ornithopodioides</i> (Pala geveni)	15
Şekil 4. <i>Barbarea auriculata</i> (Kulaklı nicarotu)	16
Şekil 5. <i>Glaucium leiocarpum</i> (Gavurhaşhaşı).....	17
Şekil 6. <i>Globularia trichosantha</i> (Köseyayılımı).....	18
Şekil 7. <i>Hedysarum erythroleucum</i> (Kırbaç Batalağı)	19
Şekil 8. <i>Hypericum scabrum</i> (Karahasançayı)	20
Şekil 9. <i>Inula oculus-christi</i> (Yolotu).....	21
Şekil 10. <i>Onobrychis cornuta</i> (Kuşkaçıran)	22
Şekil 11. <i>Scorzonera sericea</i> (Bozkıvrım)	23
Şekil 12. <i>Tanacetum mucroniferum</i> (Sivri pireotu).....	24
Şekil 13. Çalışma alanı (Ergan Dağı) (Google earth).....	25
Şekil 14. Süzme işlemi	26

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

p	Anlamlılık değeri
IC ₅₀	Başlangıçtaki ABTS veya DPPH çözeltilisinin %50'sinin indirgenmesi
SPSS	Büyük veri setlerini analiz etme
FRAP	Demir İndirgeyici Antioksidan Güç Tayini
r	Korelasyon sayısı
m	Metre
nm	Nanometre
S-N-K	Student-Newman-Keuls
TCA	Trikloroasetik asit
ANOVA	Varyans Analizi
%	Yüzde
DPPH	1,1-Difenil-2-pikrilhidrazil radikali

1. GİRİŞ

Bitkileri serbest radikallere karşı savunmak için antioksidanlar önemli bileşiklerdir. Antioksidanlar arasında basit ve karmaşık fenolik bileşikler önemli bir yer tutar. Bu bileşikler arasında flavonoidler (antosiyantinler, flavonlar, flavonoller ve izoflavonoidler) ve yaygın olarak bulunan tanenler öne çıkmaktadır (Güven ve ark., 2019; Williamson ve ark., 2018; Gentile ve ark., 2018; Shen ve ark., 2022). Bu doğal bileşikler, hücrelere 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).

Bitkilerin yetişmesinde 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). Bitkiler yaşadıkları ortamın ekolojik şartlarına, anatomik, morfolojik, fenolojik, biyokimyasal ve biyofiziksel farklılıklarla cevap verirler. Bununla birlikte bitkilerin sahip olduğu biyokimyasal aktiviteler, çevre koşullarına bitkinin göstermiş olduğu adaptasyonunun bir parçasıdır (Kattge ve ark., 2011).

Bitkilerin morfolojik özellikleri dışında, fizyolojik olarak da ele alınması gereken pek çok yapı bulunmaktadır. Bunlardan biri, bitkilerin yaşam süreçlerini doğrudan etkileyen primer metabolitlerdir. Organik asitler, nükleotitler ve amino asitler gibi primer metabolitler, büyüme ve gelişme gibi temel yaşamsal faaliyetlerde önemli roller üstlenir. Bunun yanında, sekonder

metabolitler olarak adlandırılan ve doğrudan bu süreçlerle ilişkisi olmayan farklı bileşikler de bitki metabolizmasında yer alır. Tarihsel olarak, sekonder metabolitlerin bir tür "atık ürün" olabileceği düşünülmüşse de (Paech, 1950; Mothes, 1955), zamanla bu bileşiklerin savunma mekanizmalarında kilit rol oynadığı anlaşılmıştır (Stahl, 1888; Fraenkel, 1959; Levin, 1976; Levinson, 1976; Schildknecht, 1977; Rosenthal ve Janzen, 1979).

Günümüzde, bitkilerin abiyotik ve biyotik stresler, hastalıklar ve yabancı otlar gibi çeşitli tehditlere karşı dayanıklılık göstermesinde sekonder metabolitlerin önemli bir yer tuttuğu bilinmektedir (Seigler, 1998). Bu bileşikler, benzersiz karbon iskeletleri sayesinde biyosentetik olarak fenolikler, terpenler ve alkaloidler olmak üzere üç ana gruba ayrılmaktadır (Verpoorte ve Alfermann, 2000).

Bu gruplardan fenolik bileşikler, bitkilerin toprağa adaptasyon süreçlerinde önemli bir rol oynamaktadır. Fenolikler, aromatik bir halka üzerinde bir veya daha fazla hidroksil grubu içeren yapılardır (Shahidi ve Naczki, 1995). Bu bileşikler, proteinlerle kompleks oluşturarak enzim aktivitelerini engelleyebilir ve bitkilerde dölleme, büyüme, savunma gibi süreçlere katkıda bulunur. Antioksidan özellikleri sayesinde, fenolik bileşikler diyabet, kalp hastalıkları, kanser ve iltihaplanma gibi sağlık sorunlarının önlenmesinde etkili olabilir ve mutasyona uğrayan hücrelerin sayısını azaltabilir (Karakaya, 2004). Bitkilerde ise bu bileşikler, böcekler ve patojenlere karşı koruma sağlamak, yaralanma ve UV radyasyonu gibi çevresel tehditlere yanıt olarak sentezlenir.

Fenolik bileşiklerin alt gruplarından biri olan flavonoidler, 15 karbonlu bir yapı içerir ve bitkilerde pigmentasyon gibi görevlerde bulunur. Mavi, kırmızı ve pembe renklerin oluşumunda etkili olan flavonoidler, savunma mekanizmalarına da katkı sağlamaktadır. Ayrıca, flavonoidler kendi içlerinde alt gruplara ayrılarak UV-B radyasyonuna karşı koruma görevinde üstlenebilmektedir (Lake ve ark., 2009; Saviranta ve ark., 2010).

Antioksidanlar, enzimatik ve enzimatik olmayan olarak iki gruba ayrılır ve hücrelerdeki karbonhidrat, protein, DNA ve lipid gibi yapıların oksidasyonunu önleyen ya da geciktiren maddeler olarak tanımlanır. Antioksidan savunma sistemi olarak adlandırılan bu mekanizma, dört farklı yolla işlev görür (Mates ve ark., 1999; Dündar ve Aslan, 2000):

- Serbest radikalleri etkisiz hale getirerek kararlı moleküllere dönüştürmek.
- Zincir reaksiyonlarını durdurarak serbest radikal oluşumunu engellemek.
- Reaksiyon hızını baskılayarak kontrol altına almak.
- Hasar görmüş biyomolekülleri onararak, organizmada antioksidan üretimini artırmak.

Antioksidanların biyolojik sistemlerdeki önemli rolü ve doğal kaynaklardan elde edilme potansiyeli, farklı coğrafi bölgelerdeki bitkisel çeşitliliğin incelenmesini gerektirir. Türkiye'nin zengin florası, bu tür araştırmalar için geniş olanaklar sunmaktadır. Özellikle Doğu Anadolu Bölgesi, sahip olduğu ekolojik çeşitlilik ve zengin bitki örtüsüyle dikkat çekmektedir.

Erzincan, Doğu Anadolu Bölgesi'nin batısında yer alan bir şehirdir. Kuzeyinde Giresun, Bayburt ve Gümüşhane; batısında Sivas; doğusunda Erzurum ve Bingöl; güneyinde ise Tunceli, Malatya ve Elazığ illeri ile çevrilidir (Anonim, 2011a; (Özhatay, 2006; Korkmaz ve Alpaslan, 2014). Coğrafi yapısı ağırlıklı olarak dağlık ve platolarla kaplı olan Erzincan'da dağlar, çeşitli yönlerde uzanarak belli bir düzen içerisinde sıralanmıştır. Güneybatıda Munzur Dağları, kuzeybatıda Refahiye Dağları ilin sınırları içerisinde yer alır. Erzurum yönünden başlayarak batıya doğru ilerleyen Karasu Irmağı ile Otlukbeli Dağları, ilin topraklarını engebeli bir şekilde böler ve aralarında geniş düzlüklere olanak sağlar. Dağlar, ilin yüzey alanının yaklaşık %60'ını kaplamaktadır. Esence (Keşiş) Dağları, 3.546 metre ile Erzincan'ın en yüksek zirvesidir. Çalışma sahası olan Ergen Dağı ise 3.256 metre yüksekliğe sahiptir (Özhatay, 2006; (Özhatay, 2006; Korkmaz ve Alpaslan, 2014).

Ergen Dağı, Davis'in Türkiye Florası'nda kullandığı enlem ve boylam tabanlı Grid kareleme sistemine göre ağırlıklı olarak B7 karesine denk gelmektedir. Erzincan ilinde dağlar yaklaşık olarak ilin coğrafik yapısının %60'ını oluşturur. (Özhatay, 2006; Korkmaz ve Alpaslan, 2014) Erzincan ilinin en yüksek dağlarından olan Ergen dağı yapı itibariyle resifal katmanlı kireçtaşı, kırıntılı kayalar, masif kireçtaşı, metamorfik kayalar, pelajik kireçtaşı, ofiyolitli karışık, ofiyolitler, volkanitler ile evaporitlerden oluşmaktadır (Boz ve Yılmaz, 20020).

Ergen Dağı'nda gerçekleştirilen bu çalışmada, farklı rakımlarda yetişen bitkilerin antioksidan aktiviteleri üzerindeki etkilerini belirlemek amaçlanmıştır. Bu kapsamda, yükselti farklarının bitkilerin antioksidan kapasiteleri üzerindeki olası etkilerini ortaya koymak ve bu bitkiler arasındaki ilişkiyi incelemek hedeflenmiştir.

Çalışmanın diğerk bir hedefi, farklı rakımlarda yetişen bitki türlerinin biyoaktif bileşenlerinin çeşitliliğini değerlendirmek ve bu çeşitliliğin yükselti ile ilişkisini analiz etmektir. Böylece, bitkilerin biyolojik aktivitelerindeki değişimlerin ve bu değişimlerin yükseltiye bağlı olarak nasıl şekillendiğinin anlaşılması hedeflenmiştir. Elde edilen verilerin, bitki ekolojisi ve doğal antioksidan kaynakları açısından önemli bilgiler sunması beklenmektedir.

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE ve İLGİLİ ÇALIŞMALAR

Wildi vd. (1996) Bitkilerdeki antioksidan ve fotosentetik pigment içerikleri günlük bir döngüyü takip etmiş, öğle vakti zirveye ulaşmış ve gece minimuma ulaşmıştır, ancak bunun sıcaklıktaki veya ışık yoğunluğundaki değişikliklerden mi kaynaklandığı belirsizdi. Bitkiler, sıcaklığın daha düşük ve ışık yoğunluğunun daha yüksek olduğu daha yüksek rakımlardan toplandıkça, toplam antioksidan içeriği, öncelikle artan askorbik asit seviyeleri nedeniyle artmıştır. Farklı bitki türleri, daha yüksek rakımların artan stresine farklı tepkiler göstererek geniş bir adaptasyon yelpazesi gösterdiği bildirilmiştir.

Klara vd. (1999) Aktif oksijen türlerinin veya serbest radikallerin artan seviyeleri oksidatif stres yaratabilir. Yaşlanma, kanserojenitez ve hayvanlarda immün yetmezliklere ve bitkilerde membran sızıntısına, senesansa, klorofil yıkımına ve fotosentezin azalmasına yol açan çevresel streslere maruz kalmanın bir sonucu olarak canlı hücrelerdeki serbest radikallerin konsantrasyonu artırır. Yüksek bitkilerin antioksidatif sistemi enzimlerden, düşük molekül ağırlıklı bileşiklerden (peptitler, vitaminler, flavonoidler, fenolik asitler, alkaloidler vb.) ve entegre detoksifikasyon zincirlerinden oluşur. Bitkilerdeki enzimatik savunma, oksidatif maddeleri uzaklaştırabilen, nötralize edebilen veya süpürebilen enzimleri içerir. Katalazlar ve süperoksit dismutazlar en etkili antioksidan enzimlerdir. Serbest radikaller, doğal antioksidan sistemlerinin blokajıyla sonuçlanan bir lipid peroksidasyon mekanizmasıyla hücre hasarına neden olur. Sentetik antioksidanların uygulanması oksidatif stresle başa çıkmada yardımcı olabileceğine dair bir derleme sunmuşlardır.

Arora vd. (2002) Serbest radikaller ve oksijenin diğer aktif türevleri biyolojik redoks reaksiyonlarının kaçınılmaz yan ürünleridir. Reaktif oksijen türleri enzimleri etkisizleştirir ve önemli hücresel bileşenlere zarar verir. Toksik oksijen türevlerinin artan üretimi, stres koşullarının evrensel veya ortak bir özelliği olarak kabul edilir. Bitkiler ve diğer organizmalar bu sorunla başa çıkmak için çok çeşitli mekanizmalar geliştirmiştir. Bitkinin antioksidan savunma sistemi çeşitli antioksidan moleküller ve enzimlerden oluşur. Serbest radikallerin membranlar üzerindeki etkisinin etkileri arasında lipid peroksidasyonunun ve yağ asidi destrifikasyonunun indüklenmesi yer alır. Yakından bağlantılı görünen etilen biyosentezi ve membran parçalanmasının her ikisi de serbest radikalleri içeriyor gibi görünse de bu serbest radikalleri üreten olayların dizisi hala yeterince anlaşılmamıştır. Antioksidatif savunma sisteminin kapasitesinin ve aktivitesinin oksidatif hasarı sınırlamada ve metabolizma için normalde gerekenden fazla üretilen aktif oksijen türlerini yok etmede önemli olduğu açıktır.

Transgenik bitkiler, çevresel ve indüklenen birçok stres türüne karşı korumada yer alan enzimlerin rollerini tam olarak anlamamızı sağlayacak bir araç sundu. Antioksidatif savunma sisteminin tek enzimlerinin artan aktivitelerini ifade eden dönüştürülmüş bitkiler üzerinde yapılan çalışmalar, bu yollarla strese karşı bir miktar tolerans kazandırmanın mümkün olduğunu göstermektedir. Bitki dönüşümünün ortaya çıkışı, antioksidatif savunma sisteminin geliştirilmesiyle bitkilerde daha fazla stres toleransı elde etme olasılığını kavramamıza olanak sağladığını savunmuşlardır.

Zhou (2003) Alp bitki türlerinin Qinghai-Tibet Platosu ortamına adaptasyon mekanizmasını ortaya koymak amacıyla bu çalışmada esas olarak farklı rakımlardaki *Polygonum viviparum* L.'nin antioksidan bileşikleri karşılaştırılmıştır. Daha yüksek rakımda hem chla hem de chlb miktarı azalmış, ancak chla/chlb artmıştır. Rakımın artmasıyla birlikte, üye lipid peroksidasyonu hem yapraklarda hem de köklerde daha güçlü hale gelmiş ve MDA daha fazla birikmiştir. Tespit edilen üç antioksidan enzimin hem aktivitesi hem de miktarı rakıma bağlı olarak değişmiştir. Daha yüksek rakımda hem SOD hem de POD aktivitesi yapraklarda azalmış, ancak köklerde artmış, CAT aktivitesi ise hem yapraklarda hem de köklerde artmış ve bu eğilim ilk organlarda daha belirgin olmuştur. AsA miktarı rakımın artmasıyla daha fazla birikmiştir. Üç antioksidan enzimin miktarı ve aktivitesi birbirleriyle doğru bir şekilde ilişkilendirilmemiş olsa da özellikle daha yüksek rakımda daha yüksek AsA miktarı olmak üzere, rakıma bağlı değişimleri, bu alpin türünün plato çevresine adapte olmada benzer bir rol oynadığını bildirilmiştir.

Jung (2008) *Synurus deltoides*'in çeşitli kısımlarının, yaprak, gövde ve kökünün sıcak su özütlerinin antioksidan aktivitesi, toplam fenolik içerik, 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil (DPPH) radikal süpürücü, hidroksil radikal ($\cdot\text{OH}$) süpürücü, süperoksit dismutaz (SOD) ve ksantin oksidaz (XOI) aktiviteleri dahil olmak üzere çeşitli antioksidan analizleri ile değerlendirildi. Çeşitli antioksidan aktiviteler, L-askorbik asit, α -tokoferol ve bütillenmiş hidroksianisol (BHA) gibi standart antioksidanlarla karşılaştırıldı. Farklı bitki kısımları arasında, gövdenin tüm test edilen model sistemlerinde en yüksek aktiviteye sahip olduğu, aktivitenin gövde > kökler > yapraklar sırasıyla azaldığı bulunmuştur. Bu sonuçlar, gövde özütünün potansiyel doğal antioksidan kaynağı olarak kullanılabileceğini göstermiştir.

Gill vd. (2010) Abiotik stresler bitkilerde oksidatif hasara neden olan reaktif oksijen türlerinin (ROS) aşırı üretimine yol açar. - Bitkiler, ROS'u temizlemek ve oksidatif stresi azaltmak için etkili enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidan savunma sistemlerine sahiptir. ROS ayrıca genlerin ifadesini etkiler ve büyüme, hücre döngüsü, stres tepkileri ve gelişme gibi çeşitli bitki süreçlerini kontrol edeceğini tespit etmişlerdir.

Jung vd. (2011) Patlıcanın kabuk ve kaliks kısımları en yüksek toplam fenolik ve antosiyanin içeriğine sahiptir. Kabuk ve kaliks ekstraktları ayrıca DPPH· radikal temizleme ve indirgeme gücü deneyleriyle ölçüldüğünde en yüksek antioksidan aktiviteyi göstermiştir. Özellikle kaliks ekstraktının, meyve özütü ekstraktından yaklaşık 1.700 kat daha güçlü, oldukça yüksek süperoksit dismutaz (SOD) benzeri aktiviteye sahip olduğu görüldüğü bildirilmiştir.

Stanković vd. (2012) Çalışmada, *Teucrium polium*'un farklı bitki kısımları ve özütlerinde geniş bir toplam fenolik içerik (14,57 ila 157,84 mg GaA/g özüt) ve flavonoid konsantrasyonları (6,48 ila 139,87 mg Ru/g özüt) aralığı bulunmuştur. - DPPH testi ile ölçülen özütlerin antioksidan aktivitesi de 26,30 ila 2190,75 µg/ml aralığında değişen IC₅₀ değerleriyle büyük ölçüde değişmiştir. Yaprakların metanol özütü, test edilen özütler arasında en yüksek fenolik içeriğe (157,84 mg GaA/g) ve en güçlü antioksidan aktiviteye (IC₅₀ = 26,30 µg/ml) sahiptir. Bazı *Teucrium polium* özütlerinin *Ginkgo* ve yeşil çay özütlerine eşit veya daha yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu bulunmuştur.

Baziar vd. (2013) çalışmada, farklı rakımlardan *Rosa damascene* örnekleri toplanmış ve metanol ekstraktları DPPH· testi ile antioksidan aktiviteleri açısından incelenmiştir. Polifenol miktarları HPLC kullanılarak tanımlanmış ve belirlenmiştir. Antioksidan ve polifenol aktiviteleri rakıma bağlı olarak değişim göstermiştir. 1545 m rakımdaki örnek en fazla antioksidan aktiviteyi IC₅₀ 1698,3 µg/mL olarak göstermiş ve en fazla klorojenik asit ise deniz seviyesinden 1731 m rakımda 7,71 ppm olarak belirlenmiştir.

Maisarah vd. (2013) DPPH· radikal temizleme testi ile ölçülen en yüksek antioksidan aktiviteye ve en yüksek toplam fenolik ve flavonoid içeriğine genç yapraklar sahiptir. β-karoten ağartma testi ile ölçülen en yüksek antioksidan aktiviteye olgunlaşmamış meyve sahiptir. Antioksidan aktivite şu sırayla gözlemlendi: genç yapraklar> olgunlaşmamış meyve> olgun meyve> tohumlar şeklinde olduğu gösterilmiştir.

Pagare vd. (2015) İkincil metabolitler, bitkilerin çevreleriyle etkileşiminde ve streslere karşı korunmasında rol oynar. Bazı ikincil metabolitlerin ilaç, tat, koku, böcek ilacı ve boya olarak önemli ticari uygulamaları ve ekonomik değeri vardır. İkincil metabolitler alanındaki sürekli araştırma ve teknolojik gelişmelerin, tıbbi bileşikler de dahil olmak üzere yeni, değerli bitki kaynaklı kimyasalların keşfine ve üretimine yol açması beklendiğini bildirmişlerdir.

Chakraborty vd. (2015) ABTS ve DPPH analizleriyle ölçülen antioksidan aktivite, çay bitkisi örneklerinin yüksekliği arttıkça azalmıştır. Ancak tanen ve flavonoidler gibi başlıca biyoaktif maddelerin seviyeleri yüksekliğe bağlı olarak önemli ölçüde değişmemiş; bu da çay yapraklarının tıbbi değerinin büyük ölçüde değişmeden kaldığını göstermişlerdir.

Cui vd. (2016) Antioksidan kapasite ve fenolik bileşik içeriği, bazı dağ bitkisi türlerinde yüksek rakımla birlikte artmıştır; bu muhtemelen daha yüksek oksidatif strese adaptasyondan kaynaklanmaktadır. Protein ve yağ konsantrasyonları, muhtemelen daha yüksek metabolik aktiviteyi desteklemek için, yüksek rakımlarda tüm beş dağ bitkisi türünde artmıştır. Çoklu doymamış yağ asidi içeriği artmış ve mineral konsantrasyonları artan rakımla birlikte azalma eğiliminde olmuştur; ancak bu eğilimler türler arasında tutarsızlık olduğunu bildirmişlerdir.

Ahmed vd. (2017) Bitkiler, düşmanlarını caydırma, patojenleri savuşturma, rakiplerin yerini alma ve çevresel kısıtlamaları aşma stratejileri sağlayan, ikincil metabolitler adı verilen yapısal olarak çeşitli kimyasal bileşiklerden oluşan bir cephanelik kullanırlar. Bu kimyasallar, belirli abiyotik stresler ve patojenik saldırılar altında üretilir ve bu nedenle bitkilere hayatta kalma taktikleri kazandırır. Bu tür bileşiklerin ve bunların biyosentetik yollarının çok sayıda bitki aleminde keşfedildiği bilinmektedir. Çeşitli biyolojik ve fiziko-kimyasal özellikleri nedeniyle ikincil metabolitler insan için büyük ilgi görmektedir ve ilaç, yağ, mum, parfüm, tatlandırıcı madde, boya ve diğer birçok ticari açıdan önemli malzeme olarak kullanıldığını bildirmişlerdir.

Pandey vd. (2018) *Thalictrum foliolosum* (TF) köklerindeki berberin içeriği artan rakımla azalırken, fenol ve flavonoid içeriği daha yüksek rakımlarda artmış. Tüm TF özütleri *Candida albicans*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* ve *Pseudomonas aeruginosa*'ya karşı orta ila yüksek antimikrobiyal aktivite gösterdi. Yüksek berberin içeriğine sahip özütler *C. albicans* ve *S. aureus*'a karşı daha etkiliydi ve daha güçlü antioksidan aktiviteler gösterdi, daha yüksek fenol ve flavonoid içeriğine sahip özütler ise daha iyi serbest radikal temizleyiciliği sergilediğini göstermişlerdir.

Untea vd. (2018) ABTS değerlendirmesine göre ceviz yaprağında, DPPH ve fosfomolibden yöntemlerine göre ise yaban mersini yaprağında en yüksek antioksidan aktivite elde edilmiştir. Nane, ceviz ve yaban mersini yapraklarının üç farklı yöntemle belirlenen önemli antioksidan aktiviteye ve ayrıca toplam fenolik içeriğe sahip olduğu kanıtlanmıştır. -  antioksidan yöntem (ABTS, DPPH ve fosfomolibden) arasındaki korelasyon katsayıları 0,6 ile 0,8 arasında bulunmuş olup, en iyi korelasyon DPPH ile toplam antioksidan kapasite (TAC) arasında 0,81 olarak bulunduğu grlmştir.

Feduraev vd. (2019) *Rumex crispus* ve *Rumex obtusifolius*'un üreme organları (iekler ve tohumlar), diğer bitki kısımlarına kıyasla en yüksek fenolik bileşik seviyelerini içeriyordu. Her iki türün gövdeleri, diğer bitki kısımlarına kıyasla en düşük fenolik bileşik seviyelerini içeriyordu. Bitki kısımlarının antioksidan aktivitesi hem çiçeklenme hem de meyve verme aşamalarında üreme organları> yapraklar> kökler> gövdeler sırasını izlediği bildirilmiştir.

Hussein vd. (2019) Tıbbi bitkilerin geniş ve çok yönlü farmakolojik etkileri temel olarak fitokimyasal bileşenlerine bağlıdır. Genel olarak, bitkilerin fitokimyasal bileşenleri temel metabolik süreçlerdeki rollerine göre iki kategoriye ayrılır: birincil ve ikincil metabolitler. Birincil bitki metabolitleri temel yaşam fonksiyonlarında yer alır; bu nedenle, tüm canlı hücrelerde az çok benzerdirler. Öte yandan, ikincil bitki metabolitleri şikimik asit yolu gibi yan yolların ürünleridir. Çalışma sırasında, şıfalı bitkilerin tıbbi etkisi ikincil bitki metabolitlerine yöneliktir. İkincil bitki metabolitleri geleneksel tıpta ve halk kullanımında çeşitli rahatsızlıkların hafifletilmesinde önemli bir rol oynamıştır. Modern tıpta, migrenden kansere kadar çeşitli hastalıkların tedavisi için ilaçların üretimi için nc bileşikler sağlamıştır. İkincil bitki metabolitleri kimyasal yapılarına göre çeşitli sınıflara ayrıldığı bildirilmiştir.

Chaves vd. (2020) Kullanılan dört yöntem (DPPH, FRAP, ABTS ve RP) 12 bitki türünün antioksidan kapasitesini ölçebildi, ancak bunlar arasında farklılıklar vardı. DPPH ve RP ile ölçülen antioksidan aktivite değerleri, ABTS ve FRAP ile elde edilenlerden daha yüksekti ve bu değerler türler arasında değişiyordu. Türlerin hiyerarşisi veya kategorizasyonu, kullanılan yönteme bağlı olarak farklı olduğunu belirtmişlerdir.

Hashim vd. (2020) Toprak pH'ı ve mikro besin içeriği, muhtemelen daha düşük pH'ta daha düşük mineralizasyon nedeniyle artan rakımla azalmıştır.- çeşitli antioksidanların ve ikincil

metabolitlerin seviyeleri rakımla artarken, antioksidan enzim aktivitesi azalmıştır. En çok tehdit altındaki bitki türü olan *Rosa arabica*, diğer türlere kıyasla yüksek rakım koşullarına maksimum tepki gösterdiğini ortaya çıkarmışlardır.

Dumanovic vd. (2021) Bitkilerde, zararlı reaktif türlere (RS) karşı koymak ve hücre içinde homeostazı korumak için çalışan karmaşık ve çok seviyeli bir antioksidan sistem (AOS) ağı vardır. Bunların en önemlisi reaktif oksijen türleridir (ROS). Bitki hücreleri için özel AOS'ler, ilk ve en önemlisi glutatyon-askorbat döngüsünün (Asc-GSH) enzimleridir, ardından fenolik bileşikler ve karotenoidler ve tokoferoller gibi lipofilik antioksidanlar gelir. Bitki hücrelerinin mükemmel antioksidatif savunma sistemlerine sahip olduğuna dair kanıt, hayvan hücre yaşamıyla uyumsuz H₂O₂ konsantrasyonlarında hayatta kalma yetenekleridir. Stresli bitkilerin hayatta kalması için, AOS'lerin redoks reaksiyonlarına iş birliği yapması ve katılması, dolayısıyla aktif indirgenmiş formların daha iyi korunması ve yenilenmesini sağlaması özellikle önemlidir. Bitkilerin antioksidan bileşikler açısından zengin olduğu ve insanların bunların çoğunu sentezlemeye yatkın olmadığı düşünüldüğünde, yeni araştırma alanları ortaya çıkmıştır. Bitkisel bileşiklerin antioksidan potansiyeli, yaşlanma karşıtı formüllerin hazırlanmasında, gıdaların güçlendirilmesinde ve korunmasında ve ayrıca etiyojisinde oksidatif stresin rol oynadığı hastalıklar için yeni tedavilerin tasarlanmasında kullanılması gerektiği savunulmuştur.

Joshi vd. (2021) *Artemisia vulgaris* en yüksek fenolik içeriğe (53±0,03 mg GAE/g) sahipken, *Mimosa pudica* en düşük içeriğe (3.7±0,04 mg GAE/g) sahipti. *Syzygium cumini* en yüksek flavonoid içeriğine (51.5±0,01 mg QE/g) sahipken, *Mentha piperita* en düşük içeriğe (1.93±0,02 mg QE/g) sahipti. *Eupatorium adenophorum* ve *Rhododendron anthopogon* da dahil olmak üzere çeşitli bitkiler, DPPH radikal süpürücülüğü ile ölçüldüğünde güçlü antioksidan aktivite gösterdiği sunulmuştur.

Sruthi vd. (2021) Bitkiler, bitkilerin farklı etnofarmakolojik potansiyeline katkıda bulunan yapısal olarak çeşitli yüksek değerli fitokimyasalların 'hazinesi' olarak kabul edilebilir. Bitkilerin kimyasal bileşenleri genellikle birincil ve ikincil metabolitler olmak üzere iki sınıfa ayrılır. Birincil metabolitler esas olarak büyüme, gelişme ve üreme gibi temel yaşam fonksiyonlarından sorumludur, oysa şikimik asit yolu gibi yan yolların ürünleri olan ikincil metabolitler bitkilerdeki savunma mekanizmaları içindir. Birçok çalışma, ikincil metabolitlerin tatlandırıcı maddeler, tıbbi ve eğlence amaçlı ilaçlar olarak yararlı etkisini ortaya koymuştur. Bitkilerden elde edilen ikincil metabolitler, kimyasal yapılarına bağlı olarak esas olarak

terpenler, alkaloidler ve fenolikler olarak kategorize edilebilir. Bitkilerde her yerde bulunan terpenoidler, en büyük ikincil metabolit sınıfıdır. Alkaloidler, azot içeren başka bir geniş ikincil metabolit grubunu temsil eder. Fenolikler de bitkilerde her yerde bulunan ikincil metabolitlerdir ve serbest fenoller veya glikozitleri olarak bulunduğunu tartışmışlardır.

Basar vd. (2022) *Justicia adhatoda* L. bitkisinin farklı kısımlarının (kök, gövde, yaprak, çiçek ve kabuk) tümü iyi antioksidan özellikler sergiledi. *Justicia adhatoda* L. bitkisinin yaprakları ve çiçekleri en yüksek doğal antioksidan seviyelerine sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Hadini vd. (2022) *Pistacia lentiscus* L. yapraklarının polifenoller, flavonoidler, klorofil, tanenler ve askorbik asit gibi fitokimyasal içeriği rakıma göre değişmiş; polifenoller ve flavonoidler düşük rakımlarda daha yüksekken, klorofil, tanenler ve askorbik asit yüksek rakımlarda daha yüksek bulunmuştur. *Pistacia lentiscus* L.'nin, bitkinin muhtemelen stres altında olduğu düşük rakımlara kıyasla yüksek rakımlara daha uyumlu olduğu bulunmuştur. *Pistacia lentiscus* L. yapraklarının DPPH radikal temizleyici ve toplam antioksidan aktivite gibi antioksidan aktivitesi, fitokimyasal içerikle ilişkili olup, DPPH aktivitesi polifenollerle, toplam antioksidan aktivite ise flavonoidlerle ilişkili olduğunu bildirmişlerdir.

Sharifian vd. (2022) *Tussilago farfara* L.'nin toplam fenol içeriği, flavonoidler ve antioksidan aktivite dahil olmak üzere fitokimyasal özellikleri 2200 metrenin üzerindeki rakımlarda en yüksek bulunmuştur. Toplam fenol ve flavonoidlerin en yüksek içeriği çiçeklenme fenolojik aşamasında, en yüksek antioksidan aktivite ise vejetatif aşamada gözlemlendiğini açığa çıkarmışlardır.

Al-Khayri vd. (2023) tarafından sunulan bu derlemede, bitkiler, biyotik streslerle başa çıkmak ve çevrelerinde hayatta kalmak için çeşitli ikincil metabolitleri silah olarak kullanırlar. İkincil metabolitler, düşmanları uzaklaştırarak, çekerek veya toksik etki uygulayarak bitkileri biyotik stres faktörlerinden korumaya yardımcı olur. Modern omik teknolojileri, bu ikincil metabolitlerin yapısal, işlevsel ve biyosentetik özelliklerinin daha iyi anlaşılmasını sağlayarak, bunların zararlı yönetiminde kullanılmasına yardımcı olabileceğini belirlemişlerdir.

Gupta vd. (2023) *Cassia fistula* (CFB) kabuğu, yaprak ve tohum kısımlarıyla karşılaştırıldığında en yüksek toplam fenolik madde içeriğine ve protein içeriğine sahiptir. CFB özütü, serbest radikal temizleme, lipid peroksidasyonu, hidroksil radikal temizleme ve ferrik

tiyosiyanat aktivitesi açısından en düşük IC₅₀ değerleri açısından en yüksek antioksidan aktiviteye sahipti. *Cassia fistula* (CFS) tohum özütü, diğer ztlerle karşılaştırıldığında en yüksek indirgeyici güce ve süperoksit anyon radikal temizleme aktivitesine sahip olduğunu göstermişlerdir.

Himalian vd. (2023) Aynı bitkinin farklı kısımları farklı antioksidan potansiyeli gösterdi. Nar kabuğu en yüksek antioksidan potansiyeline sahipti, bunu nar posası, papaya kabuğu, emen otu tohumları, rezene tohumları, kurutulmuş ısırgan otu yaprakları, papaya çekirdekleri, dondurulmuş ısırgan otu yaprakları, nar çekirdekleri, taze ısırgan otu yaprakları ve papaya posası izledi. Geleneksel olmayan bitki kısımları, serbest radikalleri azaltmak için kullanılabilen iyi bir antioksidan potansiyele sahip olabileceğini belirtmişlerdir.

3. YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu çalışma için, Erzincan il sınırları içerisinde yer alan 3256 m rakımlı Ergan dağında arazi çalışmaları yapılmıştır. Tez çalışmasında kullanılan bitki materyallerinin fotoğrafları Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü öğretim üyesi Prof. Dr. Ali Kandemir'e aittir.

3.1.1. *Alcea calvertii* (Boiss.) Boiss. (Hıraççeği)

Çok yıllık otsu bir bitkidir. Yetiştirme ortamı aşınmış kıyıları, yamaçlar ve volkanik tepe habitatlarıdır. Haziran-Ağustos aylarında çiçek açar. 600-1500m yükseklikte yaşar. Artvin, Elazığ, Erzincan, Erzurum ve Tunceli'de yayılış gösterir. İran-Turan elementine sahiptir. Endemiktir (Davis, 1967; Güner vd., 2012).

- Alem: Plantae (Bitkiler Alemi)
- Bölüm: Magnoliophyta (Tohumlu bitkiler)
- Altsınıf: Magnoliidae (Manolya)
- Familya: Malvaceae (Ebegümeçigiller)
- Cins: *Alcea* (Hatmi)
- Tür: *Alcea calvertii* (Hıraççeği)



Şekil 1. *Alcea calvertii* (Hıraççeği)

3.1.2. *Astragalus nezaketiae* A. Duran & Aytac (Nazik geven)

Çok yıllık tabanı odunsulaşmış bir bitkidir. Yetiştirme ortamı kalkerli kayalık yamaçlar ve bozkır habitatlarıdır. Haziran ayında çiçek açar. 2000-2200 m yükseklikte yaşar. Türkiye’de Erzurum Kars ve Y. Fırat bölümlerinde yayılış gösterir. İran-Turan elementine sahiptir. Endemiktir (Davis, 1967; Güner vd., 2012).

- Alem: Plantae (Bitkiler Alemi)
- Bölüm: Magnoliophyta (Tohumlu bitkiler)
- Altsınıf: Magnoliidae (Manolya)
- Familya: Fabaceae (Baklagiller)
- Cins: *Astragalus* (Geven)
- Tür: *Astragalus nezaketiae* (Nazik geven)



Şekil 2. *Astragalus nezaketiae* (Nazik geven)

3.1.3. *Astragalus ornithopodioides* Lam. (Pala geveni)

Çok yıllık otsu bir bitkidir. Yetiştirme ortamı ıstıli çimenlik yamaçlar ve bozkır habitatlarıdır. Mart-Temmuz aylarında çiçek açar. 700-2300 m yükseklikte yaşar. Türkiye’de Karadeniz, İç Anadolu, D. Anadolu ile Akdeniz Bölgesinin doğusunda yayılış gösterir. İran-Turan elementine sahiptir (Davis, 1967; Güner vd., 2012).

- Alem: Plantae (Bitkiler Alemi)
- Bölüm: Magnoliophyta (Tohumlu bitkiler)
- Altsınıf: Magnoliidae (Manolya)
- Familya: Fabaceae (Baklagiller)
- Cins: *Astragalus* (Geven)
- Tür: *Astragalus ornithopodioides* (Pala geveni)



Şekil 3. *Astragalus ornithopodioides* (Pala geveni)

3.1.4. *Barbarea auriculata* Hausskn. ex Bornm. (Kulaklı nicarotu)

Çok yıllık, otsu bir bitkidir. Yetiştirme ortamı nemli çayırılık habitatlardır. Haziran ayında çiçek açar. 1200-1600 m yükseklikte yaşar. Türkiye’de Erzincan’da yayılış gösterir. İran-Turan elementine sahiptir. Endemiktir (Davis, 1967; Güner vd., 2012).

- Alem: Plantae (Bitkiler Alemi)
- Bölüm: Magnoliophyta (Tohumlu bitkiler)
- Altsınıf: Magnoliidae (Manolya)
- Familya: Brassicaceae (Turpgiller)
- Cins: *Barbarea* (Nicarotu)
- Tür: *Barbarea auriculata* (Kulaklı nicarotu)



Şekil 4. *Barbarea auriculata* (Kulaklı nicarotu)

3.1.5. *Glaucium leiocarpum* Boiss. (Gavurhaşaşaşı)

İki veya çok yıllık otsu bir bitkidir. Yetişme ortamı tepe, yamaç ve taşlı tarla habitatlarıdır. Haziran-Temmuz aylarında çiçek aar. 15-1600m yüksekliklerde yaşar. Türkiye’de Ankara, Antalya, Bursa, Denizli, Erzincan, Eskişehir, Isparta, İzmir, Konya, Malatya, Nevşehir, Niğde, Sivas ve Bayburt’ta yayılış gösterir (Davis, 1967; Güner vd., 2012).

- Alem: Plantae (Bitkiler Alemi)
- Bölüm: Magnoliophyta (Tohumlu bitkiler)
- Altsınıf: Magnoliidae (Manolya)
- Familya: Papaveraceae (Haşaşgiller)
- Cins: *Glaucium* (Çömlekçatlata)
- Tür: *Glaucium leiocarpum* (Gavurhaşaşaşı)



şekil 5. *Glaucium leiocarpum* (Gavurhaşaşaşı)

3.1.6. *Globularia trichosantha* Fisch. & C.A.Mey. (Köseyayılımı)

Çok yıllık otsu bir bitkidir. Yetiştirme ortamı kayalık ve çimenlik yerler, sık ormanlar, kireçtaşı serpantin ve volkanik habitatlardır. Nisan-Temmuz aylarında çiçek açar. 200-2470m yüksekliklerde yaşar. Tüm Türkiye’de yaygındır. Erzincan’da bozkırların yaygın türlerindedir. İran-Turan elementidir (Davis, 1967; Güner vd., 2012).

- Alem: Plantae (Bitkiler Alemi)
- Bölüm: Magnoliophyta (Tohumlu bitkiler)
- Altsınıf: Magnoliidae (Manolya)
- Familya: Plantaginaceae (Sinirotugiller)
- Cins: *Globularia* (Küreçiçeği)
- Tür: *Globularia trichosantha* (Köseyayılımı)



Şekil 6. *Globularia trichosantha* (Köseyayılımı)

3.1.7. *Hedysarum erythroleucum* Boiss. (Kırbaç Batalağı)

Çok yıllık otsu bir bitkidir. Yetiştirme ortamı kayalık kireç taşı yamaçlar ve çalılık habitatlardır. Temmuz ayında çiçek açar. 1600-3000 m yüksekliklerde yetişir. Türkiye’de D. Anadolu ve Adana Bölümünde bulunur. Erzincan’da Sipikor Dağı, Ergen Dağı, Kuzkışla Köyü (İliç) çevresindeki kayalıklarda kaydedilmiştir. İran- Turan elementine sahiptir. Endemiktir (Davis, 1967; Güner vd., 2012).

- Alem: Plantae (Bitkiler Alemi)
- Bölüm: Magnoliophyta (Tohumlu bitkiler)
- Altsınıf: Magnoliidae (Manolya)
- Familya: Fabaceae (Baklagiller)
- Cins: *Hedysarum* (Batalak)
- Tür: *Hedysarum erythroleucum* (Kırbaç Batalağı)



Şekil 7. *Hedysarum erythroleucum* (Kırbaç Batalağı)

3.1.8. *Hypericum scabrum* L. (Karahasançayı)

Çok yıllık, otsu bir bitkidir. Yetiştirme ortamı kuru kayalık yamaçlar, yol kenarları, açık koruluklar veya step habitatlarıdır. Mayıs-Ağustos aylarında çiçek açar. 750-3200 m yüksekliklerde yetişir. Ülkemizde Marmara Bölgesi hariç tüm bölgelerde bulunur. Erzincan'da oldukça yaygındır. İran-Turan elementine sahiptir (Davis, 1967; Güner vd., 2012).

- Alem: Plantae (Bitkiler Alemi)
- Bölüm: Magnoliophyta (Tohumlu bitkiler)
- Altsınıf: Magnoliidae (Manolya)
- Familya: Hypericaceae (Kantarongiller)
- Cins: *Hypericum* (Kantaron)
- Tür: *Hypericum scabrum* (Karahasançayı)



Şekil 8. *Hypericum scabrum* (Karahasançayı)

3.1.9. *Inula oculus-christi* L. (Yolotu)

Çok yıllık otsu bir bitkidir. Yetiştirme ortamı çayır, çağılık yamaç ve temiz orman açıklığı habitatlarıdır. Haziran-Ağustos aylarında çiçek açar. 900-2300m yüksekliklerde yetişir. Türkiye’de Avrupa bölgesinde dağılışı gösterir. Avrupa-Sibirya elementine sahiptir (Davis, 1967; Güner vd., 2012).

- Alem: Plantae (Bitkiler Alemi)
- Bölüm: Magnoliophyta (Tohumlu bitkiler)
- Altsınıf: Magnoliidae (Manolya)
- Familya: Asteraceae (Papatyagiller)
- Cins: *Inula* (Andızotu)
- Tür: *Inula oculus-christi* (Yolotu)



Şekil 9. *Inula oculus-christi* (Yolotu)

3.1.10. *Onobrychis cornuta* (L.) Desv. (Kuşkaçıran)

Çok yıllık çalimsı, küme görünömlü bir bitkidir. Yetişme ortamı kayalık yamaçlar ve çalılık habitatlardır. Mayıs–Temmuz aylarında çiçek açar. 1200-3100 m yüksekliklerde yetişir. Türkiye’de Marmara Bölgesi dışında tüm bölgelerde bulunur. Erzincan’da 2000 m üstü dağlarda oldukça yaygındır. İran–Turan elementine sahiptir (Davis, 1967; Güner vd., 2012).

- Alem: Plantae (Bitkiler Alemi)
- Bölüm: Magnoliophyta (Tohumlu bitkiler)
- Altsınıf: Magnoliidae (Manolya)
- Familya: Fabaceae (Baklagiller)
- Cins: *Onobrychis* (Korunga)
- Tür: *Onobrychis cornuta* (Kuşkaçıran)



şekil 10. *Onobrychis cornuta* (Kuşkaçıran)

3.1.11. *Scorzonera sericea* DC. (Bozkıvrım)

Çok yıllık yastık teşkil eden otsu bir bitkidir. Yetiştirme ortamı kireçtaşı ve serpantin habitatlardır. Haziran-Temmuz aylarında çiçek açar. 1800-3200 m yüksekliklerde yetişir. Erzincan'da 2500 m üzeri rakımlarda yaygındır. Ülkemizde Torosların doğusundan itibaren Anadolu Diyağonalı boyunca yayılış göstererek Bayburt'a kadar uzanır. Endemiktir (Davis, 1967; Güner vd., 2012).

- Alem: Plantae (Bitkiler Alemi)
- Bölüm: Magnoliophyta (Tohumlu bitkiler)
- Altsınıf: Magnoliidae (Manolya)
- Familya: Asteraceae (Papatyagiller)
- Cins: *Scorzonera* (Tekesakalı)
- Tür: *Scorzonera sericea* (Bozkıvrım)



Şekil 11. *Scorzonera sericea* (Bozkıvrım)

3.1.12. *Tanacetum mucroniferum* Hub.-Mor. & Grierson (Sivri pireotu)

Çok yıllık otsu bir bitkidir. Yetiştirme ortamı dağlık alanlardaki dere kenarlarında, kireçtaşı ve granit anakayadan oluşmuş yamaç habitatlarıdır. Temmuz-Ağustos aylarında çiçek açar. 1830-2900 m yüksekliklerde yetişir. Erzincan'ın dağlık alanlarında yaygındır. Ülkemizde Y. Fırat, Erzurum-Kars ve Y. Murat-Van bölümlerinde yayılış gösterir. İran-Turan elementine sahiptir. Endemiktir (Davis, 1967; Güner vd., 2012).

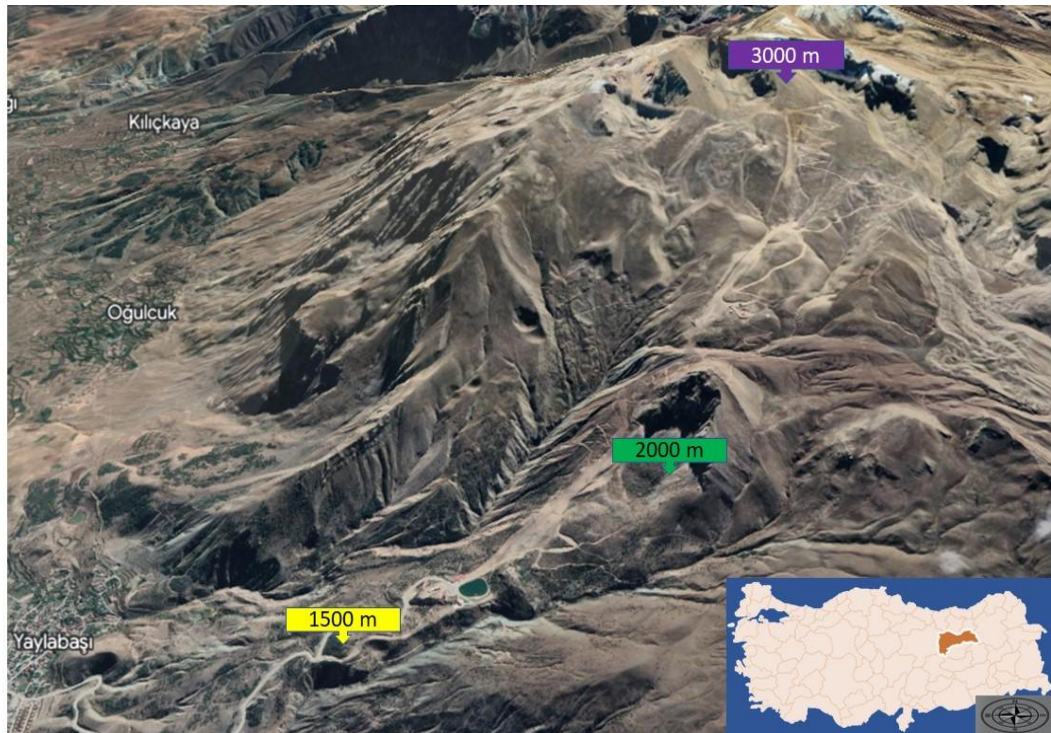
- Alem: Plantae (Bitkiler Alemi)
- Bölüm: Magnoliophyta (Tohumlu bitkiler)
- Altsınıf: Magnoliidae (Manolya)
- Familya: Asteraceae (Papatyagiller)
- Cins: *Tanacetum* (Pireotu)
- Tür: *Tanacetum mucroniferum* (Sivri pireotu)



Şekil 12. *Tanacetum mucroniferum* (Sivri pireotu)

3.2. Yöntem

Çalışmada Erzincan ili Ergan Dağı'nda 1500 m, 2000 m ve 3000 m rakımları arasında yetişen 12 bitki türü (1500 m; *Glaucium leiocarpum* Boiss, *Alcea calvertii* (Boiss) Boiss, *Astragalus ornithopodioides* Lam. 2000 m; *Tanacetum mucroniferum* Hub. Mor. Et Grierson, *Hypericum scabrum* L., *Globularia trichosantha* Fisch. & C.A. Mey, *Onobrychis cornuta* (L.) Desv., *Barbarea auriculata* Hausskn. ex Bornm, *Inula oculus-christi* L. 3000 m; *Scorzonera sericea* DC., *Astragalus nezaketiae* A.Duran & Aytaç, *Hedysarum erythroleucum* Boiss.) alanı temsil edecek miktarda toplanmıştır (Şekil 13.).



Şekil 13. Çalışma alanı (Ergan Dağı) (Google earth)

3.2.1. Bitki materyalinin özütlenmesi (ekstraksiyonu) işlemi

Ergan Dağı mevkiinde üç farklı rakımdan toplanan bitki örnekleri, kök, dal ve yaprak olmak üzere organlarına ayrıldıktan sonra kurutularak toz haline getirildi ve flakon şişelere yerleştirildi. Biyolojik aktivite testleri için antioksidan yöntemler uygulandı ve bu süreçte metanol kullanılarak ekstraksiyon işlemi yapıldı. Her bir numune metanolde 24 saat bekletildikten sonra filtre kâğıdıyla süzüldü, bu işlem her bir numune için üç kez tekrarlandı (Şekil 14.). Elde edilen çözeltiler evaporasyon yöntemiyle çözücülerden uzaklaştırılarak bitkilerin ham ekstraktları hazırlandı.



Şekil 14. Süzme işlemi

Ekstraksiyon, bitki materyalinden biyoaktif bileşiklerin elde edilmesini hedefleyen temel bir işlem olarak tanımlanır. Bu sürecin temel amacı, mümkün olan en yüksek miktarda ve biyolojik aktiviteye sahip bileşiği elde etmektir (Adıgüzelli ve ark., 2024). Kullanılan ekstraksiyon yöntemi kadar tercih edilen çözücünün de ekstraksiyon verimi ve ekstraktın biyolojik aktivitesi üzerinde önemli bir etkisi bulunmaktadır. Bu nedenle, metanol, etanol ve aseton gibi çözücüler, bitki materyallerinden biyoaktif bileşiklerin ekstraksiyonunda yaygın olarak kullanılmaktadır (Adıgüzelli ve ark., 2024; Karataş ve ark., 2019).

3.2.2. Serbest radikal giderme aktivitesi

Bitki özütlerinin serbest radikal DPPH• (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) giderme aktiviteleri, Akman ve arkadaşlarının (2024) bildirdiği yöntem temel alınarak bazı modifikasyonlarla belirlendi. 0,26 mM DPPH• çözeltisi metanol ile hazırlandı. Test edilen ekstraktlardan hazırlanan stok çözeltilerden (1 mg/ml) farklı hacimlerde (20-1000 µg/ml) alındı ve son hacimleri metanol ile 3 ml tamamlandı. Daha sonra karışımın üzerine 1 ml DPPH• çözeltisi eklenip nihai karışım vorteksenerek 30 dakika karanlık bir ortamda, oda sıcaklığında inkübe edildi. Süre sonunda karışımların 517 nm'de absorbansı spektrofotometre ile ölçüldü. Elde edilen absorbans değerleri, her bir ekstre için IC₅₀ (µg/ml) hesaplandı ve % aktiviteye dönüştürüldü (Varol ve ark., 2023; Şimşek ve ark., 2023).

3.2.3. İndirme gücü (FRAP) aktivitesi

İndirgeme gücü aktivite testi, Gözcü ve ark. (2024) tarafından bildirilen yöntem temel alınarak uygulandı. Ekstraktların 1 mg/ml konsantrasyonda hazırlanan stok çözeltilerinden 100 µL alınıp, fosfat tamponu (0.2 M, pH 6.6) ile toplam hacim 1,25 ml'ye tamamlandı. Daha sonra bu karışıma %1'lik $K_3Fe(CN)_6$ çözeltisinden 1,25 ml eklendi ve karışım 50°C'de 20 dakika boyunca inkübe edildi. İnkübasyon süresinin ardından, reaksiyon karışımına sırasıyla %10'luk TCA çözeltisinden 1,25 ml ve %0,1'lik $FeCl_3$ çözeltisinden 0,25 ml eklendi. Elde edilen son karışımın absorbansı, 700 nm dalga boyunda ölçüldü. Sonuçlar, Trolox'un farklı konsantrasyonları kullanılarak oluşturulan kalibrasyon eğrisi temel alınarak hesaplandı ve mg Trolox eşdeğeri/g ekstrakt olarak ifade edildi (Varol ve ark., 2023; Şimşek ve ark., 2023).

3.2.4. Toplam fenolik madde miktarı

Bitkilerin toplam fenolik madde içeriği, Folin-Ciocalteu reaktifi kullanılarak spektrofotometrik yöntemle analiz edildi (Akşit ve ark., 2022). Ekstraktların, 1 mg/ml konsantrasyonda hazırlanan stok çözeltilerinden 100 µL alındı ve üzerine 4,5 ml distile su eklendi. Karışıma, ardından 100 µL Folin-Ciocalteu reaktifi ilave edildi. Karışım, oda sıcaklığında 10 dakika bekletildikten sonra, %2'lik Na_2CO_3 çözeltisinden 300 µL eklendi. Elde edilen karışım, vorteks cihazıyla iyice karıştırıldıktan sonra oda sıcaklığında 2 saat inkübe edildi. İnkübasyonun ardından, karışımın 760 nm dalga boyundaki absorbansı spektrofotometre ile ölçüldü. Standart olarak kullanılan gallik asidin farklı konsantrasyonları ile bir kalibrasyon eğrisi oluşturularak sonuçlar hesaplandı. Fenolik madde miktarları, mg gallik asit eşdeğeri/g ekstrakt olarak ifade edildi (Varol ve ark., 2023).

3.2.5. Toplam flavonoid miktarı

Bitkilerdeki toplam flavonoid miktarı, $AlCl_3$ reaktifi ile reaksiyon sırasında oluşan renkli komplekslerin absorbans değerlerinin ölçülmesine dayalı olarak belirlendi. Bu analiz, alüminyum klorür kolorimetrik yöntemi kullanılarak gerçekleştirildi (Albayrak ve ark., 2024). Analiz kapsamında, 1 mg/ml konsantrasyonunda hazırlanan stok çözeltilerinden 100 µL alınarak, hacim 4,8 ml metanol ile tamamlandı. Daha sonra, karışıma 1 M NH_4CH_3COO çözeltisi (100 µL) ve %10'luk $AlCl_3$ çözeltisi (100 µL) ilave edildi. Elde edilen karışım, vorteksenerek oda sıcaklığında 45 dakika inkübe edildi. İnkübasyon süresinin ardından,

karışımın 415 nm dalga boyundaki absorbansı spektrofotometre ile ölçüldü. Standart olarak kullanılan kuersetinin farklı konsantrasyonları ile oluşturulan kalibrasyon eğrisi temel alınarak, ekstraktaki toplam flavonoid miktarı mg kuersetin eşdeğeri/g ekstrakt olarak hesaplandı (Varol ve ark., 2023).

3.2.6. İstatistiksel değerlendirme

Çalışmada elde edilen veriler, istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. İstatistiksel hesaplamalarda ve karşılaştırma yaptığımızda $p \leq 0,05$ değeri anlamlı olarak kabul edilmiştir. Antioksidan aktiviteler ile fenolik bileşikler arasındaki ilişki, Pearson korelasyon katsayısı (r) kullanılarak değerlendirilmiştir. Aynı programda $p \leq 0,05$ 'teki farklılıklar anlamlı olarak kabul edilmiştir (Elveren ve Osma, 2022; Varol ve ark., 2023).

4. BULGULAR

Bu çalışmada, farklı rakımlarda doğal olarak yayılış gösteren 12 bitki türünün kök, dal ve yapraklarından alınan örnekler üzerinde kapsamlı bir analiz gerçekleştirilmiştir. Bitki örnekleri, metanol çözültüsü kullanılarak ekstrakte edilmiş ve elde edilen ekstraktlarda toplam antioksidan bileşik miktarları belirlenmiştir. Analizler sonucunda, incelenen bitkilerin antioksidan potansiyellerinin hem yetiştikleri rakıma hem de analiz edilen bitki organına bağlı olarak değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir.

Tablo 1. Bitki yapraklarında, toplam fenolik, flavanoid içerikleri ve antioksidan aktivite miktarı

Yükselti	Bitki Türü	DPPH IC ₅₀ (µg mL ⁻¹)	Total fenolik mg GAE g ⁻¹ Extract	Total flavanoid mg QE g ⁻¹ Extract	Reducing power mg TE g ⁻¹ Extract
1500m	<i>Glaucium leiocarpum</i>	104,85	57,87	43,62	43,21
1500m	<i>Astragalus ornithopodioides</i>	115,9	55,97	34,76	38,51
1500m	<i>Alcea calvertii</i>	917,14	22,19	6,95	10,77
2000m	<i>Globularia trichosantha</i>	47,86	82,56	59,81	54,87
2000m	<i>Hypericum scabrum</i>	52,51	60,34	25,24	50,28
2000m	<i>Tanacetum mucroniferum</i>	111,28	56,49	27,90	40,20
2000m	<i>Inula oculus-christi</i>	133,03	51,75	22,86	35,61
2000m	<i>Onobrychis cornuta</i>	182,78	38,64	10,95	26,61
2000m	<i>Barbarea auriculata</i>	576,44	23,90	10,76	14,13
3000m	<i>Scorzonera sericea</i>	94,9	58,79	18,00	44,85
3000m	<i>Hedysarum erythroleucum</i>	237,75	31,23	18,48	22,22
3000m	<i>Astragalus nezaketiae</i>	348,43	27,23	7,71	19,48

Tablo 2. Bitki gövdelerinde, toplam fenolik, flavonoid içerikleri ve antioksidan aktivite miktarı

Yükselti	Bitki Türü	DPPH IC ₅₀ (µg mL ⁻¹)	Total fenolik mg GAE g ⁻¹ Extract	Total flavonoid mg QE g ⁻¹ Extract	Reducing power mg TE g ⁻¹ Extract
1500m	<i>Glaucium leiocarpum</i>	168,57	42,12	11,43	28,38
1500m	<i>Astragalus ornithopodioides</i>	382,26	26,93	9,14	16,51
1500m	<i>Alcea calvertii</i>	514,28	24,41	6,86	14,40
2000m	<i>Globularia trichosantha</i>	108,09	56,71	31,62	41,09
2000m	<i>Hypericum scabrum</i>	117,14	55,75	23,71	36,40
2000m	<i>Tanacetum mucroniferum</i>	170,37	41,45	17,62	26,74
2000m	<i>Inula oculus-christi</i>	220,77	37,23	18,57	25,24
2000m	<i>Onobrychis cornuta</i>	327,63	27,38	7,62	20,05
2000m	<i>Barbarea auriculata</i>	371,2	27,16	12,10	17,87
3000m	<i>Scorzonera sericea</i>	226,31	31,90	16,86	22,30
3000m	<i>Hedysarum erythroleucum</i>	391,36	26,12	1,05	15,83
3000m	<i>Astragalus nezaketiae</i>	828,79	23,08	9,43	12,33

Tablo 3. Bitki köklerinde, toplam fenolik, flavonoid içerikleri ve antioksidan aktivite miktarı

Yükselti	Bitki Türü	DPPH IC ₅₀ (µg mL ⁻¹)	Total fenolik mg GAE g ⁻¹ Extract	Total flavonoid mg QE g ⁻¹ Extract	Reducing power mg TE g ⁻¹ Extract
1500m	<i>Glaucium leiocarpum</i>	159,2	45,75	28,48	30,56
1500m	<i>Astragalus ornithopodioides</i>	286,79	29,60	16,10	20,83
1500m	<i>Alcea calvertii</i>	324,7	28,41	16,48	20,53
2000m	<i>Globularia trichosantha</i>	60,57	59,75	17,43	48,95
2000m	<i>Hypericum scabrum</i>	75,21	59,23	35,71	45,92
2000m	<i>Tanacetum mucroniferum</i>	137,69	50,56	18,86	34,74
2000m	<i>Inula oculus-christi</i>	148,41	48,79	32,00	30,70
2000m	<i>Onobrychis cornuta</i>	221,99	36,41	14,86	24,04
2000m	<i>Barbarea auriculata</i>	421,05	25,90	8,29	15,52
3000m	<i>Scorzonera sericea</i>	223,28	35,01	10,48	23,52
3000m	<i>Hedysarum erythroleucum</i>	256,78	30,12	14,00	21,91
3000m	<i>Astragalus nezaketiae</i>	1599,02	15,82	4,67	8,43

Çalışmada DPPH serbest radikal giderme aktivitesi test sonuçları incelendiğinde en yüksek aktivitenin 2000 m rakıma sahip *Globularia trichosantha* bitkisinin yaprak kısmında 47,86 µg mL⁻¹ olduğu belirlenmiştir (Tablo 1.). En düşük aktivite ise 3000 m rakıma sahip *Astragalus nezaketiae* bitkisinin kök kısmında 1599,02 µg mL⁻¹ olduğu tespit edilmiştir (Tablo 3.).

Total fenolik madde miktarı analiz sonuçlarına bakıldığında, en iyi aktivitenin 2000 m yükseltiye sahip, *Globularia trichosantha* bitkisinin yaprak kısmında 82,56 GAE g⁻¹ olduğu belirlenmiştir (Tablo 1.). En düşük aktivite ise 3000 m rakıma sahip *Astragalus nezaketiae* bitkisinin kök kısmında 15,82 GAE g⁻¹ olduğu görülmüştür (Tablo 3.).

Toplam flavonoid madde miktarı verilerine göre en iyi aktivitenin, 2000 m rakıma sahip, *Globularia trichosantha* bitkisinin yaprak kısmında 59,81 QE g⁻¹ olduğu gözlenmiştir (Tablo 1.). En düşük aktivite ise 3000 m rakıma sahip *Hedysarum erythroleucum* bitkisinin gövde kısmında 1,05 QE g⁻¹ olduğu belirlenmiştir (Tablo 2.).

İndirgenme gücü (FRAP) aktivitesi verilerine bakıldığında en iyi aktivitenin 2000 m rakıma sahip olan, *Globularia trichosantha* bitkisinin yaprak kısmında 54,87 TE g⁻¹ olduğu tespit edilmiştir (Tablo 1.). En düşük antioksidan aktivite ise 3000 m rakıma sahip olan, *Astragalus nezaketiae* bitkisinin kök kısmında 8,43 TE g⁻¹ olduğu görülmüştür (Tablo 3.).

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

Bütün bu veriler doğrultusunda seçmiş olduğumuz 12 farklı bitki türü içerisinde en iyi antioksidan potansiyele sahip bitkinin *Globularia trichosantha* olurken en düşük antioksidan aktivite potansiyeline sahip bitkinin *Astragalus nezaketiae* olduğu belirlenmiştir. Kök, dal ve yaprak kısımlarına ayırdığımız bitki organları arasında en iyi aktiviteye sahip bitki organının yaprak kısmı olduğu, en düşük aktiviteye sahip bitki organının ise kök olduğu ortaya çıkmıştır. Son olarak seçilen 1500 m, 2000 m ve 3000 m rakımları arasında bitkilerin antioksidan aktivitesinin en yüksek olduğu rakım 2000 m iken en düşük rakımın 3000 m olduğu tespit edilmiştir (Tablo 1,2,3.).

Tablo 4. Bitki kısımlarında antioksidan aktiviteler arasındaki korelasyon

Aktivite	Bitki Organı	Metanol
DPPH Fenolik	Yaprak	0,457**
DPPH Flavonoid		0,559**
DPPH FRAP		0,634**
DPPH Fenolik	Dal	0,405**
DPPH Flavonoid		0,508**
DPPH FRAP		0,435**
DPPH Fenolik	Kök	0,554**
DPPH Flavonoid		0,515**
DPPH FRAP		0,471**

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. 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 (Othman ve ark., 2014; Chew ve ark., 2009; Chaieb ve ark., 2011; Comlekcioglu, 2020; Zugic ve ark., 2014; Qader ve ark., 2014; Kicel ve Wolbiś, 2013). Bunun yanında 1500 m, 2000 m, 3000 m de yetişen bitkiler arasında istatistiksel farklılıklar olduğu görülmüştür. Yapılan bu çalışmada elde edilen veriler daha önce yapılan çalışmalarda elde edilen veriler ile kıyaslanmıştır.

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 olan türlerde, morfolojik çeşitlilik, ekolojik adaptasyonlar ve farmakolojik özellikleri nedeniyle, botanik ve biyolojik araştırmalarda zengin bir kaynak oluşturduğu tespit edilmiştir (Innangi ve ark., 2020; Nour ve ark., 2023; Frišćić ve ark., 2022). *G. trichosantha*'nın hemoroid tedavisinde kullanıldığı da tespit edilmiştir (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, normalde bitkide doğal olarak bulunan birimden yaklaşık olarak yedi kat daha fazla ürettiği tespit edilmiştir (Çölgeçen ve ark., 2018).

Fenolik bileşiklerin konsantrasyonu konusunda düşük rakımlarda yetişen bitkilerde yüksek rakımlara doğru çıkıldıkça büyük bir farklılık tespit edilmiştir. (Adhikari ve ark. 2022), rakım değişiminden dolayı 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 göstermediği tespit edilmiştir. Sharma ve Adhikari (2023) çalışmalarında, *A. vulgaris*'nin rakım değişiminin uçucu yağ verimi ve bileşenleri ile biyolojik aktiviteler üzerinde önemli bir rol oynadığını belirlemiştir. Böylece yüksek rakımlarda yetişen bitkilerin, potansiyel ilaç adayı olabilecek güçlü antioksidan, antidiyabetik ve antibakteriyel bileşenlerin izolasyonu ve tanımlanması için gelecekteki ilaç geliştirme süreçlerinde çok daha 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 belirlemiştir. Rawat ve ark. (2011) Batı Himalaya'da (Hindistan) *Hedychium spicatum* rizomunun rakım boyunca toplam fenolik bileşikleri ve antioksidan potansiyelini belirlemiştir. Dört farklı rakımdan topladıkları bitkilerde, en iyi aktivitenin 2100-2300 m aralığında olduğunu gözlemlemiştir. 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)

Sırbistan'dan toplanmış 10 bitkide antioksidan aktivite ve fenolik bileşikler araştırılmış olup incelenen tüm bitki türlerinin fenolik bileşenler açısından zengin olduğunu ve iki farklı yöntem kullanılarak ölçülen verilerin büyük miktarda antioksidan aktivite gösterdiğini ortaya koyarak, antioksidan özellikler ile fenol bileşikleri içeriği arasında da yüksek bir korelasyon olduğunu tespit etmişlerdir (Zugic ve ark., 2014).

Türkiye' endemik türlerinden olan *Corydalis oppositifolia* ve *Senecio cilicius* adlı iki bitki türünün fenolik içerikleri ve biyolojik aktiviteleri ile yapılan çalışmada etanol, metanol ve etil asetat ekstre ettikleri bitki toprak altı kısımlarında farklı veriler elde etmişlerdir. İki bitkinin antioksidan aktivitelerinin yüksek olduğunu belirlemiştir (Acet ve ark., 2021). Farklı

rakımlarda yetişen *Asplenium ceterach* L. bitkisinin fitokimyasal içerikleri ve antioksidan aktivitelerini tespit ettiklerinde rakımın aslında tek başına etkili olmadığını, ancak bir faktör olabileceği ve aktiviteler üzerinde etkili olabileceğini öne sürmüşlerdir (Pekgöz ve Çınbılgel, 2019). Yaban mersini ile ilgili yaptıkları çalışmada bitki örneklerini topladıkları yükseklikler arttıkça, doğal olarak yetişen bitki türlerinde fenolik asit ve flavonoid miktarının da arttığı gözlemlenmiştir (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 kanaatine varılmıştır.

5. SONUÇ

Bitkilerin fizyolojik ve biyokimyasal özellikleri, buldukları çevresel koşullara bağlı olarak önemli farklılıklar gösterebilmektedir. Bu çalışmada, 12 farklı bitki örneğinin biyoaktif bileşen içerikleri ile antioksidan kapasiteleri karşılaştırılmıştır. Toplam fenolik madde, toplam flavonoid madde miktarları ile DPPH ve FRAP analizlerinden elde edilen sonuçlar, bitkiler arasında anlamlı farklılıklar olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, aynı bitki türünün yaprak, dal ve kök bölümleri arasında da belirgin farklılıklar saptanmıştır.

Elde edilen sonuçlar, incelenen bitkilerin antioksidan aktiviteleri ve fenolik içeriklerinin, yetiştikleri coğrafi koşullara bağlı olarak değişiklik gösterdiğini, ayrıca farklı türler ve toplama dönemlerine göre de bu aktivitelerde farklılıklar meydana geldiğini göstermektedir. Çalışma, farklı rakımlarda yetişen bitkilerin çevresel koşullara adaptasyon mekanizmalarını anlamak açısından değerli bilgiler sağlamaktadır. Analizler sonucunda, özellikle *G. Trichosantha* türlerinin dikkate değer biyolojik aktivitelere sahip olduğu tespit edilmiştir.

Türkiye, zengin endemik bitki çeşitliliği ile tıbbi ve aromatik bitkiler açısından büyük bir potansiyele sahiptir. Bu nedenle, doğal bitkisel bileşenlerin daha etkili ve sürdürülebilir bir şekilde kullanılabilmesi için kapsamlı araştırmalar yapılması gereklidir. Bunun yanı sıra, bitkilerin büyüme süreçleri ve üretim kapasitelerini artırmak amacıyla metabolomik, proteomik ve transkriptomik gibi ileri düzey tekniklerin kullanıldığı, çevresel faktörlerin sinerjik etkilerini moleküler düzeyde ele alan araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makalete eşit oranda katkı sağlamıştır.

KAYNAKÇA

- Acet, T., Corbacı, C., Ozcan, K. (2021). *Phenolic contents and biological activities of two endemic plants in Turkey*. South African Journal of Botany, 143, 457-461.
- Adhikari, P., Joshi, K., Singh, M., Pandey, A. (2022). *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, 156(1), 187-195.
- Adıgüzzelli, G., Osma, E., Varol, T., Şimşek, S., & Kandemir, A. (2024). *Erzincan İli-Ergan Dağı'nın Farklı Rakımlarında Yayılış Gösteren Bazı Taksonların Antioksidan Kapasiteleri*. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 7(5), 2315-2332.
- Ahmed, E., Arshad, M., Khan, M. Z., Amjad, M. S., Sadaf, H. M., Riaz, I., ... & Ahmad, N. (2017). *Secondary metabolites and their multidimensional prospective in plant life*. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 6(2), 205-214.
- Akman, T. Ç., Şimşek, S., Akşit, Z., Akşit, H., Aydın, A., Tüfekçi, A. R., ... & Yılmaz, M. A. (2024). *Liquid chromatography–tandem mass spectrometry profile and antioxidant, antimicrobial, antiproliferative, and enzyme activities of Thymus pectinatus and Thymus convolutus: in vitro and in silico approach*. Journal of the Science of Food and Agriculture, 104(7), 4039-4049.
- Akşit Z., Akşit H., Şimşek S., Kandemir A., Köksal E. (2022). *LC-MS/MS profiling phytochemical content of Echinophora chrysantha (Apiaceae) and antiproliferative, antioxidant activity*. Pharmacy & Pharmacology International Journal, 10(5), 190-194.
- Albayrak, E., Şimşek, S., Musatat, A., Akşit, Z., Akşit, H., & Atahan, A. (2024). *Antioxidant Activity And Theoretical Profile Of Novel 2, 4, 6-Triarylpyridine Derivatives Based On Syringaldehyde*. Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 12(2).
- Al-Khayri, J. M., Rashmi, R., Toppo, V., Chole, P. B., Banadka, A., Sudheer, W. N., ... & Rezk, A. A. S. (2023). *Plant secondary metabolites: The weapons for biotic stress management*. Metabolites, 13(6), 716.
- Arora, A., Sairam, R. K., & Srivastava, G. C. (2002). *Oxidative stress and antioxidative system in plants*. Current science, 1227-1238.
- Basar, K., Sharma, I. P., & Kanta, C. (2022). *Antioxidant and Free Radical Scavenging Activity Comparison in Various Plant Parts of Justicia adhatoda L.*

- Baziar, S., Zakerin, A., & Rowshan, V. (2013). *Antioxidant properties and polyphenolic compounds of Rosa damascene collected from different altitudes*.
- Chaieb, N., González, J. L., López-Mesas, M., Bouzlama, M., & Valiente, M. (2011). *Polyphenols content and antioxidant capacity of thirteen faba bean (Vicia faba L.) genotypes cultivated in Tunisia*. Food Research International, 44(4), 970-977.
- Chakraborty, K., Bhattacharjee, S., Pal, T. K., & Bhattacharyya, S. (2015). *Evaluation of in vitro antioxidant potential of Tea (Camelia sinensis) leaves obtained from different heights of Darjeeling Hill, West Bengal*. Journal of Applied Pharmaceutical Science, 5(1), 063-068.
- Chang, C. C., Yang, M. H., Wen, H. M., & Chern, J. C. (2002). *Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods*. Journal of food and drug analysis, 10(3).
- Chaves, N., Santiago, A., & Alías, J. C. (2020). *Quantification of the antioxidant activity of plant extracts: Analysis of sensitivity and hierarchization based on the method used*. Antioxidants, 9(1), 76.
- Chew, Y. L., Goh, J. K., & Lim, Y. Y. (2009). *Assessment of in vitro antioxidant capacity and polyphenolic composition of selected medicinal herbs from Leguminosae family in Peninsular Malaysia*. Food chemistry, 116(1), 13-18.
- Chrysargyris, A., Mikallou, M., Petropoulos, S., & Tzortzakis, N. (2020). *Profiling of essential oils components and polyphenols for their antioxidant activity of medicinal and aromatic plants grown in different environmental conditions*. Agronomy, 10(5), 727.
- Çömlekcioglu, N. (2020). *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, 23(4), 860-869.
- Cui, G., Wei, X., Degen, A. A., Wei, X., Zhou, J., Ding, L., ... & Long, R. (2016). *Trolox-equivalent antioxidant capacity and composition of five alpine plant species growing at different elevations on the Qinghai–Tibetan Plateau*. Plant ecology & diversity, 9(4), 387-396.
- Çölgeçen, H., Atar, H., Toker, G., & Akgül, G. (2018). *Callus production and analysis of some secondary metabolites in Globularia trichosantha subsp. trichosantha*. Turkish Journal of Botany, 42(5), 559-567.
- Dumanović, J., Nepovimova, E., Natić, M., Kuča, K., & Jaćević, V. (2021). *The significance of reactive oxygen species and antioxidant defense system in plants: A concise overview*. Frontiers in plant science, 11, 552969.

- Elveren, M., & Osmalı, E. (2021). *Farklı özellikteki tencerelerde pişirilen sebzelerde element birikiminin araştırılması*. Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 8(2), 731-737.
- Ergün, F. (2021). *Erzurum Olur yöresinden toplanan Berberis vulgaris L. meyvelerinin antioksidan aktivitelerinin belirlenmesi*. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 8(4), 1028-1034.
- Feduraev, P., Chupakhina, G., Maslennikov, P., Tacenko, N., & Skrypnik, L. (2019). *Variation in phenolic compounds content and antioxidant activity of different plant organs from Rumex crispus L. and Rumex obtusifolius L. at different growth stages*. Antioxidants, 8(7), 237.
- Frišćić, M., Petlevski, R., Kosalec, I., Madunić, J., Matulić, M., Bucar, F., ... & Maleš, Ž. (2022). *Globularia alypum L. and related species: LC-MS profiles and antidiabetic, antioxidant, anti-inflammatory, antibacterial and anticancer potential*. Pharmaceuticals, 15(5), 506.
- Gentile, D., Fornai, M., Pellegrini, C., Colucci, R., Blandizzi, C., & Antonioli, L. (2018). *Dietary flavonoids as a potential intervention to improve redox balance in obesity and related co-morbidities: a review*. Nutrition research reviews, 31(2), 239-247.
- Gill, S. S., & Tuteja, N. (2010). *Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants*. Plant physiology and biochemistry, 48(12), 909-930.
- Gözcü, S., Akşit, Z., Şimşek, S., Kandemir, A., Aydın, A., Yılmaz, M., & Akşit, H. (2024). *LC-MS/MS characterization and biological activities of Morina persica L. (Caprifoliaceae)*. Journal of Research in Pharmacy, 28(4).
- Gupta, R., Shukla, S., Gupta, A., Singh, R. L., & Singh, P. (2023). *Estimation of phytochemical constituents and analysis of antioxidant activity in different parts of Cassia fistula plant*. Int J Pharma Chem Ana, 10(3), 194-201.
- Güven, H., Arıcı, A., & Simsek, O. (2019). *Flavonoids in our foods: a short review*. Journal of Basic and Clinical Health Sciences, 3(2), 96-106.
- Hadini, A., Azdimousa, A., Khoulati, A., El Bekkaye, K., & Saalaoui, E. (2022). *Valorization of Moroccan pistacia lentiscus L. Leaves: phytochemical and in vitro antioxidant activity evaluation compared to different altitudes*. The Scientific World Journal, 2022(1), 6367663.
- Hashim, A. M., Alharbi, B. M., Abdulmajeed, A. M., Elkelish, A., Hozzein, W. N., & Hassan, H. M. (2020). *Oxidative stress responses of some endemic plants to high altitudes by intensifying antioxidants and secondary metabolites content*. Plants, 9(7), 869.

- Hashim, A. M., Alharbi, B. M., Abdulmajeed, A. M., Elkelish, A., Hozzein, W. N., & Hassan, H. M. (2020). *Oxidative stress responses of some endemic plants to high altitudes by intensifying antioxidants and secondary metabolites content*. *Plants*, 9(7), 869.
- Himalian, R., & Singh, M. P. (2022). *A Comparative account on Antioxidant activities, Total phenolic and Flavonoid contents of Punica granatum, Carica papaya, Foeniculum vulgare, Trigonella foenum-graecum, and Urtica dioica: An in vitro Evaluation*. *Research Journal of Pharmacy and Technology*, 15(3), 1175-1183.
- Hussain, M., Ahmed, S., Ibrahim, M., Khazir, J., Ahmad, S. S., Thakur, R. K., ... & Mir, B. A. (2023). *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*, 157, 508-519.
- Hussein, R. A., & El-Ansary, A. A. (2019). *Plants secondary metabolites: the key drivers of the pharmacological actions of medicinal plants*. *Herbal medicine*, 1(3), 11-30.
- Innangi, M., Friščić, M., Hazler Pilepić, K., Danise, T., Conti, F., Bartolucci, F., ... & Peruzzi, L. (2020). *Explaining intricate morphometric variability with environmental predictors: the case of Globularia cordifolia species complex*. *Plants*, 9(3), 314.
- Pandey, J., Bhusal, S., Nepali, L., Khatri, M., Ramdam, R., Barakoti, H., ... & Bhandari, R. (2021). *Anti-Inflammatory Activity of Artemisia vulgaris Leaves, Originating from Three Different Altitudes of Nepal*. *The Scientific World Journal*, 2021(1), 6678059.
- Joshi, B. I. G. Y. A. N., Bhandari, N., Shrestha, S. U. N. I. T. A., Gyawali, R. A. J. E. N. D. R. A., & Thapa, P. A. N. N. A. (2021). *Comparative study of polyphenol, flavonoid, and antioxidant activity of various medicinal plants collected from different altitudes*. *Asian J. Pharm. Clin. Res.*, 9(14), 87-93.
- Jung, E. J., Bae, M. S., Jo, E. K., Jo, Y. H., & Lee, S. C. (2011). *Antioxidant activity of different parts of eggplant*. *J. Med. Plants Res*, 5(18), 4610-4615.
- Jung, M. J., Heo, S. I., & Wang, M. H. (2008). *Antioxidant activities of different parts of Synurus deltoids Nakai extracts in vitro*. *Food science and biotechnology*, 17(6), 1156-1159.
- Pekgöz, A. K., & Çinbilgel, I. (2019). *Phytochemical contents and antioxidant activities of fern, Asplenium ceterach L. In different altitudes*. *Bangladesh Journal of Botany*, 48(2), 315-320.
- Karataş, İ., Karataş, R., & Elmastaş, M. (2019). *Yaygın olarak kullanılan bazı tıbbi ve aromatik bitkilerin sıcak su infüzyonlarının sekonder metabolit içeriği ve antioksidan aktivitelerinin belirlenmesi*. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 8(2), 49-57.

- Kattge, J., Diaz, S., Lavorel, S., Prentice, I. C., Leadley, P., Bönisch, G., ... & Wirth, C. (2011). *TRY—a global database of plant traits*. *Global change biology*, *17*(9), 2905-2935.
- Khan, M. N., Mobin, M., Abbas, Z. K., & ALMutairi, K. A. (2016). *Impact of varying elevations on growth and activities of antioxidant enzymes of some medicinal plants of Saudi Arabia*. *Acta Ecologica Sinica*, *36*(3), 141-148.
- Kicel, A., & Wolbiś, M. (2013). *Phenolic content and DPPH radical scavenging activity of the flowers and leaves of Trifolium repens*. *Natural product communications*, *8*(1), 1934578X1300800122.
- Korkmaz, M., & Alpaslan, Z. (2014). *Ergan Dağı Erzincan-Türkiye'nin etnobotanik özellikleri*. *Bağbahçe Bilim Dergisi*, *1*(3), 1-31.
- Larson, RA (1988). *Yüksek bitkilerin antioksidanları*. *Fitokimya*, *27*(4), 969-978.
- Maisarah, A. M., Amira, N. B., Asmah, R., & Fauziah, O. (2013). *Antioxidant analysis of different parts of Carica papaya*. *International Food Research Journal*, *20*(3), 1043.
- Mertoğlu, K., Gülbandılar, A., & Bulduk, İ. (2020). *Erikte (cv. Angeleno) Bazı Fitokimyasal ve Anti-mikrobiyal Aktivite Özellikleri Üzerine Yükseltinin Etkisi*. *Journal of the Faculty of Agriculture/Ziraat Fakültesi Dergisi*, *15*(1).
- Mikulajová, A., Šedivá, D., Hybenová, E., & Mošovská, S. (2016). *Buckwheat cultivars—Phenolic compounds profiles and antioxidant properties*. *Acta Chimica Slovaca*, *9*(2), 124-129.
- Nchabeleng, L., Mudau, F. N., & Mariga, I. K. (2012). *Effects of chemical composition of wild bush tea (Athrixia phylicoides DC.) growing at locations differing in altitude, climate and edaphic factors*. *Journal of Medicinal Plants Research*, *6*(9), 1662-1666.
- Nouir, S., Dbeibia, A., Bouhajib, R., Haddad, H., Khélifa, A., Achour, L., ... & Zaïri, A. (2023). *Phytochemical Analysis and Evaluation of the Antioxidant, Antiproliferative, Antibacterial, and Antibiofilm Effects of Globularia alypum (L.) Leaves*. *Molecules*, *28*(10), 4019.
- Othman, A., Mukhtar, N. J., Ismail, N. S., & Chang, S. K. (2014). *Phenolics, flavonoids content and antioxidant activities of 4 Malaysian herbal plants*. *International Food Research Journal*, *21*(2), 759.
- Özhatay, N., & Yeğenağa, G. (2006). *Türkiye'nin BTC Boru Hattı Boyunca önemli bitki alanları*. BTC Company.
- Pagare, S., Bhatia, M., Tripathi, N., Pagare, S., & Bansal, Y. K. (2015). *Secondary metabolites of plants and their role: Overview*. *Current trends in biotechnology and pharmacy*, *9*(3), 293-304.

- Pandey, G., Khatoon, S., Pandey, M. M., & Rawat, A. K. S. (2018). *Altitudinal variation of berberine, total phenolics and flavonoid content in Thalictrum foliolosum and their correlation with antimicrobial and antioxidant activities*. Journal of Ayurveda and integrative medicine, 9(3), 169-176.
- Qader, S. W., Abdulla, M. A., Chua, L. S., Najim, N., Zain, M. M., & Hamdan, S. (2011). *Antioxidant, total phenolic content and cytotoxicity evaluation of selected Malaysian plants*. Molecules, 16(4), 3433-3443.
- Rawat, S., Bhatt, I. D., & Rawal, R. S. (2011). *Total phenolic compounds and antioxidant potential of Hedychium spicatum Buch. Ham. ex D. Don in west Himalaya, India*. Journal of Food Composition and Analysis, 24(4-5), 574-579.
- Rodríguez-Pérez, C., Zengin, G., Segura-Carretero, A., Lobine, D., & Mahomoodally, M. F. (2019). *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, 30(2), 237-252.
- Saffaryazdi, A., Ganjeali, A., Farhoosh, R., & Cheniany, M. (2020). *Variation in phenolic compounds, α -linolenic acid and linoleic acid contents and antioxidant activity of purslane (Portulaca oleracea L.) during phenological growth stages*. Physiology and Molecular Biology of Plants, 26, 1519-1529.
- Sezik, E., Tabata, M., Yesilada, E., Honda, G., Goto, K., & Ikeshiro, Y. (1991). *Traditional medicine in Turkey I. Folk medicine in northeast Anatolia*. Journal of Ethnopharmacology, 35(2), 191-196.
- Sharifian, A., Yeganeh, H., & Shahiri Tabarestani, H. (2022). *Evaluation of Antioxidant Activity, Phenolic, and Flavonoid Content of Tussilago farfara L. in Different Altitudes and Phenological Stages*. Journal of Ilam University of Medical Sciences, 30(4), 15-26.
- Sharma, K. R., & Adhikari, S. (2023). *Phytochemical analysis and biological activities of Artemisia vulgaris grown in different altitudes of Nepal*. International Journal of Food Properties, 26(1), 414-427.
- Shen, N., Wang, T., Gan, Q., Liu, S., Wang, L., & Jin, B. (2022). *Plant flavonoids: Classification, distribution, biosynthesis, and antioxidant activity*. Food chemistry, 383, 132531.
- Srivastava, R. P., Kumar, S., Singh, L., Madhukar, M., Singh, N., Saxena, G., ... & Rustagi, S. (2023). *Major phenolic compounds, antioxidant, antimicrobial, and cytotoxic activities of Selinum carvifolia (L.) collected from different altitudes in India*. Frontiers in Nutrition, 10, 1180225.

- Sruthi, D., & Jayabaskaran, C. (2021). *Plant Secondary Metabolites—The Key Drivers of Plant's Defence Mechanisms: A General Introduction*. In *Biotechnological Approaches to Enhance Plant Secondary Metabolites* (pp. 1-26). CRC Press.
- Stankovic, M. S., Niciforovic, N., Mihailovic, V., Topuzovic, M., & Solujic, S. (2012). *Antioxidant activity, total phenolic content and flavonoid concentrations of different plant parts of *Teucrium polium* L. subsp. *polium**. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, *81*(2).
- Şimşek, S., Akşit, H., Aydın, A., & Köksal, E. (2023). *Ferruginoside D: A Novel Phenylethanoid from *Verbascum leiocarpum**. *Chemistry & Biodiversity*, *20*(12), e202301200.
- Tajik, S., Zarinkamar, F., Soltani, B. M., & Nazari, M. (2019). *Induction of phenolic and flavonoid compounds in leaves of saffron (*Crocus sativus* L.) by salicylic acid*. *Scientia Horticulturae*, *257*, 108751.
- Untea, A., Lupu, A., Saracila, M., & Panaite, T. (2018). *Comparison of ABTS, DPPH, phosphomolybdenum assays for estimating antioxidant activity and phenolic compounds in five different plant extracts*.
- Varol, T., Osma, E., Şimşek, S., & Elveren, M. (2023). *Antioxidant activities of plant species growing in different habitats (serpentine, gypsum and limestone)*. *Frontiers in Life Sciences and Related Technologies*, *4*(3), 150-156.
- Vichnevetskaia, K. D., & Roy, D. N. (1999). *Oxidative stress and antioxidative defense with an emphasis on plants antioxidants*. *Environmental Reviews*, *7*(1), 31-51.
- Wildi, B., & Lütz, C. (1996). *Antioxidant composition of selected high alpine plant species from different altitudes*. *Plant, Cell & Environment*, *19*(2), 138-146.
- Williamson, G., Kay, C. D., & Crozier, A. (2018). *The bioavailability, transport, and bioactivity of dietary flavonoids: A review from a historical perspective*. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, *17*(5), 1054-1112.
- Yakoub, A. R. B., Abdehedi, O., Jridi, M., Elfalleh, W., Nasri, M., & Ferchichi, A. (2018). *Flavonoids, phenols, antioxidant, and antimicrobial activities in various extracts from Tossa jute leave (*Corchorus olitorus* L.)*. *Industrial Crops and Products*, *118*, 206-213.
- Yang, L., Wen, K. S., Ruan, X., Zhao, Y. X., Wei, F., & Wang, Q. (2018). *Response of plant secondary metabolites to environmental factors*. *Molecules*, *23*(4), 762.
- YILDIZ, S., Yavaş, H., Gürbüz, O., & Değirmencioğlu, N. (2015). *Türkiye’de yetişen yaban mersini meyvesinin fenolik bileşiklerinin karakterizasyonu*. *Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi*, *15*.

- Zhou, D. (2003). *Antioxidative compounds of Polygonum viviparum L. from different altitudes*. Chinese Journal of Applied and Environmental Biology, 9(5), 489-492.
- Žugić, A., Đorđević, S., Arsić, I., Marković, G., Živković, J., Jovanović, S., & Tadić, V. (2014). *Antioxidant activity and phenolic compounds in 10 selected herbs from Vrujci Spa, Serbia*. Industrial Crops and Products, 52, 519-527.