

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



ELAZIĞ İLİ VE ÇEVRESİNDE YETİŞEN SU TERESİ
(*NASTURTIUM OFFICINALE R.Br.*)'NİN BAZI
BİYOKİMYASAL BİLEŞENLERİNİN
BELİRLENMESİ

Serdar Murat YILMAZ

Yüksek Lisans Tezi

BİYOTEKNOLOJİ ANABİLİM DALI

Biyoteknoloji

HAZİRAN 2024

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Biyoteknoloji Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

ELAZIĞ İLİ VE ÇEVRESİNDE YETİŞEN SU TERESİ (*NASTURTİUM
OFFICINALE R.BR.*)'NİN BAZI BİYOKİMYASAL BİLEŞENLERİNİN
BELİRLENMESİ

Tez Yazarı
Serdar Murat YILMAZ

Danışman
Doç. Dr. Hilal BULUT

HAZİRAN 2024
ELAZIĞ

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Biyoteknoloji Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Başlığı: Elazığ İli Ve Çevresinde Yetişen Su Teresi (*Nasturtium officinale* R.Br.)'nin Bazı Biyokimyasal Bileşenlerinin Belirlenmesi

Yazarı: Serdar Murat YILMAZ

İlk Teslim Tarihi: 07.06.2024

Savunma Tarihi: 28.06.2024

TEZ ONAYI

Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına göre hazırlanan bu tez aşağıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından değerlendirilmiş ve akademik dinleyicilere açık yapılan savunma sonucunda OYBİRLİĞİ ile kabul edilmiştir.

Danışman:	Doç. Dr. Hilal BULUT Fırat Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi	İmza Onayladım
Başkan:	Prof. Dr. Semra TÜRKOĞLU Fırat Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi	Onayladım
Üye:	Doç Dr. Ebru İfakat ÖZCAN Munzur Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi	Onayladım

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunun/...../20..... tarihli toplantısında tescillenmiştir.

İmza
Prof. Dr. Burhan ERGEN
Enstitü Müdürü

BEYAN

Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım “ Elazığ İli Ve Çevresinde Yetişen Su Teresi (*Nasturtium officinale* R.Br.)’nin Bazı Biyokimyasal Bileşenlerinin Belirlenmesi” Başlıklı Yüksek Lisans Tezimin içindeki bütün bilgilerin doğru olduğunu, bilgilerin üretilmesi ve sunulmasında bilimsel etik kurallarına uygun davrandığımı, kullandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi, maddi ve manevi desteği olan tüm kurum/kuruluş ve kişileri belirttiğimi, burada sunduğum veri ve bilgileri unvan almak amacıyla daha önce hiçbir şekilde kullanmadığımı beyan ederim.

28.06.2024

Serdar Murat YILMAZ



ÖNSÖZ

“Elazığ İli ve Çevresinde Yetişen Su Teresi (*Nasturtium officinale* R. Br.)’ nin Bazı Biyokimyasal Bileşenlerinin Belirlenmesi” isimli tez çalışmamızda amacımız *Nasturtium officinale* türünün kök, gövde ve yapraklarının antioksidan, yağ asidi, toplam fenolik madde ve toplam flavonoid madde bileşimi, lipitte çözünen vitamin ve fitosterol içeriklerinin araştırılmasıdır.

Binlerce yıldır insanoğlu geleneksel tıpta bitkileri tedavi amaçlı kullanmış ve bu birçok bilimsel veri ile desteklenmiştir. Ayrıca bitkilerin içerdikleri antioksidanlar ve fenolik bileşikler sayesinde de bağışıklık sisteminin güçlendirilmesi ve hastalıklarla mücadelede vücut direncinin artırılması üzerine birçok yararlı etkileri olduğu yapılan çalışmalarla ortaya konulmuştur. Bu nedenle tedavi amaçlı kullanılan bitki ekstraktlarının etkilerinin araştırılması gün geçtikçe önem kazanmaktadır.

Yapılan literatür çalışmamız sırasında tezin materyali olarak seçilen Su Teresi (*Nasturtium officinale*) türünün etanol ve su gibi çözücüler kullanılarak kök, gövde ve yaprak kısımlarının biyokimyasal içeriklerinin araştırıldığı az sayıda çalışmaya rastlanılmıştır. Bu bağlamda; tez çalışmamızın bilim dünyasında daha sonra yapılacak olan araştırmalara ışık tutacağını ummaktayız.

Bu tezin her aşamasında her türlü çalışma bilgi ve deneyimleri ile yardımını esirgemeyen değerli hocam ve akademik danışmanım Sayın Doç. Dr. Hilal BULUT ‘a, laboratuvar çalışmalarında bize yol gösteren Prof. Dr. Ökkeş YILMAZ, Prof. Dr. Semra TÜRKOĞLU ve Öğr. Gör. Tuba OKUTAN ‘a; eğitimim süresi boyunca desteklerini benden hiçbir zaman esirgemeyen sevgili eşim Pınar YILMAZ ‘a bu süreçte gösterdiği anlayıştan dolayı teşekkür ederim.

Bu tez çalışması, Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (FÜBAP) tarafından SÜF.24.01 protokol numaralı proje ile desteklenmiştir.

Serdar Murat YILMAZ

ELAZIĞ, 2024

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	iv
İÇİNDEKİLER	v
ÖZET	vi
ABSTRACT	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
TABLolar LİSTESİ	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR	x
1. GİRİŞ	1
1.1. Antioksidanlar	2
1.2. Antioksidan Aktivite.....	3
1.2.1. DPPH• (1,1-difenil-2-pikril-hidrazil) Yöntemi	3
1.2.2. Fe ³⁺ -Fe ²⁺ indirgeme deneyi.....	4
1.3. Fenolik Bileşikler	4
1.4. Flavonoidler.....	4
1.5. Yağ Asitleri	4
1.6. Vitaminler.....	5
1.7. Su Teresi (<i>Nasturtium officinale</i>)	6
1.8. Su teresi (<i>Nasturtium officinale</i>) Türü ile Yapılan Bazı Çalışmalar:	7
2. MATERYAL VE METOT	8
2.1. Bitki Materyallerinin Toplanması.....	8
2.2. Bitki Materyallerinin Ekstraksiyonu.....	10
2.3. DPPH radikali giderme aktivitesi	10
2.4. İndirgeme Testleri	10
2.4.1. Fe ³⁺ -Fe ²⁺ indirgeme testi	10
2.5. Toplam Fenolik Bileşik ve Toplam Flavonoid Bileşik Miktarı Tayini.....	11
2.6. Vitamin İçeriğinin ve Sterollerin Saptanması.....	11
2.6.1. ADEK Vitaminleri ve Sterollerin HPLC Yöntemi ile Analizi.....	11
2.7. Yağ Asidi İçeriğinin Saptanması	11
2.7.1. Biyolojik Örneklerden Lipidlerin Ekstraksiyonu	11
2.7.2. Yağ Asidi Metil Esterlerinin Hazırlanması	12
2.7.3. Yağ Asidi Metil Esterlerinin Gaz Kromatografik Analizi.....	12
3. BULGULAR.....	13
3.1. Serbest Radikal (DPPH) Giderme Aktivitesi.....	13
3.2. Fe ³⁺ -Fe ²⁺ İndirgeme Testi Sonuçları.....	15
3.3. Toplam Fenolik Bileşik ve Toplam Flavonoid Bileşik Miktarı Analiz Sonuçları	17
3.4. Yağ Asidi Analiz Sonuçları.....	18
3.5. Lipitte Çözünen Vitamin ve Fitosterol İçerikleri (µg /g ⁻¹).....	20
4. TARTIŞMA VE SONUÇ	25
KAYNAKLAR.....	30
ÖZGEÇMİŞ	

ÖZET

Elazığ İli Ve Çevresinde Yetişen Su Teresi (*Nasturtium officinale* R.Br.)'nin Bazı Biyokimyasal Bileşenlerinin Belirlenmesi

Serdar Murat YILMAZ

Yüksek Lisans Tezi

FIRAT ÜNİVERSİTESİ

Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyoteknoloji Anabilim Dalı

Haziran 2024, Sayfa: xi + 34

Su Teresi (*Nasturtium officinale* R.Br.) su ekosistemlerinin önemli bir parçası ve suda yaşayan organizmalar için iyi bir barınak, genç balıklar ve amfibiler için koruma sağladığı gibi aynı zamanda diyetlerde de kullanılmaktadır. Bitkinin içerdiği antioksidanlar ve fenolik bileşikler sayesinde de bağışıklık sisteminin güçlendirilmesi ve hastalıklarla mücadelede vücut direncinin artırılması üzerine birçok yararlı etkileri olduğu yapılan çalışmalarla ortaya konulmuştur. Bu nedenle neredeyse her alanda kullanılan bitki ekstraktlarının etkilerinin araştırılması gün geçtikçe önem kazanmaktadır. Ülkemizde su bitkilerinin kimyasal bileşimine ait yeterince araştırma olmadığı dikkati çekmiş, su bitkileri ile ilgili çalışmaların genelde sistematik ve ekolojik amaçlı çalışmalar olduğu belirlenmiştir. Elazığ ili ve çevresinde yetişen su teresinin farklı kısımlarında su ve etanol gibi çözücülerle biyokimyasal bileşenlerin ilk kez bakılacak olması bu çalışmayı değerli kılmaktadır.

Su teresi türleri Elazığ ili ve çevresindeki sulak alanlardan 2023 sonbahar mevsiminde toplanmıştır. Kurutulan bitki örneklerinin toprak üstü kısımları çözücü solvent olarak etanol kullanılarak soxhlet cihazı ile ekstrakte edilmiştir. DPPH radikal giderme aktivitesini belirlemek için Blois metodu uygulanmıştır. Ekstrelerin total fenolik bileşik miktarları, Folin-Ciocalteu metoduna göre belirlenmiştir. Standart fenolik bileşik olarak gallik asit kullanılmıştır. Lipitte çözünen vitamin içeriğinin saptanmasında Shimadzu HPLC cihazı kullanılmıştır. Yağ asidi içeriğinin saptanması için öncelikle biyolojik örneklerden lipid ekstraksiyonu gerçekleştirilmiştir. Lipitler içinde bulunan yağ asitlerinin gaz kromatografik analizinin yapılabilmesi için polar olmayan uçucu ve kararlı yapıya sahip olan metil esterleri gibi türevlere dönüştürülmüştür. Lipit ekstraktı içindeki yağ asitleri metil esterlerine dönüştürüldükten sonra SHIMADZU GC 17 Ver. 3 gaz kromatografisi ile analiz edilmiştir. Sonuç olarak sunulan çalışmada, *Nasturtium officinale*'nin su ve etanol ekstrelerinin antioksidan kapasitesini ortaya çıkarmanın yanı sıra *Nasturtium officinale*'nin hem fenolik bileşik, yağ asidi ve vitaminler açısından zengin olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Su Teresi (*Nasturtium officinale*), Antioksidan kapasite, Lipitte çözünen vitaminler, Yağ asitleri, Fenolik bileşikler

ABSTRACT

Determination of Some Biochemical Components of Watercress (*Nasturtium officinale* R.Br.) Growing in Elazığ Province and Its Surroundings

Serdar Murat YILMAZ

Master's Thesis

FIRAT UNIVERSITY
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Biotechnology

June 2024, Pages: xi + 34

Watercress (*Nasturtium officinale* R.Br.) is an important part of aquatic ecosystems and a good shelter for aquatic organisms, provides protection for young fish and amphibians, as well as being used in diets. Thanks to the antioxidants and phenolic compounds contained in the plant, it has been shown by studies that it has many beneficial effects on strengthening the immune system and increasing body resistance in the fight against diseases. For this reason, the research of the effects of plant extracts used in almost every field is gaining importance day by day. It has been pointed out that there is not enough research on the chemical composition of aquatic plants in our country, and it has been determined that studies related to aquatic plants are generally systematic and ecological studies. The fact that the biochemical components with solvents such as water and ethanol will be looked at for the first time in different parts of watercress grown in and around Elazığ province makes this study valuable.

Watercress species were collected from wetlands in and around Elazığ province in the autumn season of 2023. The above-ground parts of the dried plant samples were extracted using a soxhlet device using ethanol as a solvent. The Blois method was applied to determine the radical removal activity of DPPH. The total phenolic compound amounts of the extracts were determined according to the Folin-Ciocalteu method. Gallic acid was used as the standard phenolic compound. Shimadzu HPLC device was used to determine the lipid soluble vitamin content. Lipid extraction was performed primarily from biological samples to determine the fatty acid content. In order to perform gas chromatographic analysis of fatty acids contained in lipids, they have been converted into derivatives such as methyl esters, which have a non-polar volatile and stable structure. After the fatty acids in the lipid extract are converted to methyl esters, SHIMADZU GC 17 Ver. 3 were analyzed by gas chromatography. As a result, in the study presented, it was found that *Nasturtium officinale* is rich in both phenolic compounds, fatty acids and vitamins, in addition to revealing the antioxidant capacity of water and ethanol extracts of *Nasturtium officinale*.

Keywords: Watercress (*Nasturtium officinale*), Antioxidant capacity, Lipid-soluble vitamins, Fatty acids, Phenolic compounds

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Su Teresi (<i>N. officinale</i>) örnekleme noktalan.....	8
Şekil 2.2. Yıkama işlemi yapılan Su teresi (<i>N. officinale</i>).....	9
Şekil 2.3. Kök, gövde ve yaprak kısımlarına ayrılan Su teresi (<i>N. officinale</i>).....	9
Şekil 2.4. Hazırlanan Ekstraktlar	10
Şekil 3.1. Su Teresi (<i>N. officinale</i>) ekstraktlarının DPPH radikalini temizleme aktiviteleri 50 uL, 100 uL, 150 uL ve 300 uL (%) (Su ekstresi)	14
Şekil 3.2 Su Teresi (<i>N. officinale</i>) ekstraktlarının DPPH radikalini temizleme aktiviteleri 50 uL, 100 uL, 150 uL ve 300 uL (%) (Etanol ekstresi).....	15
Şekil 3.3. Askorbik asit standardı ile hazırlanmış Fe^{3+} - Fe^{2+} indirgeme kalibrasyon eğrisi.....	16
Şekil 3.4 Su teresi (<i>N.officinale</i>) bitkisinin kök kısmına ait yağ asidi kromotogramı	19
Şekil 3.5 Su teresi (<i>N.officinale</i>) bitkisinin gövde kısmına ait yağ asidi kromotogramı	20
Şekil 3.6 Su teresi (<i>N.officinale</i>) bitkisinin yaprak kısmına ait yağ asidi kromotogramı	20
Şekil 3.7 Su Teresi (<i>N.officinale</i>) kök, gövde ve yaprak kısımlarında bulunan K2, Sigma tokoferol, D2 ve D3 değerleri	22
Şekil 3.8 Su Teresi (<i>N.officinale</i>) kök, gövde ve yaprak kısımlarında bulunan Alfa tokoferol, ergosterol, K1, sterol değerleri	23
Şekil 3.9 Su Teresi (<i>N.officinale</i>) kök, gövde ve yaprak kısımlarında bulunan Betasitosterol, retinol, retinol asetat değerleri	24

TABLÖLAR LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 3.1. Su Teresi (<i>N.officinale</i>) ekstraktlarının DPPH radikalini temizleme aktiviteleri (%) (Su ekstresi)	13
Tablo 3.2. Su Teresi (<i>N.officinale</i>) ekstraktlarının DPPH radikalini temizleme aktiviteleri (%) (Etanol ekstresi).....	14
Tablo 3.3. Su Teresi (<i>N.officinale</i>) ekstresinin Fe ³⁺ -Fe ²⁺ İndirgeme kapasitesi.....	16
Tablo 3.4. Su Teresi (<i>N.officinale</i>)'nin Toplam Fenolik Bileşik ve Toplam Flavanoid Bileşik Miktarı (Su Ekstresi)	17
Tablo 3.5. Su Teresi (<i>N.officinale</i>)'nin Toplam Fenolik Bileşik ve Toplam Flavanoid Bileşik Miktarı (Etanol Ekstresi)(µgE/g)	18
Tablo 3.6 Su Teresinin (<i>N. officinale</i>) Kök, Gövde ve Yaprak Kısımlarında Bulunan Yağ Asitleri (%)	18
Tablo 3.7. Su Teresinin (<i>N. officinale</i>) Kök, Gövde ve Yaprak Kısımlarında Bulunan vitamin ve sterol İçerikleri (µg /g ⁻¹)	21

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

Gr	: Gram
µg /gr	: Mikrogram bölü gram
ml	: Mililitre
cm	: Santimetre
mm	: Milimetre
m	: Metre
V d	: ve arkadaşları
DPPH	: 2,2-Difenilpikrilhidrazil

Kısaltmalar

BHA	: Bütilenmiş Hidroksi Anisol
BHT	: Bütilenmiş Hidroksi Toluen
GA	: Gallik Asit
GAE	: Gallik Asit Eşdeğeri
KA	: Kateşin
KE	: Kateşin Eşdeğeri
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü
FAO	: Gıda ve Tarım Örgütü

1. GİRİŞ

Dünyadaki insan popülasyon yoğunluğunun hızla artması beraberinde alternatif besin kaynaklarına olan talebin de artışına neden olmaktadır. Günümüzde 8 milyar civarında olan insan nüfusunun 2050 yılında 9.7 milyara ulaşacağı Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından öngörülmektedir. Artan nüfusun beslenebilmesi için gıda üretiminin % 60 oranında artması gerekmektedir. 2019 verilerine göre 690 milyon insanın kronik açlık yaşadığı belirtilmiştir. 2020 yılında yetersiz beslenen insan sayısının ortalama 100 milyon daha artmış olduğu ekonomik verilerle gösterilmiştir [1].

İnsanlık tarihi boyunca farklı yabani bitkiler farklı coğrafyalarda özellikle savaş ve kıtlık dönemlerinde hem besin olarak tüketilmiş hem de hastalık tedavilerinde bir alternatif oluşturmuştur. Alternatif besin kaynağı olarak kullanılmaları dışında biyoteknolojik çalışmalarda gen kaynağı olarak kullanılmaları ve insan sağlığı için önemli bir potansiyele sahip olmaları yabani bitkilere olan ilginin artmasına sebep olmaktadır [2, 3].

Türkiye'nin farklı jeolojik ve jeomorfolojik kaynakları, iklim özellikleri, topografik çeşitliliği ve diğer çevresel koşullar bakımından büyük çeşitlilik göstermesi bitki çeşitliliği bakımından ülkemizin zengin bir ülke olmasının temel sebebi olarak görülmektedir [4]. Türkiye'nin sahip olduğu ekolojik çeşitliliğe bağlı olarak 12.000 ' den fazla bitki taksonu olup bu bitki taksonlarının 3649 'u endemik bitkilerden oluşmaktadır ve ortalama her 10 günde bir yeni bir taksonun varlığı keşfedilmektedir [5, 6].

Ekosistemin üretici canlıları olan bitkiler ve alglerden doğal olarak elde edilen antioksidanlar ve antimikrobiyaller yapay yollarla elde edilen sentetik antioksidanlara alternatif oluşturduğu için araştırmacıların ilgisini çekmektedir [7]. Farklı bitkilerde değişken oranlarda bulunan antioksidan maddeler ve antimikrobiyaller iklim koşullarından, bitkinin yetiştiği ortamdan etkilenmektedir. *Nasturtium officinale* bitkisinin yaprakları üst solunum yolu rahatsızlıkları, guatr, verem, diyabet hastalıkları, iktidarsızlık ve karaciğer hastalığı tedavisinde de yöresel olarak kullanılmaktadır [8]. İnsan vücudunda hem normal metabolik süreçlerde hem de çevredeki fiziksel etkenler ve biyokimyasal olaylar nedeni ile reaktif oksijen türleri üretilmektedir. Reaktif oksijen türü miktarı vücuttaki antioksidan miktarını aştığı zaman hücrelere zarar vermektedir. Serbest radikal temizleyicileri olarak da adlandırılan antioksidanlar reaktif oksijen türlerinin hücrelere zarar vermesini önleyebilen ve yavaşlatabilen maddelerdir [9]. Doğal ya da yapay kaynaklı olarak elde edilebilen antioksidanların sentetik olanlarının insan metabolizması üzerinde zararlı etkiye neden olduğu düşüncesi bitkisel kaynaklı doğal antioksidanların önemini artırmaktadır [10]. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) verilerine göre dünyada yaklaşık olarak 20.000 bitki türünün hastalıkların tedavisinde ve baharat olarak kullanıldığı belirtilmiştir [11].

1900' lü yıllarda antibiyotiklerin keşfedilmesi ile bitkilerden elde edilen antimikrobiyal kullanımı azalmıştır. 2000' li yılların başında bilimsel araştırmaların antibiyotik etki süresinin sınırlı olduğunu göstermesi, bakterilerin antibiyotiklere direnç geliştirmesi ve antibiyotik miktarındaki azalma bitkisel ekstraktlara yeniden ilgiyi artırmıştır [12]. Bitkilerden ilaç elde edilmesinin maliyetinin düşük olması, organizmaya zarar verme potansiyelinin az olması, doğal olarak üretilibilmeleri bitkisel ekstraktlara dünya genelinde ilgiyi artırmaktadır [13].

Son yıllarda dünyada ve ülkemizde insanların bilinçli davranarak paketlenmiş gıdalar yerine doğal ve organik olan gıdalara ilgisinin artması; güvenilir gıda olarak nitelendirilen, hiç bir katkı maddesi içermeyen ve doğal habitatında kendiliğinden yetişen bitkilere olan ilgiyi artırmıştır. İnsan beslenmesinde alternatif oluşturan yenilebilir yabani bitkiler kendi habitatlarında hiçbir müdahaleye ihtiyaç duymadan bağımsız olarak yaşamlarına devam etmektedir [14].

Bu tez çalışması ile Elazığ yöresinden toplanan Brassicaceae familyasına ait yarı sucul bir bitki olan su teresi (*Nasturtium officinale* R. Br.)' nin farklı kısımlarının (kök, gövde ve yaprak) su ve etanol gibi çözücüler kullanılarak antioksidan kapasitesi, toplam fenolik bileşik ve flavonoid bileşik madde miktarı, yağ asidi, vitamin ve sterol içeriğinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

1.1. Antioksidanlar

Antioksidanlar serbest radikal adı verilen kararsız moleküllerin hücrelere zarar verme potansiyelini engelleyen ya da yavaşlatan bileşiklerdir [15]. Antioksidanlar başka moleküller ile çok kolay elektron alış verişini yapan reaktif oksijen partiküllerinin etkisi altında gerçekleşen yükseltgenme (oksidasyon) tepkimelerini yavaşlatarak ya da önleyerek oksidatif stresi azaltan bileşiklerdir. Antioksidanlar hücrede anabolik ve katabolik tepkimelerin dengesinin bozulmasına ve hücre hasarına neden olan oksidatif strese karşı fonksiyonel gıda bileşeni olarak diyet takviyesi ve gıda formunda olmayan tıbbi ilaçlar (nutrasötik) olarak sağlığın korunmasında kullanılabildiği gibi gıdaların korunmasında katkı maddesi olarak kullanılabilmektedir [16].

İnsan vücudu glutatyon, melatonin, bilirubin, albümin, koenzim Q10 gibi endojen antioksidanları sentezleyebilirken taze ve kuru meyve, sebzelerden de çok miktarda flavanoid ve eksojen antioksidan alabilir. Serbest radikal süpürücü olarak etki eden bu endojen ve eksojen antioksidanlar kendi elektronlarını vererek reaktif oksijen türlerinin olumsuz etkilerini nötralize ederler [17, 18].

İnsanlarda kalp damar hastalıkları, kanser de dahil programlı hücre ölümü, sinir sistemi hastalıkları, geriatrik sorunlar, stres gibi süreçlerde antioksidanların bu hastalık türlerine karşı koruma sağladığı gözlemlenmiştir [16]. Özellikle bitkiler; tokoferol, polifenol, vitamin ve karotenoidce zengin antioksidan kaynaklarıdır. Epidemiyolojik çalışmalar özellikle polifenolik

bileşikler içeren gıdaların tüketimi ile kalp damar hastalıkları ve kanser türü hastalıkların önlenmesi arasında ilişki olduğunu göstermektedir [17].

Doğal olarak bitki, hayvan ve mikroorganizmalarda bulunan antioksidanlar dışında kimyasal olarak üretilen bütillenmiş hidroksianisol (BHA), bütillenmiş hidroksitoluen (BHT), tert-bütillhidrokinon (TBHQ) gibi antioksidanlar da uzun zamandır gıda, endüstri, tıp ve kozmetik sektöründe kullanılmaktadır. Ancak sentetik antioksidanlara olan güvenin az olması özellikle bitkilerden elde edilen polifenolik antioksidanları kozmetik, gıda ve ilaç sektörlerinde kullanım açısından ön plana çıkarmaktadır [17].

1.2. Antioksidan Aktivite

Antioksidan kapasite tayin yöntemleri antioksidan özellik gösteren bileşiklerin kimyasal yapılarının farklılığı ve farklı kimyasal sınıflara (fenolik asitler, flavonoidler) sahip olmaları nedeni ile çeşitlilik göstermektedir. Tek elektron transferi hidrojen atomu transferi, metal şelatlama ve indirgeme gücü gibi farklı mekanizmalara sahip antioksidan aktivite tayin tahlilleri mevcuttur [16].

Bu tayinlerin çoğu spektrometre ile renk değişimi ölçümlerine dayanmaktadır. Bu yöntemleri daha verimli hale getirmek için uygun dalga boy, uygun pH değeri, farklı kimyasal bileşikler ve uygun çözücü seçimi önem arz etmektedir [16,19].

Spektrometrik yöntemlerin kullanılmasının sebepleri arasında ucuz olması, kullanışlı olması, tekrarlanabilir olması ve erişilebilir olması sayılabilmektedir. Bu yöntemlerden bazıları DPPH, ABTS, DMPD, Kuprak, Frap, Fe^{2+} Fe^{3+} indirgeme yöntemleridir [16,19].

1.2.1. DPPH• (1,1-difenil-2-pikril-hidrazil) Yöntemi

DPPH radikal süpürme testi; antioksidanların elektron vermesi ve DPPH radikalini nötralleştirmesi amacıyla hidrojen atom transferi mekanizmasına dayalı elektron transferi tabanlı basit, tekrarlanabilir, fazla maliyet gerektirmeyen sık yöntemler arasındadır. DPPH çözeltisindeki karakteristik mor rengin antioksidan varlığında sarı renkli difenil pikrilhidrazine dönüşmesi ve bu renk değişiminin 517 nm dalga boyunda spektrofotometrede okunması esasına dayanır. Basit bir yöntem olmasına rağmen ortamda bulunan hidrojen atomu ve çeşitli metal iyonlarının varlığından, kullanılan çözücünün miktarından ve cinsinden ayrıca DPPH reaktifinin tazeliğinden etkilenmektedir [20]. Sonuçlar genellikle IC_{50} (radikalin %50 'sini indirgeyen konsantrasyon) değeri olarak belirlenmektedir. DPPH'in organik çözücülerle çözünürken sulu çözeltilerde çözünmemesi yöntemin dezavantajlı yönlerindendir [21-23].

1.2.2. Fe³⁺ Fe²⁺ indirgeme deneyi

FRAP tahlili modifiye edilerek daha çeşitli antioksidanlar için daha uygun redoks şartlarını oluşturmak üzere (K₃Fe(CN)₆) potasyum ferrisiyanür ve demir (III)'ün eş zamanlı kullanımını içeren bir yöntemdir. Çözeltideki antioksidanlar Fe³⁺'yi, Fe²⁺'ye ve Fe(CN)₆³⁻ yi, Fe(CN)₆⁴⁻ ye Prusya mavisi kompleksi oluşturacak şekilde indirgeyebilir [24].

1.3. Fenolik Bileşikler

Yapısal çeşitlilikleri ve kimyasal bileşimleri oldukça farklı olan fenolik bileşikler; bitkilerde, mikroorganizmalarda, fungus ve hatta hayvansal dokularda metabolik faaliyetler sonucu sentezlenen doğal antioksidanlardır [25].

Başta bitkiler aleminde olmak üzere 8000'den fazla fenolik bileşik biyoaktif bileşikler olarak etki göstermektedir [26, 27]. Fenolik bileşiklerin çoğu tat, koku, antioksidatif kararlılık gibi özellikleri nedeni ile insan diyetinin bir parçasını oluşturmasının yanında antimikrobiyal, antikanser, antiinflamatuvar, düşük yoğunluklu lipoprotein, kardiyovasküler koruma gibi çeşitli biyolojik etkilere de sahiptir [28-31]. Bu özelliklerinden dolayı fenolik bileşikler farmakoloji, kozmetik ve gıda endüstrisi gibi çeşitli alanlarda kullanılmaktadır [32-35]. Fenolik bileşiklerin bitkilerde bulunan en yaygın formları arasında flavonoidler, fenolik asitler, lignanlar, terpenler sayılabilmektedir [36]. Fenolik bileşiklerin yapılarında bulunan hidroksil (OH) gruplarının sayısı ve düzenine bağlı olarak antioksidan potansiyelleri değişmektedir [25].

1.4. Flavonoidler

Kronik hastalıkların önlenmesinde antioksidatif etkisi olan ve birçok sınıfa ayrılan flavonoidlerin en önemlileri; flavonoller, flavonlar, flavanonlar, flavanoller, izoflavenoidler ve antosiyaninlerdir [37-40]. İnsanlar tarafından gıda olarak tüketilen ve gıda olarak tüketilmeyen bitkilerde 4000' den fazla flavonoid tespit edilmiş ve 8000' den fazla polifenolik bileşik tanımlanmıştır [41].

Çok etkili antioksidanlar olan flavonoidler, flavonlar ve flavonoller neredeyse her bitkide bulunmaktadır [42]. Hidroksil (OH) gruplarının sayısı ve konfigürasyonuna göre flavonoidlerin antioksidan kapasiteleri değişiklik göstermektedir [43- 45].

1.5. Yağ Asitleri

Yağlar (Lipidler) insan vücudunda ATP üretiminde karbonhidratlardan sonra ikinci sırada kullanılırken bazı hormonların yapısına katılmakta ve birçok yapısal bileşenin de temelini oluşturmaktadır. İnsan vücudunda metabolik faaliyetlerle üretilmeyen ve gıdalarla dışarıdan

hazır olarak alınması gereken temel (esansiyel) yağ asitleri kardiyovasküler hastalıkları, yüksek kolesterol, yüksek tansiyon, insülin direnci, sinir sistemi rahatsızlıkları, çeşitli alerjik rahatsızlıklar ve kanser gibi birçok hastalığın önlenmesinde etkili olmaktadır [46, 47].

Yağ asitleri bir ucunda karboksilik asit (COOH) bulunan hidrokarbon yapıda genel olarak alifatik (düz zincirli) organik asitlerdir. Yağ asitleri esterleşme tepkimeleri sonucu gliserolle triaçilgliserol oluşturur. Yağ asitlerindeki karbon atomu sayısı 4-30 karbon arasında değişmektedir. Karboksil grubu dışındaki tüm karbon atomlarına maksimum düzeyde hidrojen atomu bağlanarak doymuş yağ asitleri elde edilmektedir. Yağ asitlerinin alkil kısmındaki karbon atomları arasında bir veya daha fazla çift bağ bulunması yağ asitlerinin doymamış olduğunu göstermektedir [31]. İnsanlarda hayati metabolik faaliyetleri etkileyen bazı moleküllerin üretilmesi için esansiyel yağ asitleri olan alfa linolenik asit (18:3) gıdalarla alınması gerekmektedir [48]. Linolenik asit insanlarda eikosanoidlerin ve dokosaheksaenoik asit (DHA) üretimi için gerekli bir organik bileşiktir. Ayrıca antioksidan, antikanser, antiinflamatuvar özellikleri nedeni ile linolenik asit insanlar için önemli bir omega-3 yağ asididir [16].

Esansiyel yağ asitlerinin faydaları ve eksikliklerindeki olumsuzluklar göz önünde bulundurulduğunda bitkisel kaynaklı yağ asitlerinin araştırılması ve miktarının tespit edilmesi önem arz etmektedir. Hücre membranında bulunan yağ asitleri ve kolesterol özellikle LDL kolesterol peroksidasyon süreçlerinden etkilenecek hücre hasara neden olmaktadır. Antioksidanlar burada devreye girerek çok az miktarı bile oksidatif süreçleri geciktirerek hastalıkların başlamasını ve yayılmasını önlemektedir [49].

1.6. Vitaminler

Vitaminler, eksikliklerinde ciddi metabolik sorunlara neden olan birçok fizyolojik fonksiyonun gerçekleşmesinde etkisi bulunan esansiyel mikro besinler içerisinde yer alan organik bileşiklerdir [50,47]. Vitaminler çözünürlüklerine göre hidrofilik özellikte olup suda çözünen (B Vitamini kompleksi ve C Vitamini) ve lipofilik özellikte olup suda çözünmeyen (Retinol, tokoferol, kalsiferol ve antihemorajik vitaminler) vitaminler olarak iki grupta incelenir [51]. Lipofilik vitaminlerden A Vitamini görme ile ilgili fonksiyonların yanında embriyonik kök hücre farklılaşmasında, bağışıklık sisteminin güçlenmesinde, hücre büyümesinin kontrolünde önemli fonksiyonları olan bir vitamindir. A Vitamininin alkol formu (Retinol) ve aldehit formu (Retinal, retinaldehit) mevcuttur [52-54].

D Vitamini kemik mineralizasyonunda önemli fonksiyonları bulunan, raşitizm hastalığını önleyen, vücutta kalsiyum dengesini sağlayan lipofilik bir hormon öncülüdür. D2-Vit ve D3-Vit olmak üzere iki temel formu mevcuttur. D3-Vit daha çok hayvansal gıdalarda bulunurken D2-Vit bitkisel kaynaklıdır [55, 56].

Tokoferoller ve tokotrienoller doğal olarak bulunan E Vitamini formlarıdır. Alfa, beta,

gama ve sigma formları bulunan tokoferollerden alfa tokoferol doğada en bol bulunan ve en fazla biyokimyasal aktiviteye sahip izomerdir [52,57]. E Vitamininin lipid peroksidasyonunun önlenmesinde ve serbest radikal kaynaklı oksidatif stresin önlenmesinde önemli etkileri bulunmaktadır. Ayrıca antioksidan, antiinflamatuvar aktiviteleri nedeniyle de kanser hücrelerinin oluşumunda negatif etki göstermektedir [58].

Lipofilik vitaminlerden bir diğeri de K1-Vit (fillokinon) ve K2-Vit (menakinon) olmak üzere iki doğal formu bulunan K Vitaminidir. K1-Vit özellikle koyu yeşil yapraklı sebzelerde bulunurken K2-Vit ise insan bağırsağında simbiyotik olarak yaşayan bazı bakteriler tarafından sentezlenir [53, 59, 60]. Karaciğerde üretilen protrombin sentezi ve kan pıhtılaşmasında görev alan bazı proteinlerin aktivitesi için gerekli olan bir vitamindir. Ayrıca damarlardaki endotel tabakanın kireçlenmesini engelleyerek dokulardaki mineralizasyonun düzenlenmesinde görev almaktadır [59, 60].

1.7. Su Teresi (*Nasturtium officinale* R.Br.)

Nasturtium officinale bitkisi taksonomik olarak Brassicaceae (Turpgiller) familyası içerisinde yer alan habitatı berrak soğuk sucul ortamlar olan çok yıllık çift çenekli bir bitkidir [61]. Ekonomik değeri yüksek Avrupa ve Asya'ya özgü olan ülkemizde su teresi olarak bilinen bitki Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi tarafından yenilebilir ve güvenli bir bitki olarak değerlendirilmiştir. [62, 63]. Uzun bir gövdeye, ince ve lifli köklere sahip olan bitki mineral ve vitamin içeriği açısından zengin olarak değerlendirilirken kalori açısından düşük kalorili olarak değerlendirilmektedir. Antik çağlardan günümüze zengin besin içeriği ve sağlığa faydaları nedeni ile hem gıda olarak hem de hastalıkların tedavisinde kullanılmaktadır [64].

Nasturtium officinale bitkisinin sistematigi aşağıda sunulmuştur.

Alem	: Plantae
Şube	: Magnoliophyta
Sınıf	: Magnoliopsida
Takım	: Brassicales
Aile	: Brassicaceae
Cins	: Nasturtium
Tür	: <i>Nasturtium officinale</i>
Yaygın adı	: Su Teresi

Nasturtium officinale, Brassicaceae familyasındaki karnabahar, lahana, brokoli, turp gibi bitkilerle beraber vitamin, polifenol, uçucu yağlar, karotenoidler, glikosinolat, mineral, flavonoidler bakımından zengin fitokimyasallar içeren bir familyanın üyesidir [65]. *Nasturtium officinale*' in kükürt içeren bileşikler, C ve E vitaminleri, A vitamini öncülü, B9 vitamini, glukozinolatlar ve karotenoidler gibi insan sağlığı için yararlı fitokimyasal bileşikler açısından zengin içeriğe sahip

olması bitkiyi tıbbi açıdan değerli kılmaktadır [66, 67].

1.8. Su Teresi (*Nasturtium officinale*) Türü ile Yapılan Bazı Çalışmalar:

Nasturtium officinale'nin yapraklı gövdelerinin etanolik ekstraktının antioksidan etkisi DPPH radikal süpürme testi kullanılarak *invitro* olarak araştırılmıştır. *Nasturtium officinale* ekstresi 10 mg/ml konsantrasyonda, askorbik asit ($I\% = 92.62\%$, $IC_{50} = 0.89$ mg/ml) ile karşılaştırıldığında düşük indirgeme gücü ($I\% = 3.396\%$, $IC_{50} = 11.60$ mg/ml) göstermiştir, ancak 100 mg/ml dozunda ($I\% = 60.38\%$) indirgeme gücü artmıştır [68].

Nasturtium officinale yaprağının sulu ve etanolik ekstraktlarının antioksidatif özellikleri *invitro* ve *invivo* testler kullanılarak değerlendirilmiştir. Etanolik ekstrakt daha fazla antioksidan aktivite, indirgeme gücü, DPPH radikalleri ve süperoksit anyon radikalleri süpürme aktiviteleri göstermiştir. Etanol ekstraktının sıçanlara uygulanması karaciğer, beyin ve böbrekte lipid peroksidasyonunu azaltmıştır [69].

Nasturtium officinale'nin oral yoldan uygulanan sulu, asetonik ve alkolik ekstraktlarının hipoglisemik ve antioksidan aktiviteleri alloxan ve streptozotosin ile indüklenmiş diyabetik sıçanlarda incelenmiştir. Ekstraktlar, çok yüksek antioksidan etkiye ek olarak yüksek konsantrasyonlar da fenol, polifenol ve flavonoid göstermiştir. Sulu çözeltinin akut uygulama üzerine hipoglisemik etkisi insülininden % 76,6 daha yüksek çıkmıştır. Kronik olarak uygulandığında, glikoz seviyeleri üçüncü haftadan sekizinci haftaya kadar normalleşmiş ve antioksidan enzimler ve biyokimyasal parametreler iyileşmiştir [70].

Nasturtium officinale yağının termal ve kimyasal yanık yaralanmalarında yara iyileştirme potansiyeli tavşanlarda incelenmiştir. Deneysel kimyasal ve doğrudan ısı kaynaklı yanıklara su teresi yağı uygulanmıştır. Su teresi yağı ile tedavi edilen hayvanlar, yanıkların kapanma süresinde önemli bir azalma ile normal mimariyi daha hızlı bir şekilde geri kazanmıştır [71].

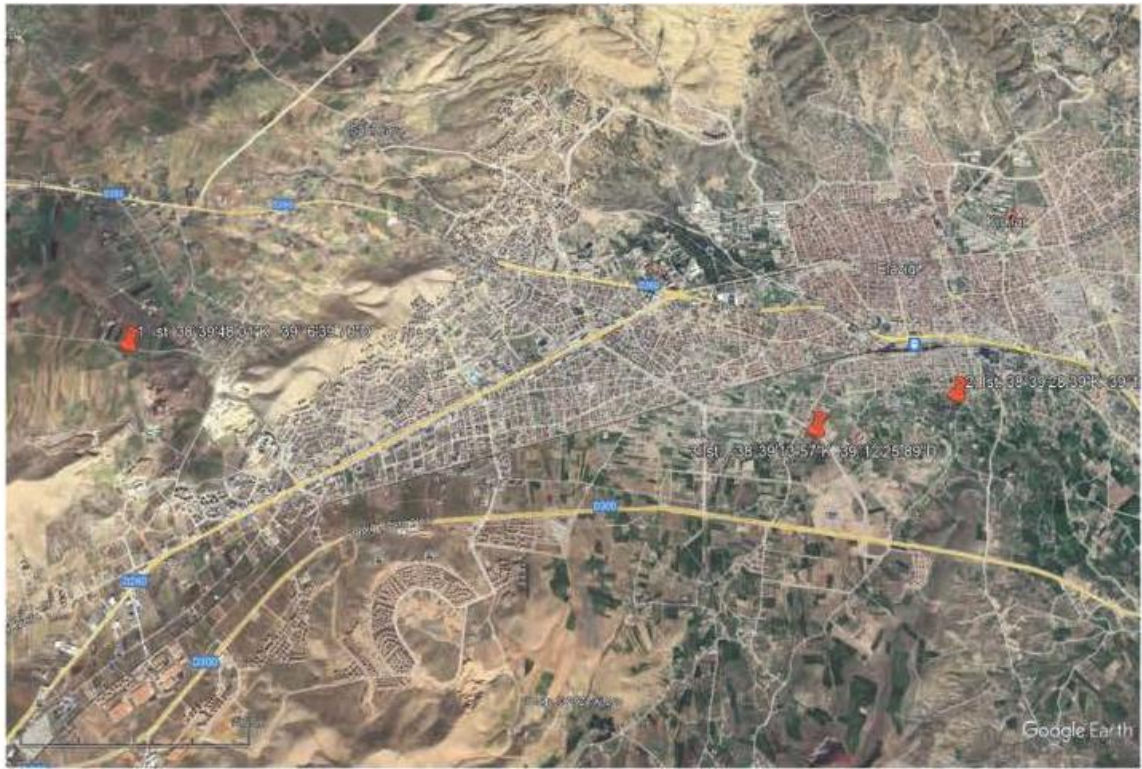
Nasturtium officinale'den elde edilen indol 3-asetonitril-4-metoksi -2- *S*- β -*D*-glukopiranosidin (IAMG) normal insan dermal fibroblastlarında ultraviyole B kaynaklı fotohasarlara karşı koruyucu etkileri incelenmiştir. Sonuçlar IAMG'nin insan dermal fibroblast hücre göçünü arttırdığını göstermiştir. UVB ile indüklenen MMP-1'deki artış ve tip I prokollajendeki azalma IAMG tedavisi ile iyileştirilmiştir. Sonuç, *Nasturtium officinale*'den elde edilen IAMG'nin UVB kaynaklı fotodamajı azalttığını güçlü bir şekilde göstermiştir [72].

Yapılan birçok çalışma *Nasturtium officinale* bitkisinin hipolipidemik, antienflamatuvar, koruyucu, antidiyabetik, antioksidan, antikanser, antimikrobiyal ve dermatolojik etki gösterdiğini kanıtlamaktadır. Bu sonuçlar neticesinde bitki farmakoloji, tıp ve kozmetik sanayisinin dikkatini çekmektedir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Bitki Materyallerinin Toplanması

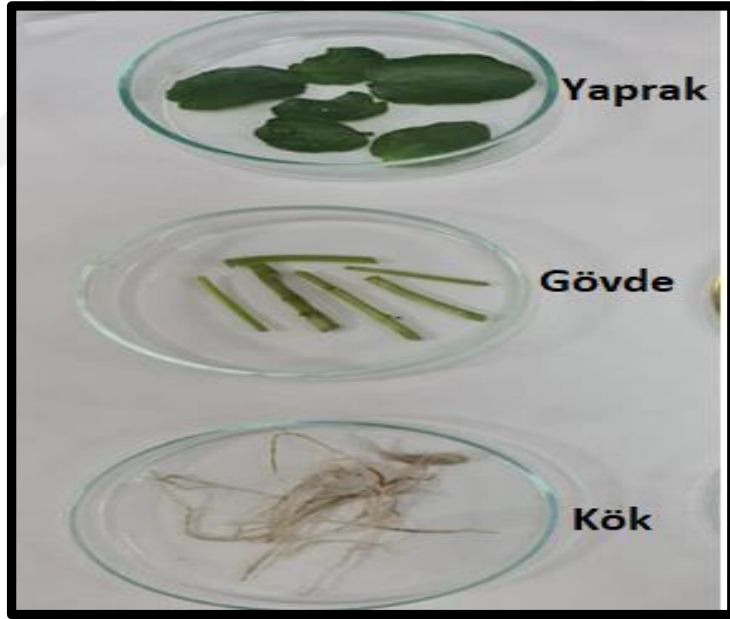
Su teresi türleri Elazığ ili ve çevresindeki sulak alanlardan 2023 sonbahar mevsiminde toplanmıştır (Şekil 2.1). Toplanan bitki materyallerinin tür teşhisi Fırat Üniversitesi Eğitim Fakültesi Fen Bilgisi Öğretmenliği Öğretim Üyesi Prof. Dr. İsmail TÜRKOĞLU tarafından yapılmıştır. Toplanan bitki materyallerinin yıkandıktan sonra ekstraktları yapılacak şekilde kök, gövde ve yaprak kısımları ayrılarak gruplandırılmıştır (Şekil 2.2, Şekil 2.3).



Şekil 2.1. Su teresi (*N. officinale*) örnekleme noktaları



Şekil 2.2. Yıkama işlemi yapılan Su teresi (*N. officinale*)



Şekil 2.3. Kök, gövde ve yaprak kısımlarına ayrılan Su teresi (*N. officinale*)

2.2. Bitki Materyallerinin Ekstraksiyonu

Kurutulan bitki örneklerinin toprak üstü kısımları çözücü solvent olarak etanol kullanılarak soxhlet cihazı ile ekstrakte edilmiştir (Şekil 2.4). Son ekstrakt renksiz olana kadar ekstraksiyon işlemine devam edilmiştir. Soxhlet cihazından elde edilen ekstraktların etanol içeriği evaporatörde uzaklaştırılarak elde edilen kuru ekstraktlar (mg/mL) +4 °C’ de saklanmıştır.



Şekil 2.4. Hazırlanan Ekstraktlar

2.3. DPPH radikali giderme aktivitesi

Serbest radikal olarak 25 mg L⁻¹ 1,1 difenil-2- pikrilhidrazil (DPPH) metanolde çözdürülerek kullanıldı. Deney tüplerine sırasıyla DPPH çözeltisinden 4 ml ilave edilmiş, daha sonra 100 µL bitki ekstraktları ilave edilip vortekslendi ve 30 dakika oda sıcaklığında karanlık ortamda inkübe edildi. İnkübasyon sonunda absorbansları 517 nm’de blanka karşı spektrofotometrede okundu [73]. Azalan şekilde değişen absorbans değerleri, geriye kalan DPPH miktarı serbest radikal giderme aktivitesi olarak belirlenmiş ve sonuçlar aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır:

$$\% = [(Kontrol\ Absorbans - Örnek\ Absorbans) / Kontrol\ Absorbans \times 100]$$

2.4. İndirgeme testleri

2.4.1. Fe³⁺ - Fe²⁺ İndirgeme Testi

Demir indirgeme aktivitesi tayini daha önceki bir metodun hafif modifiye edilmesiyle gerçekleştirilecektir. Öncelikle konsantrasyonu 1 mg/mL olacak şekilde numuneler için stok

çözeltiler hazırlanacaktır. Bu stok çözeltilerden farklı konsantrasyon da numuneler cam tüplere mikro pipet yardımıyla aktarılacaktır. Hacim distile su ile 1 mL'ye tamamlanacaktır. Ardından tüm tüplere 0.2 M'lık 2.5 mL (pH: 6.6) fosfat tamponu ve %1'lik 2.5 mL $K_3Fe(CN)_6$ ilave edilerek karışım 50 °C'de 20 dk inkübe edilecektir. Daha sonra tepkime ortamına 2.5 mL %10'luk TCA eklenecektir. Çözeltinin üstünde oluşan fazdan 2.5 mL alınacak ve buna 2.5 mL distile su ve 0.5 mL $FeCl_3$ (%0.1) eklendikten sonra oluşan Perl Prusya mavisi kompleks 700 nm'de saf sudan oluşan köre karşı okunacaktır [18-41].

2.5. Toplam Fenolik Bileşik ve Toplam Flavonoid Bileşik Miktarı Tayini

Toplam fenolik bileşik miktarları Singleton [74] metoduna göre yapıldı. Bunun için, 50 µL bitki ekstresi deney tüpüne alınarak üzerine 500 µL Folin - Ciocalteu reaktifi eklendi. 3 dk sonra 3 mL % 2' lik Na_2CO_3 çözeltisi eklenen örnekler 2 saat karanlıkta bekletildi. Bu sürenin sonunda 760 nm dalga boyunda örneklerin absorbans değerleri spektrofotometrede okundu. Sonuçlar gallik asit çözeltisi ile hazırlanan kalibrasyon eğrisine göre hesaplandı. Toplam flavonoid bileşiklerin miktarı Kim [47] tarafından uygulanan metoda göre UV-Vis spektrofotometre yardımıyla 510 nm'de ölçülmüştür. İlk olarak, 1 mL ekstrakta 0.3 mL %5'lik $NaNO_2$ eklenip. 5 dakika sonra 0.3 mL % 10'luk $AlCl_3$ ilave edilmiştir. Daha sonra, 2 mL 1 M NaOH eklenip ve 2.4 mL saf su ilave edilip, karışım vorteks ile karıştırılmıştır. Bitki örneklerinin toplam flavonoid madde miktarları (+)-katesin kullanılarak hazırlanan kalibrasyon eğrisi kullanılarak hesaplanmıştır [75].

2.6. Vitamin İçeriğinin ve Sterollerin Saptanması

2.6.1. ADEK Vitaminleri ve Sterollerin HPLC Yöntemi ile Analizi

5 mL süpernatant 25 mL 'lik ağzı kapaklı tüpler içine alınarak üzerine % 5'lik KOH çözeltisi ilave edildi ve 57 °C'de 2 saat bekletildi. Tüpler çıkartılarak oda sıcaklığına kadar soğutuldu ve üzerine 5 mL distile su ilave edilerek karıştırıldı. Sabunlaşmayan lipofilik moleküller 2x5 mL hekzan ile ekstrakte edilerek nitrojen gazı altında çözücü uçuruldu. Daha sonra 1 mL (% 50 + % 50, v/v) asetonitril/metil alkol karışımında çözülerek otosampler viallerine alındı ve analizleri yapıldı. Analiz için PDA-UV dedektör kullanıldı, kolon olarak da Nucleodur C18 (15x4,6 cm, 5 µm; Sigma, USA) kolonu kullanıldı. 202 nm boyunda lipofilik vitaminler ile fitosterollerin analizleri gerçekleştirildi [76 - 77].

2.7. Yağ Asidi İçeriğinin Saptanması

2.7.1. Biyolojik Örneklerden Lipidlerin Ekstraksiyonu

Bitki örneklerinden lipidlerin ekstraksiyonu 3:2 (v/v) hekzan-izopropanol karışımının kullanıldığı Hara ve Radin [78] metoduyla yapılacaktır. Bunun için: 1 g bitki örneği 3:2 (v/v) oranında 5 mL hekzan-izopropanol karışımı içinde 30 sn süreyle homojenize edilecektir. Homojenizasyon kabı 2 mL parçalama çözeltisi ile yıkanacak ve santrifüj tüplerine alınacaktır. Daha sonra 4500 rpm'de 10 dk süreyle santrifüj edilen doku örneklerinden üst supernatant kısım alınarak ağız kapaklı deney tüplerine konulacaktır.

2.7.2. Yağ Asidi Metil Esterlerinin Hazırlanması

Lipitler içinde bulunan yağ asitlerinin gaz kromatografik analizinin yapılabilmesi için polar olmayan uçucu ve kararlı yapıya sahip olan metil esterleri gibi türevlerine dönüştürülmesi gerekir [24]. Metil esteri hazırlamak için hekzan/izopropanol fazı içindeki lipid ekstraktı 30 mL'lik sızdırma yapmayan deney tüplerine alınacaktır. Üzerine %2'lik metanolik sülfirik asitten 5 mL ilave edilecek, vorteks ile iyice karışmaları sağlanacaktır. Bu karışım 50 °C'lik etüvde 15 saat süre ile metilleşmeye bırakılacaktır. Tüpler etüvden çıkarılarak oda sıcaklığına kadar soğutulacak ve 5 mL %5'lik NaCl ilave edilerek iyice karıştırılacaktır. Tüpler içinde oluşan yağ asidi metil esterleri 5 mL hekzan ile ekstrakte edilecek ve hekzan fazı pipetle alınarak, 5 mL %2'lik KHCO₃ ile muamele edilecek ve fazların ayrılması için 4 saat bekletilecektir. Daha sonra metil esterlerini içeren karışımın, 45 °C de ve azot akımı altında çözücüsü uçurulacak, 1 mL hekzan ile çözülerek 2 mL'lik ağız kapaklı otosampler vialleri içine alınarak gaz kromatografisinde analiz edilecektir.

2.7.3. Yağ Asidi Metil Esterlerinin Gaz Kromatografik Analizi

Lipit ekstraktı içindeki yağ asitleri metil esterlerine dönüştürüldükten sonra SHIMADZU GC 17 Ver. 3 gaz kromatografisi ile analiz edilecektir. Bu analiz için 25 m uzunluğunda, 0.25 mm iç çapında ve PERMABOND 25 mikron film kalınlığına sahip Machery-Nagel (Germany) kapiller kolon kullanılacaktır. Analiz sırasında kolon sıcaklığı 120-220 °C, enjeksiyon sıcaklığı 240 °C ve dedektör sıcaklığı 280 °C olarak tutulacaktır. Kolon sıcaklık programı 120 °C'den 220 °C'ye kadar ayarlanacaktır. Sıcaklık artışı 200 °C'ye kadar 5 °C/dk ve 200 °C'den 220 °C'ye kadar 4 °C/dk olarak belirlenecektir. 220 °C'de 8 dakika tutulacak ve toplam süre 35 dakika olarak belirlenecektir. Taşıyıcı gaz olarak azot gazı kullanılacaktır. Analiz sırasında örneklere ait yağ asidi metil esterlerinin analizinden önce, standart yağ asidi metil esterlerine ait karışımlar enjekte edilerek, her bir yağ asidinin alıkonma süreleri belirlenecektir. Bu işlemten sonra gerekli programlama yapılarak örneklere ait yağ asidi metil esterleri karışımlarının analizi yapılacaktır. Sonuçlar toplam yağ asitleri içinde her bir yağ asidi için % miktar olarak belirlenecektir. Hesaplamalar GC Solution 2.3 programı kullanılarak yapılacaktır.

3. BULGULAR

Bu tez çalışmasın da; Elazığ ili ve çevresinden toplanan Su Teresi (*Nasturtium officinale*) türünün bazı biyokimyasal özellikleri belirlenmiştir. Aşağıda tablolar, grafikler halinde belirtilmiştir.

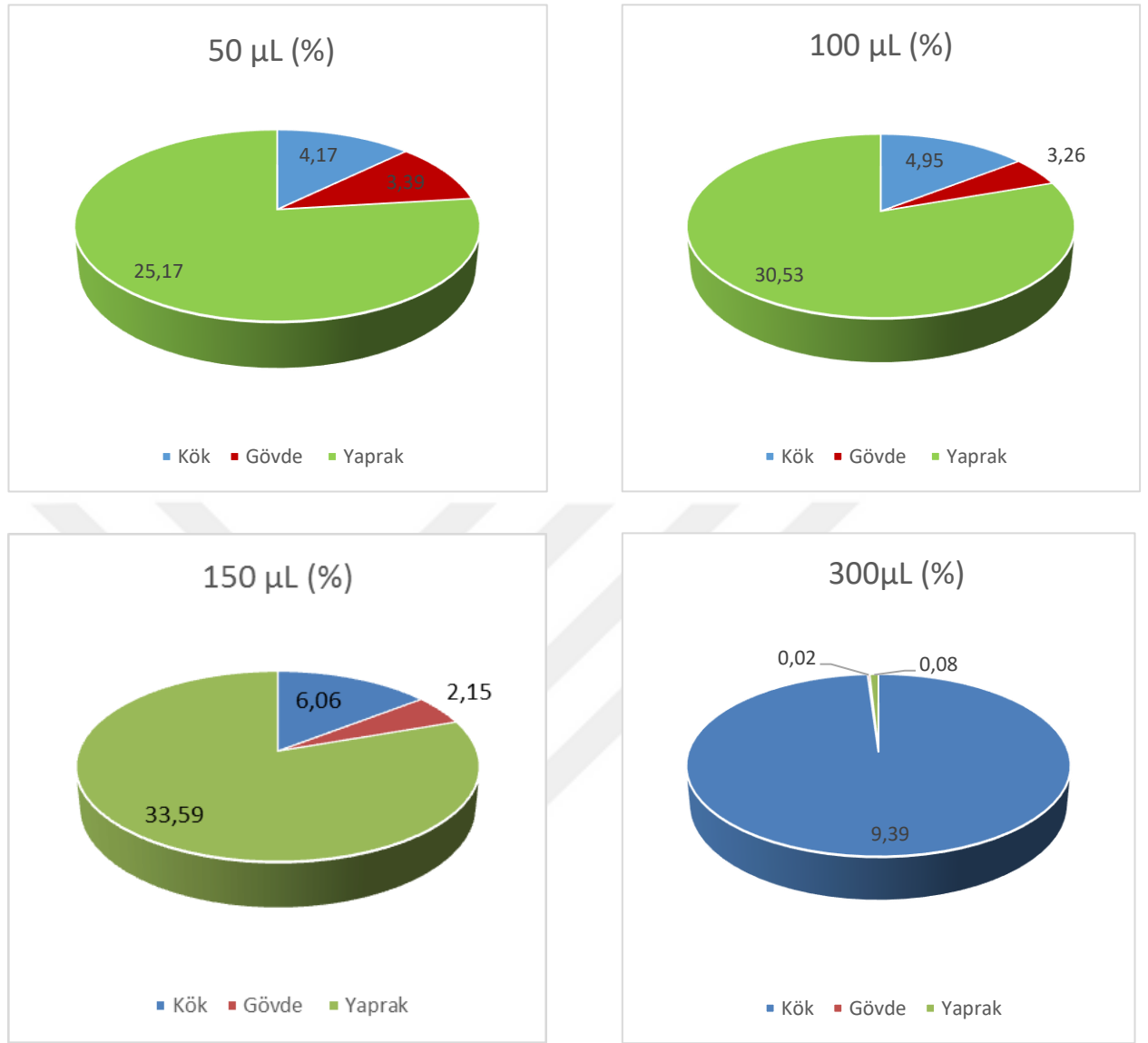
3.1. Serbest Radikal (DPPH) Giderme Aktivitesi

Bu reaksiyon bileşiklerin serbest radikal giderme kapasitesi veya hidrojen verme yeteneğini test etmek için yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu yöntemde antioksidanlar kararlı radikal DPPH'ı sarı renkli difenil-pikrilhidrazine indirgemektedir [79]. Düşük absorbans DPPH radikalinin miktarındaki azalmanın belirtisidir.

Tablo 3.1. Su Teresi (*N. officinale*) ekstraktlarının DPPH radikalini temizleme aktiviteleri (%) (Su ekstresi)

DPPH ETKİSİ	KÖK	GÖVDE	YAPRAK
50 µL	4,17±0,23 ^a	3,39±0,17 ^a	25,17±0,85***
100 µL	4,95±0,28 ^a	3,26±0,06 ^a	30,53±1,07***
150 µL	6,06±0,19 ^a	2,15±0,92 ^a	33,59±5,15***
300 µL	9,39±0,68 ^a	0,02±0,87 ^a	0,08±1,93***

Su Teresinin su ile hazırlanan ekstraktının DPPH radikalini temizleme aktiviteleri açısından değerlendirildiğinde, 50 uL, 100 uL, 150 uL ve 300 uL değerleri yaprak kısmında kök ve gövde kısmına oranla genel olarak yüksek oranda bulunmuştur ($p<0,001$). Buna karşılık Su Teresinin gövde kısmı ile kök kısmı arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$) (Tablo 3.1.) (Şekil 3.1.).

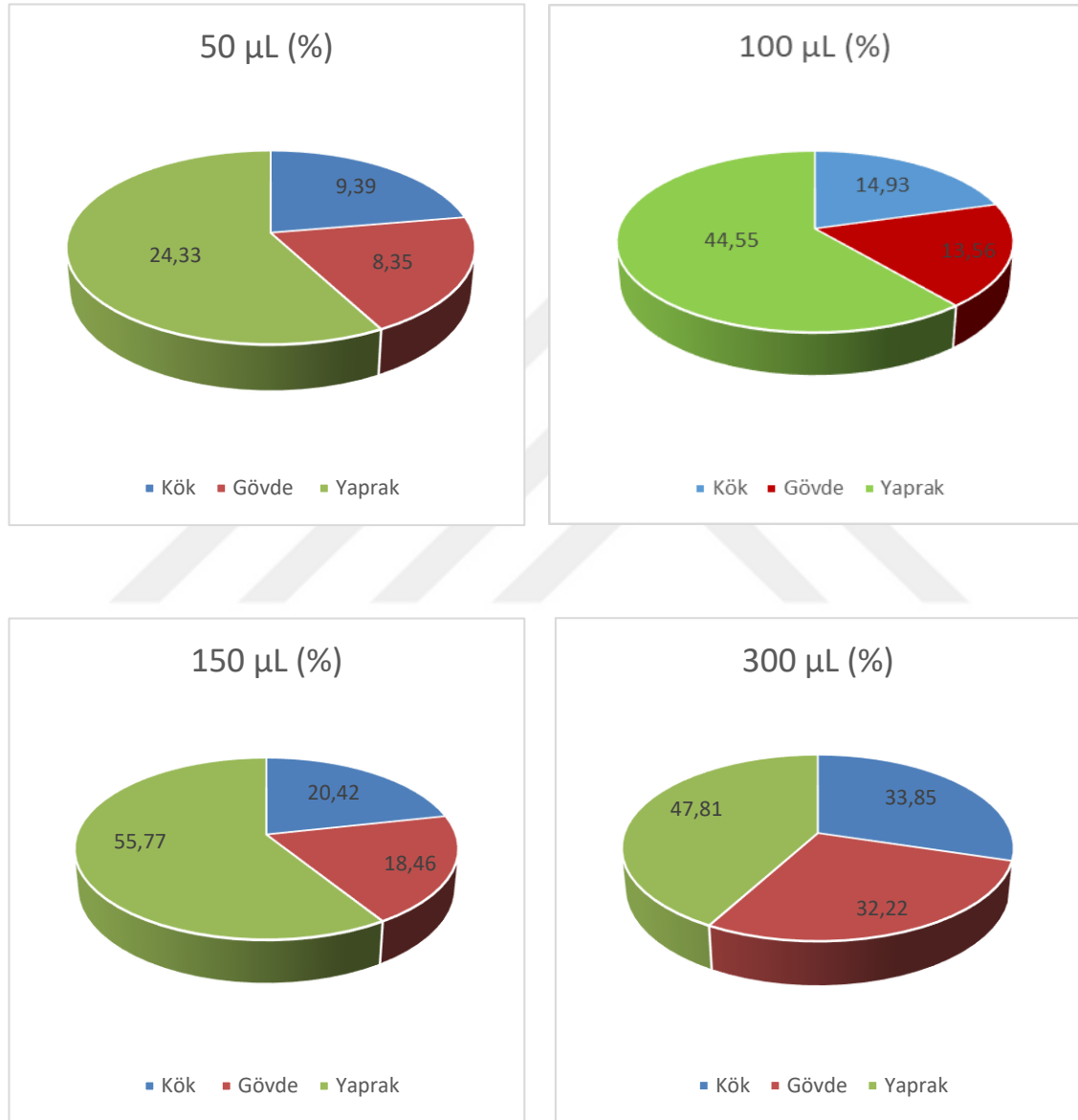


Şekil 3.1. Su Teresi (*N. officinale*) ekstraktlarının DPPH radikalini temizleme aktiviteleri 50 uL, 100 uL, 150 uL ve 300 uL (%) (Su ekstresi)

Tablo 3.2. Su Teresi (*N. officinale*) ekstraktlarının DPPH radikalini temizleme aktiviteleri (%) (Etanol ekstresi)

DPPH Etkisi	Kök	Gövde	Yaprak
50 µL	9,39±0,19 ^a	8,35±0,13 ^a	24,33±0,72***
100 µL	14,93±0,28 ^a	13,56±0,28 ^a	44,55±1,42***
150 µL	20,42±0,26 ^a	18,46±0,13 ^a	55,77±0,89***
300 µL	33,85±0,39 ^a	32,22±0,06 ^a	47,81±0,80***

Su Teresi'nin etanol ile hazırlanan ekstraktının DPPH radikalini temizleme aktiviteleri açısından değerlendirildiğinde 50 uL, 100 uL, 150 uL ve 300 uL değerleri yaprak kısmında kök ve gövde kısmına oranla yüksek oranda bulunmuştur ($p<001$). Buna karşılık Su Teresinin gövde kısmı ile kök kısmı arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$) (Tablo 3.2)(Şekil 3.2).

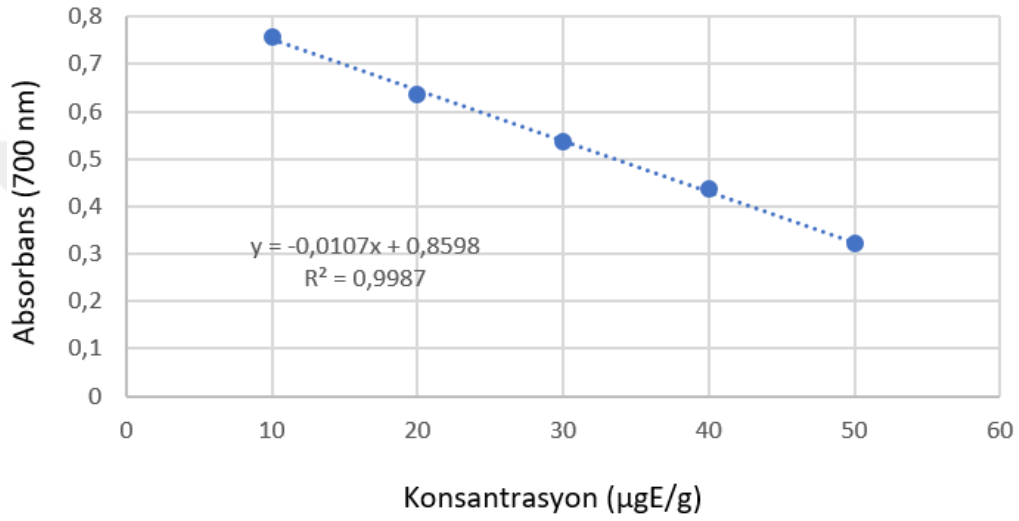


Şekil 3.2 Su Teresi (*N. officinale*) ekstraktlarının DPPH radikalini temizleme aktiviteleri 50 uL, 100 uL, 150 uL ve 300 uL (%) (Etanol ekstresi)

3.2. Fe^{3+} - Fe^{2+} İndirgeme Testi Sonuçları

Antioksidan kapasite belirlemede kullanılan yöntemlerden biri olan Fe^{3+} - Fe^{2+} indirgeme kapasitesinin belirlenmesi yöntemi çözeltinin başlangıçtaki sarı renginin ortamda bulunan

antioksidanların varlığında yeşil renge dönüşmesiyle 700 nm’ de bu renk değişiminin absorbansının ölçülmesi esasına dayanan bir yöntemdir. İndirme gücünün yüksekliği absorbans değerlerinde azalmaya neden olmaktadır. *Nasturtium officinale* ekstrelerinin ve standart antioksidanların artan konsantrasyonu ile orantılı bir şekilde Fe^{3+} indirgeme potansiyeli de artmıştır. Şekilde verilen kalibrasyon eğrisine göre sonuçlar hesaplanarak tablolarda açıklanmıştır. Antioksidan maddenin artması sonucu absorbansta azalma olduğu görülmüştür (Şekil 3.3)



Şekil 3.3. Askorbik asit standardı ile hazırlanmış Fe^{3+} - Fe^{2+} indirgeme kalibrasyon eğrisi

KS (Kök+Su ekstresi)	0,70±0,01*
GS (Gövde + Su ekstresi)	1,40±0,01*
YS (Yaprak + Su ekstresi)	1,75±0,00*
KE (Kök+ Etanol ekstresi)	0,46±0,01*
GE (Gövde + Etanol ekstresi)	2,11±0,00*
YE (Yaprak + Etanol ekstresi)	2,38±0,02

Tablo 3.3 Su Teresi (*N. officinale*) ekstresinin Fe^{3+} - Fe^{2+} İndirgeme kapasitesi

*= $p < 0,001$: Kök, gövde ve yaprak kısımları arasında belirgin düzeyde istatistiksel farklılık var

Araştırmada kullanılan su teresinin su ekstresi ile hazırlanan ekstraktlarında Fe^{3+} - Fe^{2+} İndirgeme kapasitesi açısından değerlendirildiğinde, antioksidan kapasitesinin yaprak kısmında

oldukça yüksek oranda bulunduğu tespit edilmiştir ($p<0,001$) (Tablo 3.3). Su teresinin su ekstresi ile hazırlanan ekstraktlarında Fe^{3+} - Fe^{2+} indirgeme kapasitesi açısından değerlendirildiğinde, antioksidan kapasitesinin kök kısmında oldukça düşük oranda bulunduğu tespit edilmiştir. Araştırmada kullanılan su teresinin etanol ekstresi ile hazırlanan ekstraktlarında Fe^{3+} - Fe^{2+} indirgeme kapasitesi açısından değerlendirildiğinde, antioksidan kapasitesinin yaprak kısmında oldukça yüksek oranda bulunduğu tespit edilmiştir ($p<0,001$) (Tablo 3.3). Su teresinin etanol ekstresi ile hazırlanan ekstraktlarında Fe^{3+} - Fe^{2+} indirgeme kapasitesi açısından değerlendirildiğinde, antioksidan kapasitesinin kök kısmında oldukça düşük oranda bulunduğu tespit edilmiştir.

3.3. Toplam Fenolik Bileşik ve Toplam Flavonoid Bileşik Miktarı Analiz Sonuçları

Toplam fenolik bileşik ve toplam flavonoid miktarı, fenolik bileşiklerin çoğunlukla antioksidan özellik gösterdiği dikkate alındığında antioksidan kapasite hakkında bir referans oluşturabilmektedir. Antioksidan aktivite haricinde Fenolik bileşiklerin ve flavonoidlerin pek çok hastalığın tedavisinde kullanılabileceğine dair yapılan çalışmalar ışığında, toplam fenolik ve toplam flavonoid miktarın belirlenmesi önemli hale gelmektedir. Bu amaçla *Nasturtium officinale*'nin toplam fenolik miktarı galik asit eşdeğeri cinsinden, toplam flavonoid miktarı ise kateşin eşdeğeri cinsinden hesaplanarak (Tablo 3.4- Tablo 3.5)'da verilmiştir.

Tablo 3.4. Su Teresi (*N. officinale*)'nin Toplam Fenolik Bileşik ve Toplam Flavonoid Bileşik Miktarı (Su Ekstresi)

Toplam Fenolik ve Toplam Flavonoid	Kök	Gövde	Yaprak
Toplam fenolik miktarı (eşdeğer galik asit $\mu\text{gE/g}$)	$0,02\pm0,01$	$1,91\pm0,34$	$32,15\pm1,74$
Toplam flavonoid miktarı (eşdeğer kateşin $\mu\text{gE/g}$)	$0,01\pm0,007$	$0,08\pm0,003$	$0,43\pm0,082$

Araştırmada kullanılan su teresinin su ekstresi ile hazırlanan ekstraktlarında toplam fenolik ve toplam flavonoid düzeyleri açısından değerlendirildiğinde, Toplam fenolik ($\mu\text{gGAE/g}$) değerleri yaprak kısmında gövde ve kök kısmına oranla oldukça yüksek oranda bulunmuştur ($p<0,001$). Araştırmada kullanılan Su Teresinin su ekstresi ile hazırlanan ekstraktlarında Toplam fenolik ve Toplam flavonoid düzeyleri açısından değerlendirildiğinde, toplam flavonoid ($\mu\text{gKE/g}$) değeri yaprak kısmında gövde ve kök kısmına oranla yüksek oranda bulunmuştur ($p<0,001$) (Tablo 3.4).

Tablo 3.5. Su Teresi (*N. officinale*)’nin Toplam Fenolik Bileşik ve Toplam Flavanoid Bileşik Miktarı (Etanol Ekstresi)($\mu\text{gE/g}$)

Toplam Fenolik ve Toplam Flavanoid	Kök	Gövde	Yaprak
Toplam fenolik miktarı (eşdeğer galik asit $\mu\text{gE/1 g}$)	0,01 $\pm$ 0,00	0,05 $\pm$ 0,01	13,30 $\pm$ 0,47
Toplam flavanoid miktarı (eşdeğer kateşin $\mu\text{gE/ g}$)	0,01 $\pm$ 0,00	0,17 $\pm$ 0,01	1,91 $\pm$ 0,51

Araştırmada kullanılan su teresinin etanol ile hazırlanan ekstraktlarında toplam fenolik ve toplam flavonoid düzeyleri açısından değerlendirildiğinde, toplam fenolik ($\mu\text{gGAE/g}$) değerleri yaprak kısmında gövde ve kök kısmına oranla oldukça yüksek oranda bulunmuştur ($p<0,001$). Araştırmada kullanılan su teresinin etanol ile hazırlanan ekstraktlarında toplam fenolik ve toplam flavonoid düzeyleri açısından değerlendirildiğinde, toplam flavonoid ($\mu\text{gKE/g}$) değeri yaprak kısmında gövde ve kök kısmına oranla yüksek oranda bulunmuştur ($p<0,001$) (Tablo 3.5).

3.4. Yağ Asidi Analiz Sonuçları

Su Teresinin yağ asidi içeriği sonuçları Tablo 3.6’da gösterilmiştir.

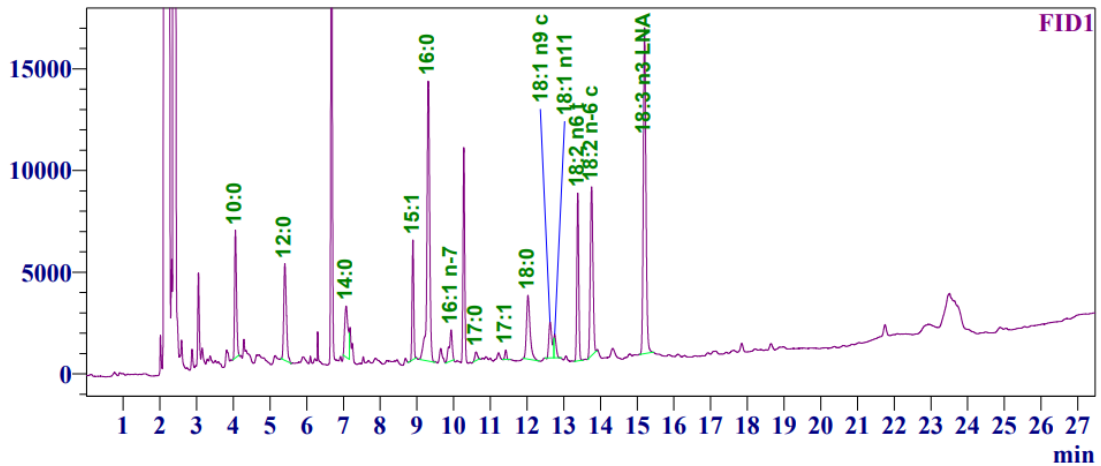
Tablo 3.6 Su Teresinin (*N. officinale*) Kök, Gövde ve Yaprak Kısımlarında Bulunan Yağ Asitleri (%)

	Kök	Gövde	Yaprak
C10:0	6,37	5,05	1,76
C12:0	6,68	5,24	1,86
C14:0	4,50	4,31	5,43
C15:01	5,18	7,22	3,00
C16:0	20,50	17,73	18,49
C16:1 n-7	2,49	0,78	1,04
C17:0	0,57	0,40	0,24
C17:01	0,43	0,58	0,14
C18:0	5,95	6,84	12,09
C18:1 n9 c	2,99	7,33	1,23
C18:1 n11	1,28	-	0,59
C18:2 n6 t	8,34	7,90	5,67
C18:2 n-6 c	11,96	16,19	5,94
C18: n3 LNA	22,71	17,37	42,45

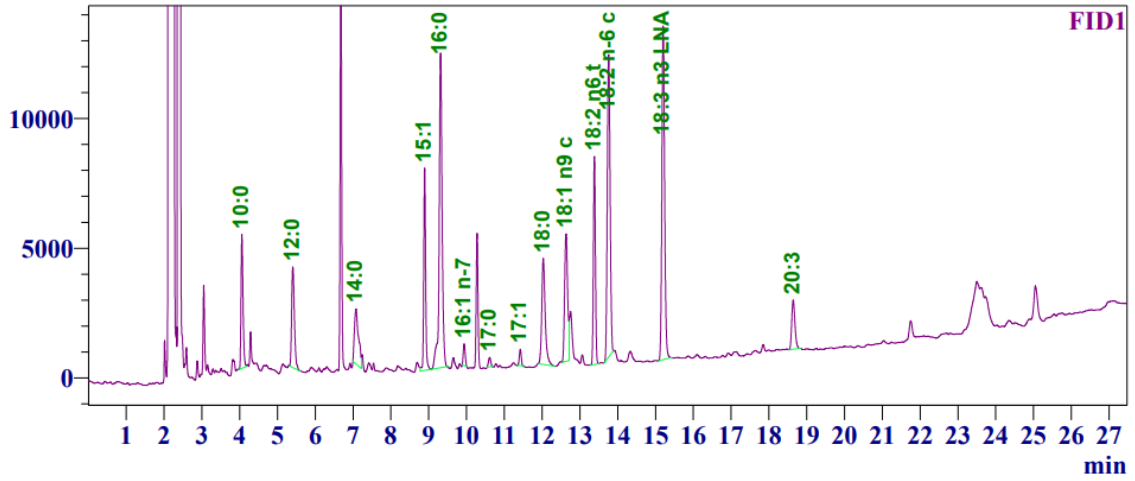
Nasturtium officinale bitkisinde kaprik (C10:0), laurik (C12:0) miristik (C14:0), pentadekenoik (C15:1), palmitik (C16:0), palmitoleik (C16:1, n-7), margarik (C17:0), heptadekonoik (C17:01), stearik (C18:0), oleik (C18:1, n-9c), vaksenik (C18:1 n11), linoleik (C18:2, n-6c) , linoeaidik (C18:2 n-6t) ve linolenik (C18:3, n-3 LNA) asitler gibi yağ asitlerinin

bulunduğu belirlendi. Bu yağ asitlerinin kök, gövde ve yaprak kısımları arasındaki değişimi incelendiğinde en yüksek yağ asidi değerleri kök kısmında %22.71 ile (C18:n3 LNA), Gövde kısmında %17,37 ile doymuş yağ asitlerinden palmitik asit (C16:0), yaprak kısmında çoklu doymamış yağ asitlerinden % 42.45 ile Linolenik asit (C18: n3 LNA) bulunmuştur.

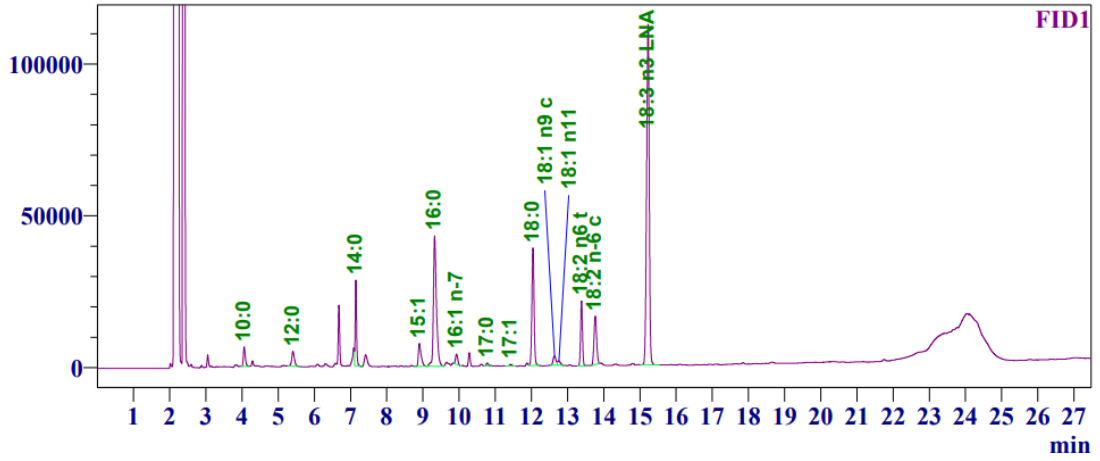
Su teresinin kök kısmında kromotogram grafiklerine bakılacak olursa linolenik (C18:3, n-3) asitin %22.71 olarak en yüksek değerde daha sonra % 20.50 ile palmitik (C16:0) asitin takip ettiği en az değere %0.43 ile heptadekonoik (C17:01) asitin olduğu belirlenmiştir. Su teresinin gövde kısmında kromotogram grafiklerine bakılacak olursa palmitik (C16:0) asitin %17.73 olarak en yüksek değerde daha sonra % 17.37 linolenik (C18:3, n-3) asitin takip ettiği en az değere %0.40 ile margarik (C17:0) asitin olduğu belirlenmiştir. Su teresinin yaprak kısmında kromotogram grafiklerine bakılacak olursa linolenik (C18:3, n-3) asitin %42.45 olarak en yüksek değerde daha sonra % 18.49 palmitik (C16:0) asitin takip ettiği en az değere % 0.14 ile heptadekonoik (C17:01) asitin olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.4 –Şekil 3.6).



Şekil 3.4 Su teresi (*Nasturtium officinale*) bitkisinin kök kısmına ait yağ asidi kromotogramı



Şekil 3.5 Su teresi (*N. officinale*) bitkisinin gövde kısmına ait yağ asidi kromotogramı



Şekil 3.6 Su teresi (*N. officinale*) bitkisinin yaprak kısmına ait yağ asidi kromotogramı

3.5. 3.5. Lipitte Çözünen Vitamin ve Fitosterol İçerikleri (µg /g-1)

Su Teresinin lipitte çözünen vitamin içerikleri ile sterol içerikleri Tablo 3.7’de gösterilmiştir.

Tablo 3.7. Su Teresinin (*N. officinale*) Kök, Gövde ve Yaprak Kısımlarında Bulunan vitamin ve sterol İçerikleri ($\mu\text{g} / \text{g}^{-1}$)

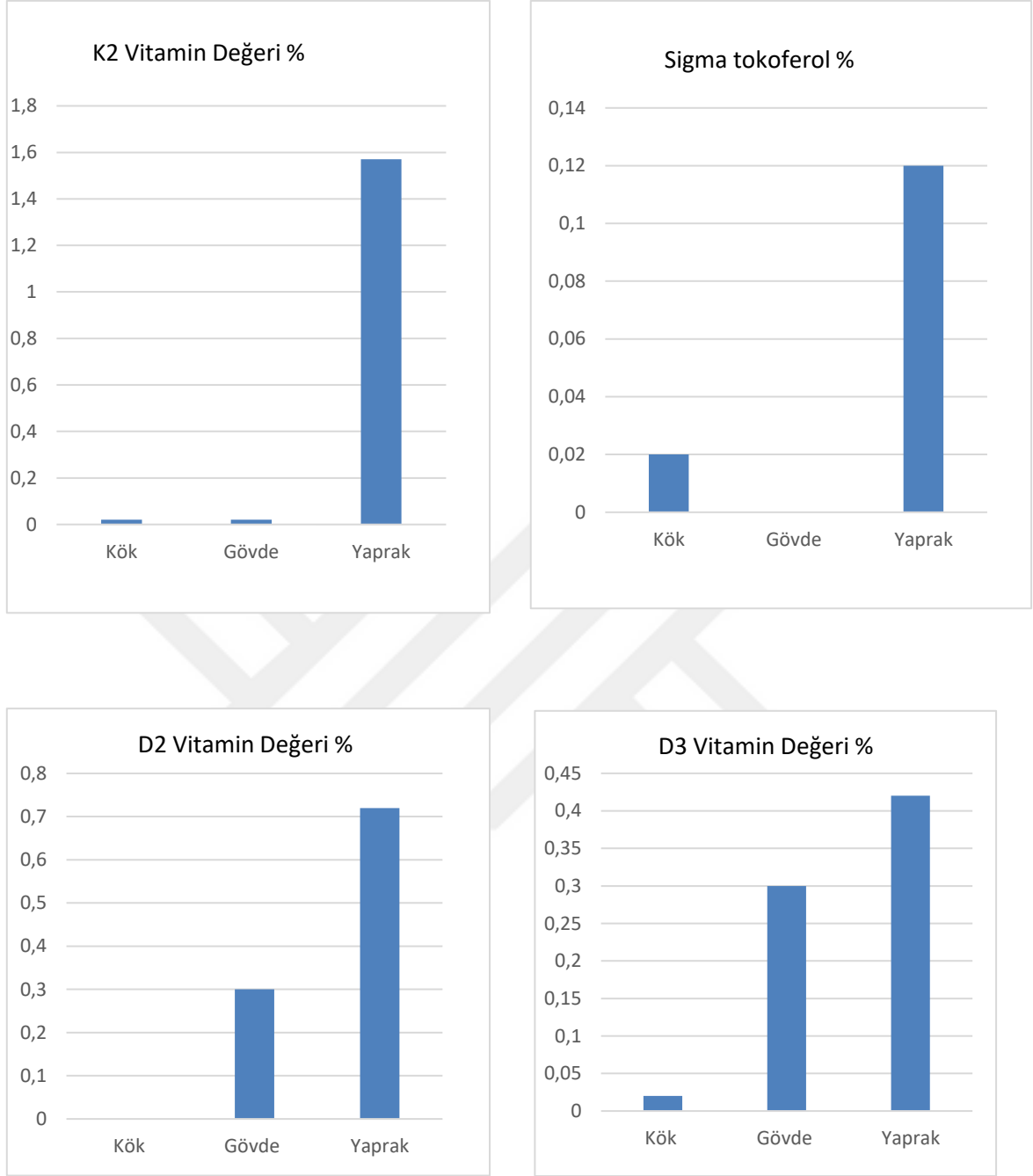
Vitamin ve Sterol	Kök	Gövde	Yaprak
K2	0.02	0.02	1.57
δ -tokoferol	0.02	-	0.12
D2	-	0.3	0.72
D3	0.02	0.3	0.42
α -tokoferol	0.07	-	0.3
Ergosterol	82.57	116.32	416.5
K1	0.17	0.85	0.77
Sterol	3.35	4.3	3.92
β -sitosterol	12.25	23.4	11.25
Retinol	0.02	-	0.02
Retinol asetat	0.2	-	0.95

Genel itibariyle düşük vitamin içeriğine sahip olduğu görülmektedir. Su teresinin kök, gövde ve yaprak kısımlarında ergosterol içeriği bakımından oldukça zengin olduğu ve yaprak kısmında ($416.5 \mu\text{g} / \text{g}^{-1}$) olarak en yüksek değerde olduğu belirlenmiştir.

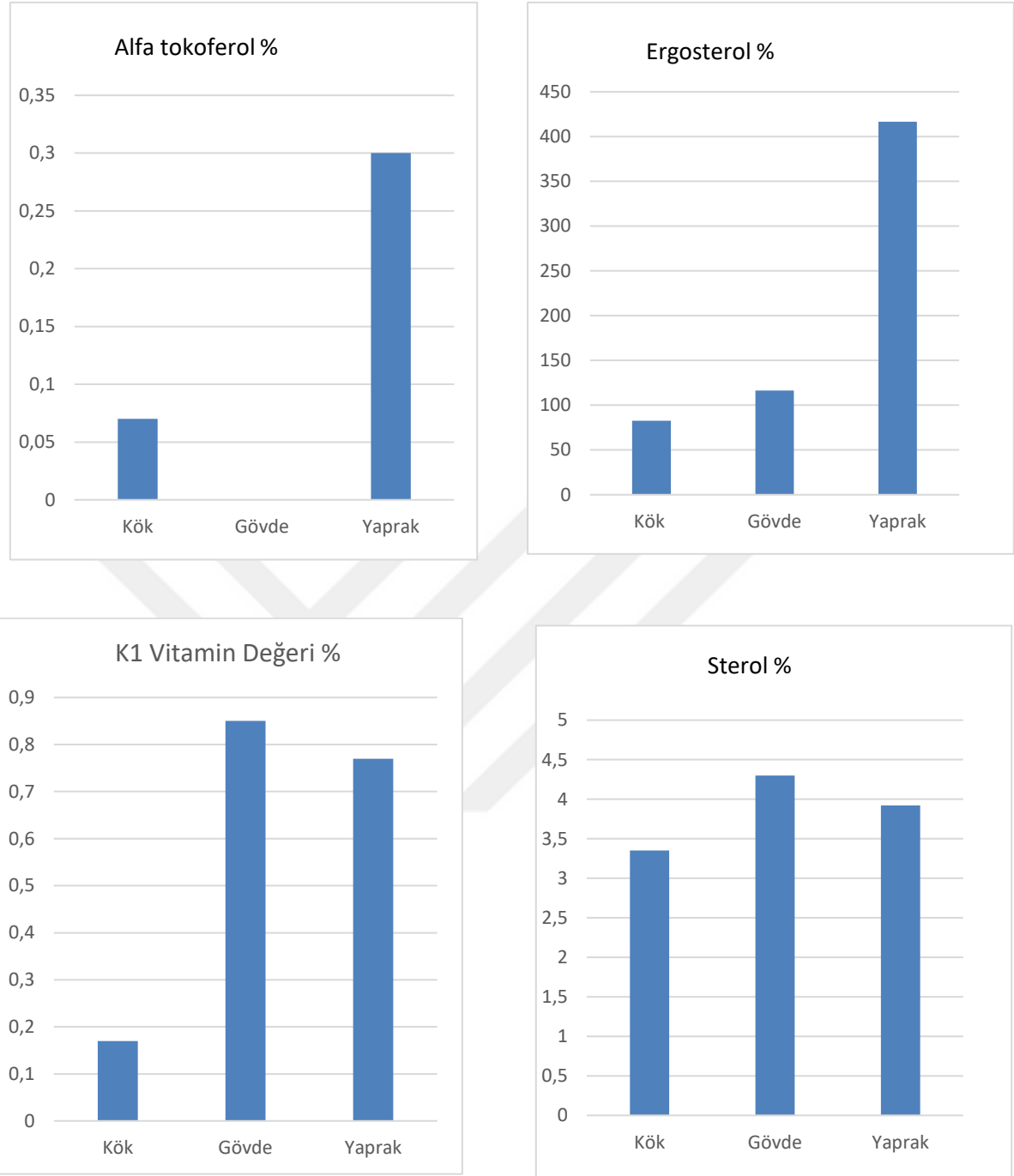
Çalışmada kullanılan su teresi A,D,E,K vitaminler ve steroller açısından değerlendirildiğinde, K2 vitamin değerinin yaprak kısmında kök ve gövdeye göre oldukça yüksek oranda olduğu görülmüştür. Sigma tokoferol değerinin yine yaprakta kök ve gövdeye göre yüksek oranda olduğu görülmüştür. D2 ve D3 değerlerinin de yaprak kısmında yüksek oranda olduğu saptanmıştır (Şekil 3.7).

Alfa tokoferol ve ergosterol'un yaprak kısmında diğer kısımlara göre daha yüksek oranda olduğu görülmüştür. K1 vitamin değeri ile sterol'un kök ve yaprak kısımlarına göre gövde kısmında en yüksek değerde olduğu bulunmuştur (Şekil 3.8)

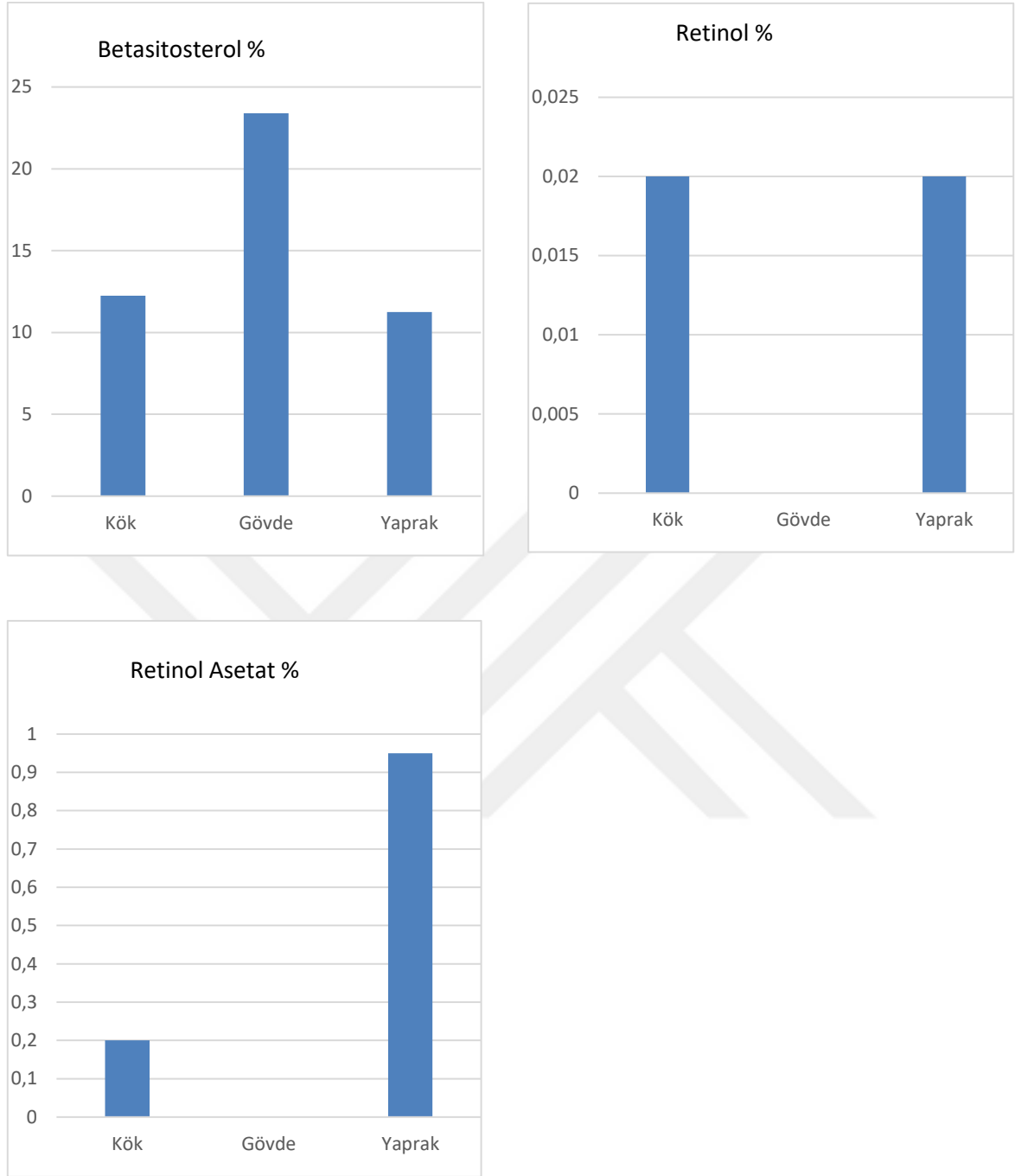
Betasitosterolün gövde kısmındaki değerinin kök ve yaprağa göre daha yüksek olduğu, retinolün kök ve yaprakta eşit değerde olduğu, retinol asetatın yaprakta kök ve gövdeye oranla yüksek değerde olduğu bulunmuştur (Şekil 3.9)



Şekil 3.7 Su Teresi (*N. officinale*) kök, gövde ve yaprak kısımlarında bulunan K2, Sigma tokoferol, D2 ve D3 değerleri



Şekil 3.8 Su Teresi (*N. officinale*) kök, gövde ve yaprak kısımlarında bulunan Alfa tokoferol, ergosterol, K1, sterol değerleri



Şekil 3.9. Su Teresi (*N. officinale*) kök, gövde ve yaprak kısımlarında bulunan Betasitosterol, retinol, retinol asetat değerleri

4. TARTIşMA VE SONUÇ

Bu araştırmada Elazığ yöresinden toplanan Brassicaceae familyasına ait yarı sucul bir bitki olan su teresi (*Nasturtium officinale* R. Br.)' nin farklı kısımlarının (kök, gövde ve yaprak) su ve etanol gibi çözücüler kullanılarak antioksidan kapasitesi, toplam fenolik bileşik ve flavonoid bileşik madde miktarı, yağ asidi, vitamin ve sterol içeriğı belirlenmiştir.

Su Teresi (*Nasturtium officinale*) bitkisinin kök, gövde ve yaprak kısımlarından su ile ekstrakte edilen ekstrelerden 50 uL, 100 uL, 150 uL ve 300 uL alınarak serbest radikal özellik taşıyan DPPH radikaline karşı etkinliğine ve radikal temizleme gücüne bakıldığında 50 uL alınan ekstre en fazla yaprak kısmında (%25,17), 100 uL alınan ekstre en fazla yaprak kısmında (%30,53), 150 uL alınan ekstre en fazla yaprak kısmında (%33,59), 300 uL alınan ekstre ise en fazla kök kısmında (%9,39) DPPH radikaline karşı etki gösterdiği gözlenmiştir. Aynı şekilde etanol ile ekstrakte edilen ekstreler incelendiğinde 50 uL alınan ekstre en fazla bitkinin yaprak kısmında (%24,33), 100 uL alınan ekstre en fazla yaprak kısmında (%44,55), 150 uL alınan ekstre en fazla yaprak kısmında (%55,77), 300 uL alınan ekstre yine yaprak kısmında (%47,81) DPPH radikaline karşı etki göstermiştir. DPPH radikalini temizleme yüzdelere bakıldığında *Nasturtium officinale* bitkisinin yaprak kısmındaki toplam fenolik bileşik ve toplam flavonoid miktarı ile DPPH radikali temizleme etkinliği arasında pozitif bir korelasyon olduğu gözlenmektedir. Bitkinin kök, gövde ve yaprak kısımlarından alınan örneklerin su ve etanol ile elde edilen ekstraktlarının içeriğindeki antioksidan madde konsantrasyonunun fazla olması serbest radikallere karşı etkinliği artırmaktadır. Ercan [80], *Nasturtium officinale* türünde yaptığı çalışmada su ve metanol ekstresinin antioksidan kapasite sonuçlarına göre toplam fenolik ve toplam flavonoid miktarı ile orantılı bir şekilde alkol ekstresinin antioksidan kapasitesinin daha fazla olduğunu bildirmiştir.

Nasturtium officinale bitkisinde gerçekleştirilen bir diğer antioksidan kapasite belirleme yöntemi de 700 nm' de çözeltideki renk değişimi absorbansının ölçüldüğü Fe³⁺-Fe²⁺ indirgeme kapasitesi testidir. Gerek etanol çözeltisi ile hazırlanan ekstrenin absorbansı gerekse su çözeltisi ile hazırlanan ekstrenin absorbansı *Nasturtium officinale* türünün yaprak kısmında bitkinin kök ve gövdesine göre yüksek değerde çıkmıştır. Etanol çözeltisi ile hazırlanan ekstrelerin absorbansı su çözeltisi ile hazırlanan ekstrelerin absorbansından daha yüksek değerde bulunmuştur. *Nasturtium officinale* bitkisinden elde edilen ekstrelerin içerdikleri antioksidan madde miktarı ile orantılı olarak Fe³⁺ indirgeme potansiyeli de artmıştır. Ercan [80], *Nasturtium officinale* ile yaptığı çalışmada aynı konsantrasyondaki bitki ekstrelerinin Fe³⁺ indirgeme kapasitesini incelemiş ve metanol ekstresinin su ekstresinden daha fazla indirgeme kapasitesine sahip olduğunu belirtmiştir.

Araştırmadaki biyokimyasal bulgular değerlendirildiğinde su ve etanol ekstrelerinden elde edilen toplam fenolik bileşik gallik asit eş değeri (ugGAE/g) ve toplam flavonoid kateşin eş

değeri (ugKE/g) miktarı *Nasturtium officinale* bitkisinin kök, gövde ve yaprak kısımları içerisinde en fazla yaprak kısmında bulunduğu gözlenmiştir. Toplam flavonoid içeriklerinin hem su ekstresi hem de etanol ekstresi ile elde edilen ekstraktlarının düşük seviyelerde olduğu gözlenmiştir. Bitkinin yaprak kısmından su ekstresi ile elde edilen ekstraktların miktarı (32,15 ug/g), etanol ekstresi ile elde edilen ekstraktların miktarı (13,30 ug/g) toplam fenolik bileşik bakımından zengin bir içerik sergilemektedir. Fenolik bileşiklerin antioksidan özellikleri ve sağlık açısından olumlu etkileri göz önünde bulundurulduğunda *Nasturtium officinale* bitkisini araştırmadaki sonuçlar değerli kılmaktadır. Mazandarani [81], *Nasturtium officinale* bitkisi ile yaptığı bir çalışmada bitkinin su üstü kısımlarının yüksek miktarda fenolik ve flavonoid bileşik içerdiğini tespit etmiştir. Bu sonuçlar bizim çalışmamızda bitkinin kök ve gövdesine oranla yapraklarda daha fazla fenolik bileşik ve flavonoid bileşik bulunması ile paralellik göstermektedir.

Bu çalışmadaki *Nasturtium officinale* türünün doymuş yağ asidi oranı incelendiğinde bitkinin kök kısmında % 44,57, gövde kısmında % 39,57, yaprak kısmında % 39,87 oranında doymuş yağ asidi içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir. Doymuş yağ asidi bakımından kök, gövde ve yaprak kısmında en fazla oranda palmitik asit (Heksadekanoik asit C16:0) en az oranda ise margarik asit (Heptadekanoik asit C17:0) tespit edilmiştir. Ercan'ın [80] çalışmasında tespit edilen doymuş yağ asidi olan palmitik asit bu çalışmada da bulunmuştur.

Araştırmanın sonuçları da su teresinin hem yenilebilir kısımlarının (yaprak) hem de yenmeyen kısımlarının (kök) önemli besin değerine sahip olabileceğini ortaya koymaktadır. Su teresinin biyokimyasal özelliklerini belirlemek için çeşitli analizler yapılmış ve yağ asitleri, lipofilik vitaminler ve fitosterol içeriği açısından önemli sonuçlara ulaşılmıştır.

Bu kapsamda su teresi bitkisinin özellikle doymamış yağ asitleri açısından önemli değerde bir içeriğe sahip olduğu belirlenmiştir. Bu yağ asitlerinin kök, gövde ve yaprak kısımları arasındaki değişimi incelendiğinde en yüksek yağ asidi değerleri kök kısmında %22,71 ile doymamış yağ asitlerinden linolenik (C18:n3 LNA), gövde kısmında %17,73 ile doymuş yağ asitlerinden palmitik asit (C16:0), yaprak kısmında çoklu doymamış yağ asitlerinden % 42,45 ile linolenik asit (C18:n3 LNA) bulunmuştur. Bu sonuçlar önceki çalışmalarla yakın bir uyum içindedir [82]. Yapılan araştırmalarda su teresi bitkisinin, insan vücudu için önemli fonksiyonları olan esansiyel yağ asidi alfa-linolenik asit (omega-3) açısından zengin olup, günlük beslenmede önemli bir besin maddesi olabileceğini ortaya koymaktadır. Oleik, linoleik ve linolenik asitlerin insan sağlığı üzerinde çeşitli faydalı etkileri vardır ve bunların bir kısmı aynı zamanda Avrupa ve ABD'deki ilgili kurumlar tarafından da onaylanmıştır. Bitki bu biyokimyasal içerikleriyle değerli bir besin olarak karşımıza çıkmaktadır. Su teresindeki özellikle linoleik ve linolenik yağ asitlerinin yüksek bir değerde olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. Doymuş yağ asitleri içinde en genel olanları ise 16 karbonlu (C16) palmitik asit ve 18 karbonlu (C18) stearik asit ve yine 18 karbonlu olan ve doymamış yağ asitlerinin bir üyesi olan oleik asittir. Özellikle yüksek organizasyonlu

bitkilerde ve düşük sıcaklıklarda yaşayan hayvanlarda, doymamış yağ asitlerinin miktarı doymuş yağ asitlerine oranla daha fazladır [83]. Bizim çalışmamızda da su teresinin kök, gövde ve yaprak kısımlarında stearik, palmitik ve oleik asitin önemli oranda bulunması bitkiyi değerli kılmaktadır. Doymamış yağ asitleri açısından incelendiğinde ise tekli doymamış yağ asitleri bakımından bitkinin kök kısmında % 12,37, gövde kısmında % 15,91, yaprak kısmında % 6 oranında tekli doymamış yağ asidi içeriği tespit edilmiştir. Bitkide tekli doymamış yağ asidi olarak kök kısmında en fazla oranda pentadekenoik asit (C15:1), gövde kısmında oleik asit (C18:1 n9c), yaprak kısmında da pentadekenoik asit (C15:1) tespit edilirken tekli doymamış yağ asidi bakımından en az oranda kök kısmında heptadekenoik asit (C17:1) , gövde kısmında vaksenik asit (C18:n11), yaprak kısmında ise heptadekenoik asit (C17:1) olduğu gözlenmiştir. Çoklu doymamış yağ asitleri bakımından *Nasturtium officinale* bitkisinin kök kısmında % 43,01, gövde kısmında % 41,46, yaprak kısmında % 54,06 oranında çoklu doymamış yağ asidi tespit edilmiştir. *Nasturtium officinale* 'in çoklu doymamış yağ asidi bakımından en fazla oranda kök, gövde ve yaprak kısmında linolenik asit (C18:3 n3 LNA) en az oranda linoleladik asit (C18:2 n-6t) bulunmuştur. Çoklu doymamış yağ asitlerinin bağışıklık sistemi, çizgili kaslar, kardiyovasküler sistem, karaciğer ve merkezi sinir sistemi üzerinde olumlu etkileri bulunmaktadır [84]. Sağlık üzerinde olumlu etkileri bulunan omega 3 ve omega 6 yağ asitleri bu grupta yer almaktadır [82, 20]. Ercan [80], *Nasturtium officinale* 'de yapmış olduğu çalışmada elaidik, alfa-linolenik ve linolenik asitler dahil doymamış yağ asitlerinin varlığını bildirmiştir. Doymuş yağ asitlerinden palmitik ve araşidik asitleri tanımlamıştır. Bitkinin toplam doymamış yağ asidi oranını % 58,75, toplam doymuş yağ asidi oranını ise %41,25 olarak belirlemiştir. Bu mevcut çalışmada ise doymamış yağ asitlerinden palmitoleik, heptadesenoik, oleik, linoleik, linoleladik, linolenik asitler rapor edilmiştir.

İnsan vücudunda karbonhidrat ve amino asitler Asetil CoA ile başlayan bir dizi biyosentez reaksiyonu sonucu karaciğer, böbrek ve beyin gibi organlarda palmitik asit oluşturmaktadır. Doymuş yağ asiti olan palmitik asit (C16 : 0) insan metabolizmasında yer alan delta 9 desaturaz enzimi ile tekli doymamış yağ asidi olan palmitoleik asite dönüştürülmekte , palmitoleik asitten de yine tekli doymamış yağ asiti olan oleik asit (C18:1 n9) oluşmaktadır [85-88].

Linoleik asit ve linolenik asit gibi esansiyel yağ asitleri yalnızca bitkiler tarafından sentezlenir. Bitki enzimi $\Delta 12$ desatüraz, oleik asitten (18:1 n-9) linoleik asit sentezler ve $\Delta 15$ desatüraz, linoleik asitten, linolenik asit sentezler. Bu enzimler insan ve hayvan organizmalarında bulunmadığı için bu yağ asitlerini sentezleyemezler [89]. İnsanlar için esansiyel olan ve insan vücudunun üretemediği linoleik asit ve linolenik asit bitkisel diyetle dışardan hazır olarak alınması gereken çoklu doymamış yağ asitleridir [85, 87, 88, 90, 91]. Sağlıklı bir beslenme için bu yağ asitlerinin diyet yoluyla bitkisel besinlerden elde edilmesi

gerekir. Su teresinin de bu yağ asitleri açısından zengin olduğu görülmüştür. *Nasturtium officinale*' in kök, gövde ve yaprak kısımları alternatif bir linolenik asit kaynağı oluşturmaktadır. Çalışmamızda özellikle yaprak kısmında linolenik asitin %42,45 ile bulunması bu çalışmayı değerli kılan bir diğer özelliktir.

Bitkideki önemli gruplardan biri de vitaminlerdir. Araştırmada Su Teresi (*Nasturtium officinale*) bitki özlerinin analizleri ile aynı zamanda lipofilik vitaminler de tespit edilmiştir. Vitamin analizi sonuçlarına bakıldığında Su Teresinde; K1, K2, D2, D3, δ-Tokoferol, αTokoferol, Ergosterol, sterol, β-sitosterol, retinol, retinol asetat vitaminlerinin bulunduğu belirlenmiştir. Tokoferoller, çeşitli reaktif oksijen türlerinin (ROS) ve serbest radikallerin temizlenmesi ve ortadan kaldırılması ve PUFA'nın lipit peroksidasyonundan korunması dahil olmak üzere kritik işlevleri nedeniyle insan diyetinin temel bileşenleridir. α-tokoferol, yağ asidi metabolizması ve hücre zarı koruması için gereklidir. Antioksidan potansiyeli çok yüksek bir molekül olduğu için serbest radikal zincir reaksiyonlarını kırma ve çoklu doymamış yağ asitlerini ve hücre zarlarını koruma eğilimindedir [84, 92]. Bu çalışmada tokoferollerin özellikle yaprak kısmında yüksek olması bitkinin yenilebilirliğini de göstermektedir.

D Vitamini içeriği bakımından; Kemiklerdeki mineralizasyonda ve insan metabolizmasında çok önemli işlevleri bulunan kalsiyum mineralinin vücuttaki dengesini sağlayan D Vitamininin, D2-Vit (Ergokalsiferol) ve D3-Vit (Kolekalsiferol) olmak üzere iki temel formu mevcuttur. Doğal olarak sınırlı sayıda gıdada bulunan D Vitamininin D3 formu karaciğer, bazı balık türleri, yumurta gibi hayvansal besinlerde bulunurken D2 formu, bitkilerde bulunan provitamin D2' nin (Ergosterol) kısa dalga boylu ultraviyole ışınlarla maruz kalması sonucu elde edilir [55,56]. D Vitamini yetersizliğinde kalsiyum mineralinin bağırsaklardan emilimi azalacağı için çocuklarda raşitizm, yetişkinlerde ise osteomalazi ve kemik erimesi gözlenir. Yetişkinlerin günlük diyetle 15 mikrogram yaşlılar ise 20 mikrogram D Vitamini alması gerekmektedir [53]. *Nasturtium officinale* bitkisinin kök, gövde ve yaprak kısımlarındaki kolekalsiferol, ergokalsiferol ve ergosterol miktarı irdelendiğinde bitkinin özellikle yaprak kısmında yüksek miktarda (416,5 mikrogram/gram) ergosterol içeriği tespit edilmiştir. D2-Vit ve D3-Vit bakımından da alternatif bir gıda kaynağı olarak değerlendirilebilir.

K Vitamini içeriği bakımından; İnsan vücudunda önemli fonksiyonlara sahip olan K vitamininin bitkilerdeki doğal formu fillokinon (K1-Vit) ve bakteriler tarafından sentezlenen formu ise menakinon (K2-Vit)' dur. Bu vitamin karaciğerde üretilen ve kan pıhtılaşmasından sorumlu protrombin proteini üretimi için gerekli bir organik bileşiktir [53, 60, 93]. Koyu yeşil yapraklı sebzelerle tek bir porsiyonda alınan K vitamini günlük ihtiyacı karşılamaktadır. Bazı bitkilerdeki K vitamini miktarı dikkate alındığında (lahana 7 mikrogram/gram, ıspanak 3,8 mikrogram/gram, soya yağı 1,5 mikrogram/gram, sıзма zeytinyağı 0,8 mikrogram/gram) *Nasturtium officinale* bitkisinin özellikle yaprak kısımları menakinon (1,575 mikrogram/gram)

ve fillokinon (0,775 mikrogram/gram) iyi bir vitamin kaynağı olarak nitelendirilebilmektedir.

E Vitamini içeriği bakımından; Yağda çözünen bir diğer vitamin E vitaminidir. Çalışmada *Nasturtium officinale* bitkisinin çeşitli kısımlarındaki alfa tokoferol ve sigma tokoferol içerikleri incelenmiştir. Yetişkin bir insanın günde 15 miligram E vitamini gereksinimi dikkate alındığında *Nasturtium officinale*' in E vitamini içeriğinin yeterli düzeyde olmadığı gözlenmiştir.

A Vitamini içeriği bakımından; En yüksek oranda karaciğer ve sakatatlarda bulunan retinol ve retinol türevleri hayvansal kaynaklı besinlerde bulunur. Bitkilerde ise daha çok provitamin A karotenoidleri mevcuttur. A vitaminince zengin bitkisel kaynaklar değerlendirildiğinde havuç (24,6 mikrogram/gram, lahana (7,4 mikrogram/gram), brokoli (1,4 mikrogram/gram) *Nasturtium officinale* bitkisi A vitamini açısından yetersiz kalmaktadır.

Nasturtium officinale' de antioksidan, yağ asitleri ve vitaminlerin yanı sıra diğer önemli grup sterollerdir. Sağlık açısından olumlu etkileri bulunan fitosterollerin bitkilerde 200'den fazla çeşidi bulunmaktadır. Sitosterol, kampesterol ve stigmasterol fazla ve yaygın bulunmaları nedeni ile önemli fitosterollerdir. Doğal olarak; bitkisel yağlar, yağlı tohumlar, bitki tohumları, tahıllar ve tanenlerde bulunmaktadır. Bitkilerde en çok bulunan steroller; en başta betasitosterol (% 80 olmak üzere), stigmasterol ve ergosterol (maya sterolü)'dür [94]. İnsan dolaşım sisteminde düşük yoğunluklu lipoprotein (LDL) miktarını azaltıcı ve yüksek yoğunluklu lipoprotein (HDL) miktarını artırıcı etki göstermektedir. Fitosterollerin düşük yoğunluklu lipoprotein ve toplam kolesterol miktarını azaltarak damar tıkanıklığı riskini azaltmaları fitosterollerini sağlık açısından önemli kılmaktadır. Ayrıca lipogenez (karbonhidratlardan yağ oluşması)' i azaltmaları ve lipoliz (yağ yıkımı)'i artırmaları aşırı kiloların kontrolünde etkili olmaktadır. İleri yaşlarda erkeklerdeki prostat kanserinin önlenmesinde de fitosterollerin etkili oldukları yapılan çalışmalarla ortaya konulmuştur [95]. Çalışmamızda kök, gövde ve yaprak kısımlarında fitosterol içeriklerinin yapılan analizler sonucunda Su Teresi (*Nasturtium officinale*)' de; ergosterol, sterol ve β -sitosterolden oluştuğu gözlemlenirken, fitosteroller içerisinde ergosterolün en fazla bulunan fitosterol olduğu gözlemlendi. Bu fitosterollerden ergosterolün yaprak kısmında diğer kısımlara oranla en yüksek düzeyde olduğu saptanmıştır.

Sonuç olarak; Yapılan analizlerde Türkiye'nin doğu bölgesinde yetişen su teresi bitkisinin antioksidan kapasitesi, toplam fenolik bileşik ve flavonoid bileşik madde miktarı, yağ asitleri, lipofilik vitaminler ve fitosterol içeriği açısından önemli besin değerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Sağlık bilincine sahip tüketicilerin ve araştırmacıların da ilgisini çeken bu bitki türünün yağ asidi ve lipofilik moleküllerin zengin içerikleri ile besin maddesi olarak kullanılmasının fitoteröpatik etki gösterebileceğini öngörmekteyiz.

KAYNAKLAR

- [1] The State of Food Security and Nutrition in the World (fao.org)
- [2] Civelek, C., 2011. Bafra Ovası'nda Sebze Olarak Kullanılan Yabani Bitkilerin Toplanması, Bazı Besin İçeriklerinin Saptanması ve Islah Amaçlı Olarak Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, 90 s., Samsun.
- [3] Tetik, F., 2011. Malatya İlinin Etnobotanik Değeri Olan Bitkileri Üzerine Bir Araştırma. T. C.Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 128 s., Elazığ.
- [4] Karagöz, A., Zencirci, N., Tan, A., Taşkın, T., Köksel, H., Sürek, M., Toker, C., Özbek, K., 2010. Bitki Genetik Kaynaklarının Korunması ve Kullanımı. Türkiye Ziraat Mühendisliği 7. Teknik kongresi, 11–15 Ocak 2010, Ankara.
- [5] Güner A, Aslan S, Ekim T, Vural M, Babaç MT (edlr.) 2012. Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler). Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmalar Derneği Yayını 1, İstanbul, 1290s.
- [6] Torlak H, Vural M, Aytaç Z. Türkiye'nin endemik bitkileri. Kültür ve Turizm Bakanlığı Yayınları, Ankara, 2010:223
- [7] Faydaoğlu E, Sürücüoğlu MS. Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Antimikrobiyal, Antioksidan Aktiviteleri ve Kullanım Olanakları. EÜFBED - Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 2013;6(2): 233-265.
- [8] Duke JA. CRC Handbook of Edible Weeds. CRC Press, inc., 2000 Corporate Blvd., N.W., Boca Raton, 1992; FC 33431, 256p.
- [9] Paul A. Bhattacharyya D. Analysis and study on the antioxidant of citrus fruits. The Pharma Innovation Journal, 2019;8(5):397-398.
- [10] Olszowy M. What is responsible for antioxidant properties of polyphenolic compounds from plants? Plant Physiology and Biochemistry, 2019;144:135-143.
- [11] Yiğit N, Benli M. Ülkemizde yaygın kullanımı olan kekik (*Thymus vulgaris*) bitkisinin antimikrobiyal aktivitesi. Orlab On-Line Mikrobiyoloji Dergisi, 2005; 3(8), 1-8.
- [12] Dıgırak M, İlçim A, Alma MH, Şen S. Antimicrobial Activities of The Extracts of Various Plants. Tr. J. of Biology.1999; 23: 241-248.
- [13] Berber İ, Avşar C, Çine N, Bozkurt N. Elmas, E. Sinop'da yetişen bazı bitkilerin metanolik ekstraktlarının antibakteriyel ve antifungal aktivitelerinin belirlenmesi. Karaelmas Science and Engineering Journal, 2013; 3 (1): 10-16.
- [14] Leonti, M., Nebel S., Rivera D., Heinrich M., 2006. Wild Gathered Food Plants in the European Mediterranean: a Comparative Analysis. Economic Botany. 60(2), 2006, pp. 130–142.
- [15] Victor, V. M., vd., (2004). Immune cells: free radicals and antioxidants in sepsis. *International Immunopharmacology*, 4(3), 327-347.
- [16] Shahidi, F. ve Zhong, Y. (2015). Measurement of antioxidant activity. *Journal of functional foods*, 18, 757-781.
- [17] Barreiro, S. L., Díaz, C. B., (2017). Free radicals and polyphenols: The redox chemistry of neurodegenerative diseases. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 133, 379-402.
- [18] Halliwell, B. (2007a). Dietary polyphenols: good, bad, or indifferent for your health? *Cardiovasc Res.*, 73(2), 341-347.
- [19] Pisoschi, A. M. ve Negulescu, G. P. (2011). Methods for Total Antioxidant Activity Determination: A Review. *Biochem & Anal Biochem*, 1(1), 106.
- [20] Prior, R. L., vd., (2005). Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(10), 4290-4302.
- [21] Dawidowicz, A. L., vd., (2012). On practical problems in estimation of antioxidant activity of compounds by DPPH method (problems in estimation of antioxidant activity). *Food Chemistry*, 131(3),

1037-1043.

- [22] Kedare, S. B. ve Singh, R. P. (2011). Genesis and development of DPPH method of antioxidant assay. *Journal of Food Science and Technology*, 48(4), 412–422.
- [23] Murador, D., vd., (2018). Alterations in phenolic compound levels and antioxidant activity in response to cooking technique effects: A meta-analytic investigation. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(2), 169-177.
- [24] Hsu, B., Coupar, I. M., & Ng, K. (2006). Antioxidant activity of hot water extract from the fruit of the Doum palm, *Hyphaene thebaica*. *Food chemistry*, 98(2), 317-328.
- [25] Gulcin, İ. 2020. Antioxidants and antioxidant methods: An updated overview. *Archives of toxicology*, 94:3, 651-715.
- [26] Araújo, F. F. de, vd., (2021). Polyphenols and their applications: An approach in food chemistry and innovation potential. *Food Chemistry*, 338, 127535.
- [27] Lourenço Neto, M., vd., (2018). TDDFT calculations and photoacoustic spectroscopy experiments used to identify phenolic acid functional biomolecules in Brazilian tropical fruits in natura. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 193, 249-257.
- [28] Murador, D., vd., (2018). Alterations in phenolic compound levels and antioxidant activity in response to cooking technique effects: A meta-analytic investigation. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(2), 169-177.
- [29] Naczek, M. ve Shahidi, F. (2004). Extraction and analysis of phenolics in food. *Journal of Chromatography A*, 1054(1-2), 95-111.
- [30] Pancorbo, A. C., vd., (2004). Sensitive determination of phenolic acids in extra- virgin olive oil by capillary zone electrophoresis. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 52(22), 6687-6693.
- [31] Ricciutelli, M., vd., (2017). Olive oil polyphenols: A quantitative method by high- performance liquid-chromatography-diode-array detection for their determination and the assessment of the related health claim. *Journal of Chromatography A*, 1481, 53–63.
- [32] Haminiuk, C. W., vd., (2012). Phenolic compounds in fruits—an overview. *International Journal of Food Science & Technology*, 47(10), 2023-2044.
- [33] Jimenez-Lopez, C., vd., (2021). Main bioactive phenolic compounds in marine algae and their mechanisms of action supporting potential health benefits. *Food Chemistry*, 341(2), 128262.
- [34] Kumar, N. ve Goel, N. (2019). Phenolic acids: Natural versatile molecules with promising therapeutic applications. *Biotechnology Reports*, 24.
- [35] Martins, N., vd., (2016). In vivo antioxidant activity of phenolic compounds: Facts and gaps. *Trends in Food Science and Technology*, 48, 1-12.
- [36] Shahidi, F. and Ambigaipalan, P. 2015. Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects—A review. *Journal of functional foods*, 18, 820-897.
- [37] Giada M. de L. R. (2013). *Food Phenolic Compounds: Main Classes, Sources and Their Antioxidant Power*. Intech Publisher, 88-112.
- [38] Sánchez-Moreno, C. (2002). Compuestos polifenólicos: estructura y clasificación: presencia en alimentos y consumo: biodisponibilidad y metabolismo. *Alimentaria*, 329, 19-28
- [39] Scalbert, A. ve Williamson, G. (2000). Dietary intake and bioavailability of polyphenols. *Journal of nutrition*, 130(8S), 2073S-2085S.
- [40] Williams, R. J., Spencer, J. P. and Rice-Evans, C. 2004. Flavonoids: antioxidants or signalling molecules? *Free radical biology and medicine*, 36:7, 838-849
- [41] Harborne, J., Baxter, H. and Moss, G. 1999. *Pythochemical Dictionary: A Handbook of Bioactive Compounds from Plants*.: Taylor and Fransic Ltd: London.
- [42] Macheix, J. 1990. Importance and role of phenolic compounds in fruit. *Fruit phenolics*, 239- 293.
- [43] Albuquerque B. R., vd., (2021) Phenolic compounds: current industrial applications, limitations and future challenges. *Food & Funct.*, 12, 14-29.

- [44] Durazzo, A., vd., (2019). Polyphenols: a concise overview on the chemistry, occurrence, and human health. *Phytother. Res.*, 33(9), 2221-2243.
- [45] Mark, R., vd., 2019, Sustainable production of natural phenolics for functional food applications. *J. Funct. Foods*, 57, 233-254.
- [46] Santos, M. A. Z., vd., (2017). Antarctic red macroalgae: a source of polyunsaturated fatty acids. *J Appl Phycol.*, 29, 759-767.
- [47] Waldenstedt, L. (2006). Nutritional factors of importance for optimal leg health in broilers: A review. *Animal Feed Science and Technology*, 126(3-4), 291-307.
- [48] Das U. N., 2006. Essential fatty acids: biochemistry, physiology and pathology. *Biotechnology Journal*, 1(4), 420-439. <https://doi.org/10.1002/biot.200600012>
- [49] Pretorius, B. ve Schönfeldt, H. C. (2021). Cholesterol, fatty acids profile and the indices of atherogenicity and thrombogenicity of raw lamb and mutton offal. *Food Chemistry*, 345, 128868.
- [50] Combs, G.F. (2012). *The Vitamins* (4th. ed.). London: Academic Press.
- [51] Nelson, D. L. ve Cox, M. M. (2013). *Lehninger principles of biochemistry* (6th ed.). New York: W.H. Freeman and Company.
- [52] Albahrani, A.A. ve Greaves, R.F. (2016). Fat-Soluble Vitamins: Clinical Indications and Current Challenges for Chromatographic Measurement. *The Clinical biochemist. Reviews*, 37(1), 27– 47.
- [53] Kohlmeier, M. (2015). Fat-Soluble Vitamins and Nonnutrients. *Nutrient Metabolism* içinde (ss. 479–565). Elsevier.
- [54] Marshall, C.W. (1983). *Vitamins and minerals help or harm?* (S. Barrett, Ed.). Philadelphia: George F. Stickley Company.
- [55] Borradaile, D. ve Kimlin, M. (2009). Vitamin D in health and disease: an insight into traditional functions and new roles for the ‘sunshine vitamin’. *Nutrition Research Reviews*, 22(02), 118–136.
- [56] Gámiz-Gracia, L., Jiménez-Carmona, M.M. ve Luque de Castro, M.D. (2000). Determination of vitamins D2 and D3 in pharmaceuticals by supercritical-fluid extraction and HPLC separation with UV detection. *Chromatographia*, 51(7-8), 428–432.
- [57] Mène-Saffrané, L. (2017). Vitamin E biosynthesis and its regulation in plants. *Antioxidants (Basel, Switzerland)*, 7(1).
- [58] Brigelius-Flohé, R. ve Traber, M.G. (1999). Vitamin E: function and metabolism. *FASEB journal : official publication of the Federation of American Societies for Experimental Biology*, 13(10), 1145–55.
- [59] Ravisankar, P., Reddy, A.A., Nagalakshmi, B., Koushik, O.S., Vijaya Kumar, B. ve Anvith, P. S. (2015). The comprehensive review on fat soluble vitamins. *IOSR Journal Of Pharmacy*, 5(11), 12–28.
- [60] Shearer, M. J. (1995). Vitamin K. *The Lancet*, 345(8944), 229–234.
- [61] Howard, A. H. W. ve Lyon A. G. (1952). *Nasturtium officinale* R. Br. (*Rorippa nasturtium-aquaticum* (L.) Hayek). *J Ecol.*, 40, 228-45.
- [62] Camponogara C, Silva CR, Brusco I, Piana M, Faccin H, de Carvalho LM ve ark. *Nasturtium officinale* R. Br. effectively reduces the skin inflammation induced by croton oil via glucocorticoid receptor-dependent and NF-κB pathways without causing toxicological effects in mice. *Journal of Ethnopharmacology* 2019;229:190-204.
- [63] Klimek-Szczykutowicz M, Szopa A, Ekiert, H. Chemical composition, traditional and professional use in medicine, application in environmental protection, position in food and cosmetics industries, and biotechnological studies of *Nasturtium officinale* (watercress)—a review. *Fitoterapia* 2018;129:283-292.
- [64] Haro G, Iksen I, Rumanti RM, Marbun N, Sari RP, Gultom RPJ. Evaluation of antioxidant activity and minerals value from watercress (*Nasturtium officinale* R. Br.). *Rasayan Journal of Chemistry* 2018;11:232-237.
- [65] Cartea, M. E., vd., (2010). Phenolic compounds in Brassica vegetables. *Molecules*, 16, 251-80.
- [66] Gonçalves, E. M., vd., (2009). Biochemical and colour changes of watercress (*Nasturtium officinale* R. Br.) during freezing and frozen storage. *J Food Eng.*, 93(1), 32-39.

- [67] Pourhassan-Moghaddam, M., vd., (2014). Watercress-based gold nanoparticles: biosynthesis, mechanism of formation and study of their biocompatibility in vitro. *Micro Nano Lett.*, 9(5), 345-50.
- [68] Meriem T, Soumia K and Fairouz S. Oral acute toxicity and antioxidant activity of the watercress ethanolic extract: *Nasturtium officinale* R. Br (Brassicaceae). Research & Reviews. Journal of Botanical Sciences 2017; 6(4): 14-18.
- [69] Özen, T. (2009). Investigation of Antioxidant Properties of *Nasturtium officinale* (Watercress) Leaf Extracts. *Acta Poloniae Pharmaceutica-Drug Research*. 66(2), 187-193.
- [70] Fenton-Navarro B, UrquizaMartínez MV, Fiscal Castro BB, Medrano Castillo OI, López-Rodríguez M, Padilla Arellanes S and Vázquez Hernández A. Antioxidant and hypoglycemic effects of watercress (*Nasturtium officinale*) extracts in diabetic rats. *Afr J Tradit Complement Altern Med* 2018; 15 (2): 68-79.
- [71] Zinadah OA. Effects of watercress oil on the thermal and chemical burn injuries in rabbits. *JKAU: Med Sci* 2008;15:3-17.
- [72] Kim Y and Bae KS. Protective effects of indole 3-acetonitrile-4- methoxy -2- S-β-d-glucopyranoside from *Nasturtium officinale*R. Br. against ultraviolet B-induced photodamage in normal human dermal fibroblasts. *Natural Product Communications*2019: 1–4
- [73] Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E. and Berset, C., (1994). Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, 28, 25-30.
- [74] Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventós, R. M. (1999). [14] Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. In *Methods in enzymology* (Vol. 299, pp. 152-178). Academic press.
- [75] Zhishen J. Mengcheng T., Jianming W. (1999). “The Determination of Flavonoid Contents in Mulberry and Their Scavenging Effects on Superoxide Radicals”, *Journal of Food Chemistry*, 64: 555–559.
- [76] Karpińska, J., Mikołuc, B., Motkowski, R., & Piotrowska-Jastrzębska, J. (2006). HPLC method for simultaneous determination of retinol, αtocopherol and coenzyme Q10 in human plasma. *Journal of pharmaceutical and biomedical analysis*, 42(2), 232-236.
- [77] Katsanidis E, Addis P.B., 1999. Novel HPLC analysis of tocopherols and cholesterol in tissue, *Free Radical Biology & Medicine*, 27:1137-1140.
- [78] Hara A, Radin N.S., 1978. Lipid extraction of tissues with a low-toxicity solvent. *Analytical Biochemistry*, 90: 420–426.
- [79] Bensmira M and Jiang B. 2015. Total phenolic compounds and antioxidant activity of a novel peanut based kefir *Food Science and Biotechnology*, 24(3): 1055-1060.
- [80] Ercan, L (2021). Su Teresi (*Nasturtium officinale*) Bitkisinin Antioksidan Kapasitesinin Belirlenmesi. Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi , 121 Sayfa , Diyarbakır
- [81] Mazandarani M, Momeji A, Zarghami MP. Evaluation of phytochemical and antioxidant activities from different parts of *Nasturtium officinale* R. Br. in Mazandaran. *Iranian Journal of Plant Physiology* 2013;3(2):659-664.
- [82] Ercan L, Doğru M 2022. *Nasturtium officinale*’nin Antimikrobiyal Aktivitesinin ve İçeriğindeki Uçucu Organik Bileşikler ve Yağ Asitlerinin Belirlenmesi. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 25 (Ek Sayı 1): 11-21.
- [83] Gözükar, E. M., 2001.Biyokimya cilt 2. Nobel Tıp Kitabevleri 4.Baskı,1258s.
- [84] Hata, M., Ishii, Y., Watanabe, E., Uoto, K., Kobayashi, S., Yoshida, K. I., ... & Ando, A. (2010). Inhibition of ergosterol synthesis by novel antifungal compounds targeting C-14 reductase. *Medical mycology*, 48(4), 613-621.
- [85] Jump DB. (2004). Fatty acid regulation of gene transcription. *Crit Rev Clin Lab Sci* 41: 41-78.
- [86] Ntambi JM, Miyazaki M. (2004). Regulation of stearoyl-CoA desaturases and role in metabolism. *Prog Lipid Res* 43(2): 91-104.
- [87] Pereira SL, Leonard AE, Mukerji P. (2003). Recent advances in the study of fatty acid desaturases from animals and lower eukaryotes. *Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids* 68(2): 97-106.
- [88] Poureslami R, Raes K, Turchini GM, Huyghebaert G, De Smet S. (2010). Effect of diet, sex and age on

fatty acid metabolism in broiler chickens: n-3 and n-6 PUFA. Br J Nutr 104(2): 189-197.

- [89] Leonard AE, Pereira SL, Sprecher H, Huang YS. (2004). Elongation of long-chain fatty acids. Prog Lipid Res. 43(1): 36-54.
- [90] NRC. (1994). National Research Council. Nutrient Requirements of Poultry, 9th Rev. Ed. NRC, National Academy Press, Washington, D.C.
- [91] Sprecher H, Luthria DL, Mohammed BS, Baykousheva SP. (1995) Reevaluation of the pathways for the biosynthesis of polyunsaturated fatty acids. J Lipid Res 36(12): 2471-2477.
- [92] Tufarelli, V. (2014). Enhancing egg quality by dietary vitamin E and selenium supplementation. Vitamins and Minerals, 3, e131.
- [93] Dinicolantonio, J. J., Bhutani, J. ve O'keefe, J. H. (2015). The health benefits of vitamin K. *Open Heart*, 2, 300.
- [94] Liu, R.H., 2003. Health benefits of fruit and vegetables are from additive and synergistic combinations of phytochemicals, Am. J. Clin. Nutr., 78, 517- 520.
- [95] Jong, A., Plat, J., Mensink, R.P., 2003. Metabolic effects of plant sterols and stanols. J Nutr Biochem. 14, 362-369.



[REDACTED]

[REDACTED] [REDACTED]
[REDACTED] [REDACTED]
[REDACTED] [REDACTED]
[REDACTED] [REDACTED]
[REDACTED] [REDACTED]
[REDACTED] [REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED] [REDACTED] [REDACTED]
[REDACTED] [REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED] [REDACTED]
[REDACTED] [REDACTED]
[REDACTED] [REDACTED]
[REDACTED] [REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED] [REDACTED]
[REDACTED]

Bildiriler:

1. Yılmaz, S. M., Bulut, H. (2023) Food Use Of Macro And Micro Algae, 5. *International Anatolian Scientific Research Congress*, Türkiye, (Temmuz 2023)