



T.C.

ORDU ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BAZI HİDROFİTLERİN FOTOSENTETİK PİGMENT
İÇERİKLERİ, BİYOAKTİF BİLEŞENLERİ VE İN VİTRO
ANTIOKSİDAN ÖZELLİKLERİ**

ŞEYDANUR ŞEN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MOLEKÜLER BİYOLOJİ VE GENETİK ANABİLİM DALI

ORDU 2021

TEZ BİLDİRİMİ

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan ve kullanılan intihal tespit programının sonuçlarına göre; bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

Şeydanur ŞEN

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

BAZI HİDROFİTLERİN FOTOSENTETİK PİGMENT İÇERİKLERİ, BİYOAKTİF BİLEŞENLERİ VE İN VİTRO ANTİOKSİDAN ÖZELLİKLERİ

ŞEYDANUR ŞEN

ORDU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MOLEKÜLER BİYOLOJİ VE GENETİK ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ, 96 SAYFA

(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. BEYHAN TAŞ)

Bu çalışma, 10 farklı hidrofitin (makro algler ve tatlısu makrofitleri) biyokimyasal bileşenlerini ve antioksidan özelliklerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Materyal olarak kullanılan makroalgler Ordu sahilinden (kahverengi alg: *Cystoseira barbata*, *Scytosiphon lomentaria*; kırmızı alg: *Corallina officinalis*), tatlısu makrofitleri (*Ceratophyllum demersum*, *C. submersum*, *Hydrocharis morsus-ranae*, *Myriophyllum spicatum*, *Azolla filiculoides*, *Ranunculus sphaerospermus* ve *Stuckenia pectinata*) Miliç Irmağı ve çevresindeki sulak alanlardan toplanmıştır. Hidrofitlerin biyojik ve kimyasal içeriklerinin belirlenmesinde fotosentetik pigment analizi, kül analizi, toplam azot ve protein analizi, fosfor analizi, mikro element analizi ve GC-MS analizi yapılmıştır. Fotosentetik pigment analizi için hidrofitlerin ekstraksiyonunda aseton, etanol, metanol, ve kloroform çözücülerini kullanılmıştır. Hidrofit örneklerinin etanol ekstraktlarının toplam fenolik ve flavonoid miktarının belirlenmesinin ardından in vitro antioksidan kapasiteleri DPPH serbest radikal süpürme aktivitesi, Fe (II) iyonları ile şelat oluşturma ve demir indirgeyici güç (FRAP) yöntemleri kullanılarak araştırıldı.

Hidrofitlerin fotosentetik pigment analizi sonucunda, *M. spicatum* test edilen diğer dokuz türe göre daha zengin klorofil içermektedir. En az klorofil miktarına *C. officinalis* sahiptir. Ham kül miktarı en fazla *C. officinalis* (%84.60), en az *A. filiculoides* türünde (%12.13) tespit edilmiştir. En yüksek azot (%5.04) ve protein (%31.5) *H. morsus-ranae* makrofitinde, en az azot (%0.336) ve protein (%2.1) ise *C. officinalis* makro alginde kaydedilmiştir. %P miktarına en fazla *C. officinalis* (%0.129), en az *S. pectinata* (%0.279) sahiptir. Biyokimyasal analiz sonuçlarına göre ise *C. submersum* en yüksek oranda fenolik ve flavonoid içeriğine sahiptir. Bu bulgu ile uyumlu olacak şekilde aynı türün toplam antioksidan aktivite değeri de en yüksektir. Yine aynı şekilde 0.25 mg/mL lik konsantrasyonu için %96.03 değeri ile en iyi derecede DPPH radikali süpürme etkinliği *C. submersum* için hesaplanmıştır. FRAP metodu ile tespit edilen en yüksek antioksidan aktivite yine aynı türe aittir. Ancak 0.25 mg/mL konsantrasyonu varlığında *H. morsus-ranae* türünün Fe (II) ile şelat oluşturma potansiyeli daha yüksek (%11.82) bulunmuştur. Toplam fenolik içeriği en düşük olarak saptanan *C. officinalis* türünün her 3 metoda göre tespit edilen antioksidan aktivitesi diğer türler arasında en düşüktür.

Anahtar Kelimeler: Antioksidan Aktivite, Biyokimyasal İçerik, Fotosentetik Pigmentler, GC-MS, Hidrofitler, Makroalgler

ABSTRACT

PHOTOSYNTHETIC PIGMENT CONTENTS, BIOACTIVE COMPONENTS AND IN VITRO ANTIOXIDANT PROPERTIES OF SOME HYDROPHYTES

ŞEYDANUR ŞEN

ORDU UNIVERSITY INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED
SCIENCES

BIOLOGY

MASTER THESIS, 96 PAGES

(SUPERVISOR: PROF. DR. BEYHAN TAŞ)

This study was carried out to determine the biochemical components and antioxidant properties of ten different hydrophytes (macro algae and freshwater macrophytes). Macroalgae used as material were collected from Ordu coast (brown algae: *Cystoseira barbata*, *Scytosiphon lomentaria*; red algae: *Corallina officinalis*), and freshwater macrophytes (*Ceratophyllum demersum*, *C. submersum*, *Hydrocharis morsus-ranae*, *Myriophyllum spicatum*, *Azolla filiculoides*, *Ranunculus sphaerospermus* and *Stuckenia pectinata*) were collected from Miliç River and its surrounding wetlands. Photosynthetic pigment analysis, ash analysis, total nitrogen and protein analysis, phosphorus analysis, micro element analysis and GC-MS analysis were performed to determine the biological and chemical contents of hydrophytes. Acetone, ethanol, methanol, and chloroform solvents were used in the extraction of hydrophytes for photosynthetic pigment analysis. After determining the total phenolic and flavonoid content of ethanol extracts of hydrophyte samples, their in vitro antioxidant capacity was investigated using DPPH free radical scavenging activity, chelating with Fe (II) ions, and iron reducing power (FRAP) methods.

As a result of photosynthetic pigment analysis of hydrophytes, *M. spicatum* contains richer chlorophyll than the other nine tested species. *C. officinalis* has the lowest amount of chlorophyll. The highest percentage of % raw ash was determined in *C. officinalis* (84.60%) and the lowest in *A. filiculoides* (12.13%). The highest nitrogen (5.04%) and protein (31.5%) were recorded in *H. morsus-ranae* macrophyte, the lowest nitrogen (0.336%) and protein (2.1%) were recorded in *C. officinalis* macroalgae. *C. officinalis* (0.129%) has the highest P% amount and *S. pectinata* has the lowest (0.279%). According to the results of biochemical analysis, *C. submersum* has the highest phenolic and flavonoid content. In line with this finding, the total antioxidant activity value of the same species was also the highest. Likewise, the best degree of DPPH radical scavenging efficiency was calculated for *C. submersum* with a value of 96.03% for a concentration of 0.25 mg/mL. The highest antioxidant activity detected by the FRAP method belongs to the same species. However, in the presence of 0.25 mg/mL concentration, the chelating potential of *H. morsus-ranae* with Fe (II) was higher (11.82%). The antioxidant activity of the *C. officinalis* species, which had the lowest total phenolic content, according to all 3 methods, was the lowest among the other species.

Keywords: Antioxidant Activity, Biochemical Content, Photosynthetic Pigments, GC-MS, Hydrophytes, Macroalgae.

TEŞEKKÜR

Tez konumun belirlenmesi, çalışmanın yürütölmesi ve yazımı esnasında baőta danıőman hocam Sayın Prof. Dr. Beyhan TAŞ'a ve antioksidan aktivite analizlerinde her tölrlü yardımı ve desteklerini esirgemeyen hocam Sayın Doç. Dr. Melek OL AYVAZ'a çok teşekkür ederim.

Laboratuvar alıőmalarımdaki desteklerinden dolayı Halim TOPALDEMİR ve Mehmet AKGÜN'e;

Aynı zamanda, manevi desteklerini her zaman üzerimde hissettiğim babam Recep ŞEN, annem Latife ŞEN, kardeőim Sedanur ŞEN ve arkadaőım Ceylan AKSOY'a teőekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEZ BİLDİRİMİ	I
ÖZET	II
ABSTRACT	III
TEŞEKKÜR	IV
İÇİNDEKİLER	V
ŞEKİL LİSTESİ	VII
ÇİZELGE LİSTESİ	VIII
SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ	IX
EKLER LİSTESİ	X
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	6
3. MATERYAL ve YÖNTEM	12
3.1 Materyaller (Makro Algler ve Makrofitler).....	12
3.1.1 <i>Cystoseira barbata</i> (Stackhouse) C. Agardh (Kahverengi su yosunu).....	12
3.1.2 <i>Scytosiphon lomentaria</i> (Lyngbye) Link (Kahverengi su yosunu).....	13
3.1.3 <i>Corallina officinalis</i> L. (Kırmızı su yosunu).....	13
3.1.4 <i>Ceratophyllum demersum</i> L. (Kırmızı su boynuzu).....	13
3.1.5 <i>Ceratophyllum submersum</i> L. (Su boynuzu).....	14
3.1.6 <i>Hydrocharis morsus-ranae</i> L. (Kurbağazehiri).....	15
3.1.7 <i>Myriophyllum spicatum</i> L. (Başaklı su civanperçemi).....	15
3.1.8 <i>Azolla filiculoides</i> Lam. (Kızıl eğrelti).....	16
3.1.9 <i>Ranunculus sphaerospermus</i> Boiss. & Blanche (Su çiçeği).....	17
3.1.10 <i>Stuckenia pectinata</i> (L.) Börner (Su tarağı).....	18
3.2 Yöntemler.....	19
3.2.1 Materyalleri Yıkama ve Kurutma İşlemleri	19
3.2.2 Ekstraksiyon İşlemleri.....	19
3.2.3 Bitki Analizleri.....	20
3.2.3.1 Fotosentetik Pigment Analizi.....	20
3.2.3.2 Kül Analizi.....	22
3.2.3.3 Toplam Azot ve Protein Analizi.....	22
3.2.3.4 Fosfor Analizi.....	23
3.2.3.4.1 Nitrik-Perklorik Asit Karışımı ile Yaş Yakma.....	23
3.2.3.4.2 Vanadomolibdofosforik Sarı Renk Yöntemi.....	24
3.2.3.5 Makro ve Mikro Element Analizi.....	25
3.2.3.6 Gaz Kromatografî Kütle Spektrometre (GC/MS) Sistemi ile Biyoaktif Bileşenlerin Analizi.....	26
3.2.4 Toplam Fenolik İçeriğinin Belirlenmesi	26
3.2.5 Antioksidan Aktivitesinin Belirlenmesi	27
3.2.5.1. Toplam Flavonoid Madde İçeriğinin Belirlenmesi.....	27
3.2.5.2 Toplam Antioksidan Aktivitelerinin Belirlenmesi.....	28
3.2.5.3 DPPH 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil Serbest Radikali Temizleme Aktivitelerinin Belirlenmesi	29
3.2.5.4 Fe ⁺² ile Şelat Oluşturma Aktivitelerinin Belirlenmesi.....	30

3.2.5.5 Demir (III) İyonu İndirgeyici Antioksidan Gücün Belirlenmesi (FRAP).....	31
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	33
4.1 Su Bitkilerin Biyokimyasal Analizleri.....	33
4.1.1 Fotosentetik Pigment Analizi Sonuçları.....	33
4.1.2 Kül Analizi.....	35
4.1.3 Azot ve Protein İçeriği.....	35
4.1.4 Fosfor Analizi.....	36
4.1.5 Makro-Mikro Element Analizi.....	36
4.1.6 Su Bitkilerinin Biyoaktif Bileşenleri.....	37
4.2 Toplam Fenolik Madde Analiz Sonuçları.....	39
4.3 Antioksidan Aktivitenin Tayini.....	40
4.3.1 Toplam Flavanoid Madde Analiz Sonuçları.....	40
4.3.2 Toplam Antioksidan Aktivite Sonuçları.....	41
4.3.3 DPPH Serbest Radikal Süpürme Aktivitesi Sonuçları.....	43
4.3.4 Fe ⁺² Şelat Oluşturma Aktivite Sonuçları.....	43
4.3.5 Demir İndirgeyici Güç (FRAP) Testi Sonuçları.....	43
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	45
6. KAYNAKLAR	67
EKLER.....	81
ÖZGEÇMİŞ.....	96

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1 <i>Cystoseira barbata</i> (1), <i>Scytosiphon lomentaria</i> (2) ve <i>Corallina officinalis</i> 'in (3) Genel Görünüşleri.....	13
Şekil 3.2 <i>Ceratophyllum demersum</i> 'un Genel Görünüşü.....	14
Şekil 3.3 <i>Ceratophyllum submersum</i> 'un Genel Görünüşü.....	15
Şekil 3.4 <i>Hydrocharis morsus-ranae</i> 'nin Genel Görünüşü.....	15
Şekil 3.5 <i>Myriophyllum spicatum</i> 'un Arazideki Görünüşü.....	16
Şekil 3.6 <i>Azolla filiculoides</i> 'in Genel Görünüşü.....	17
Şekil 3.7 <i>Ranunculus sphaerospermus</i> 'un Genel Görünüşü.....	18
Şekil 3.8 <i>Stuckenia pectinata</i> 'nın Genel Görünüşü.....	18
Şekil 3.9 Materyalleri Kurutma ve Öğütme İşlemleri.....	19
Şekil 3.10 (A) Kuru Bitki Numuneleri (B) Yakıldıktan Sonra Bitki Numuneleri.....	22
Şekil 3.11 Nitrik-Perklorik Asit Karışımı ile Yaş Yakma Yöntemi.....	24
Şekil 3.12 Vanadomolibdofosforik Sarı Renk Yöntemi (Barton Çözeltisi).....	24
Şekil 3.13 Yaş Yakma Çalışması ve AAS Cihazı.....	25
Şekil 3.14 DPPH Radikali Temizleme Aktivitesi Analizi İçin Hazırlık.....	30
Şekil 4.1 Ekstraktların Toplam Fenolik Madde Miktarlarının Belirlenmesi İçin GA Kullanılarak Hazırlanan Standart Çalışma Grafiği.....	40
Şekil 4.2 Ekstraktların Toplam Flavonoid Miktarlarının Belirlenmesi İçin QT Kullanılarak Hazırlanan Standart Çalışma Grafiği.....	41
Şekil 4.3 Ekstraktların Toplam Antioksidan Aktivite Tayini İçin AA Kullanılarak Hazırlanan Standart Çalışma Grafiği.....	42
Şekil 4.4 Ekstraktların FRAP Metodu ile Antioksidan Aktivite Tayini İçin Hazırlanan Standart Çalışma Grafiği.....	44

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 Makro Alglerin ve Makrofitlerin Taksonomisi	19
Çizelge 3.2 Farklı çözücülerle klorofil ve karotenoid miktarlarının hesaplanmasında kullanılan formüller (Lichtenthaler, 1987).....	21
Çizelge 3.3 Toplam Fenolik Madde Tayini İçin Yapılan Pipetlemeler*	27
Çizelge 3.4 Toplam Flavonid Madde Tayini İçin Yapılan Pipetlemeler*	28
Çizelge 3.5 Toplam Antioksidan Aktivite Tayini İçin Yapılan Pipetlemeler*	29
Çizelge 3.6 DPPH Serbest Radikal Temizleme Aktivitesinin Tayini İçin Yapılan Pipetlemeler*	30
Çizelge 3.7 Fe(II) Şelat Oluşturma aktivitesinin Tayini İçin Yapılan Pipetlemeler*	31
Çizelge 3.8 FRAP Metodu Tayini İçin Yapılan Pipetlemeler*	32
Çizelge 4.1 Su Bitkilerinin Farklı Çözücülerdeki Pigment İçerikleri (mg/g).....	34
Çizelge 4.2 Su Bitkilerinin Ham Kül İçeriği (%)	35
Çizelge 4.3 Su Bitkilerinin %Azot ve %Protein İçeriği	36
Çizelge 4.4 Su Bitkilerinin %P İçeriği.....	36
Çizelge 4.5 Su Bitkilerinde Bazı Element Analizi Sonuçları (mg/g)	36
Çizelge 4.6 Ekstraktların Toplam Fenolik Madde İçerikleri ve Toplam Flavonoid İçerikleri	41
Çizelge 4.7 Ekstraktların Toplam Antioksidan Kapasitesinin İçerikleri	42
Çizelge 4.8 Ekstraktların FRAP Metodu ile Antioksidan Aktivite İçerikleri, Fe(II) İyonu ile Şelat Oluşturma Aktiviteleri ve DPPH Radikalini Süpürme Yüzdeleri	44
Çizelge 5.1 Su Bitkilerinin En Yüksek Aktiviteye Sahip Biyolojik ve Kimyasal Analiz Sonuçları	47

SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ

µg	: Mikrogram
µL	: Mikrolitre
AA	: Askorbik Asit
AAE	: Askorbik Asit Eşdeğeri
AAS	: Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi
A°	: Absorbans
cm	: Santimetre
DPPH	: 1,1 –difenil-2 pikril-hidrazil
FCR	: Folin Ciocalteu Reaktifi
FRAP	: Demir III İyonu İndirgeyici Antioksidan Gücü
g	: Gram
GA	: Gallik Asit
GAE	: Gallit Asit Eşdeğeri
GC/MS	: Gaz Kromatografi Kütle Spektrometre
kg	: Kilogram
Kla	: Klorofil- <i>a</i>
Kla+b	: Toplam klorofil
Klb	: Klorofil- <i>b</i>
Kx+c	: Toplam karotenoid
m	: Metre
mg	: Miligram
mL	: Mililitre
mm	: Milimetre
Mo	: Molibden
nm	: Nanometre
TAA	: Toplam Antioksidan Aktivite
TE	: Troloks Eşdeğeri
QT	: Kuersetin
OTE	: Kuersetin Eşdeğeri

EKLER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
EK 1: GC/MS Analizi Yapılan Su Bitkilerinin Biyokimyasal İçerikleri	82
EK 2: GC/MS Sonuçlarına Göre Tüm Numunelerde Ortak Bulunan Maddeler.....	90
EK 3: GC/MS Sonuçlarına Göre Tüm Numunelerde Farklı Bulunan Maddeler	91

1. GİRİŞ

Su ekosistemleri, madenlerden gelen atıklar, eriticiler, endüstriler, aşırı gübre ve böcek ilacı kullanımı, tarımsal su akışı ve kısmen hava birikintilerinden kaynaklanan doğal ve antropojenik kaynaklardan gelen çeşitli kirleticiler için bir kap görevi görür (Sivaci ve ark., 2007). Bunun yanı sıra sucul ekosistemler hızlı nüfus artışı, plansız kentleşme ve sanayileşmenin beraberinde getirdiği kirlenmenin tehdidi altındadır. Bu alanlarda yaşayan organizmalar da bu kirlenmenin sonucunda ciddi zarar görebilmektedir (Gültekin ve Doğan, 2012). Farklı tip su ortamları ve su koşullarının değişmesi, su bitkilerinde morfolojik ve fizyolojik değişikliklere neden olur. Su bitkilerinin içerdiği fonksiyonel bileşikler yeni fonksiyonel gıda ve nutrasötik ürünlerin geliştirilmesinde önemli bir potansiyele sahiptir. Fakat bu bitkilerin sahip olduğu gıda bileşenleri ve biyoaktif bileşenlerin (çözünür diyet lifleri, proteinler, peptitler, mineraller, klorofiller, karotenoidler, vitaminler, çoklu doymamış yağ asitleri, antioksidanlar gibi) hâlâ kullanılmayan bir rezervuar olduğu görülmektedir.

Ülkemiz farklı tipte su ekosistemlerince oldukça zengindir. Bu akuatik ekosistemlerde emers, submers ve yüzen yapraklı olarak yaşamını sürdüren çok çeşitli hidrofıtlar (tatlısu makrofitleri, deniz makro algleri) bulunmaktadır. Sucul makrofitler, su bulunan çevrelerin doğal ve yararlı varlıklarından olup, besin döngüsünün başlangıcındaki canlılarla, diğer bitki ve hayvanlar arasında önemli bir bağ oluştururlar (Tursun, 2012). Yapılmış olan birçok araştırmalar, sucul kaynaklardan elde edilen protein miktarının karasal organizmalardan elde edilenlere eşdeğerde olduğunu ortaya koymuştur (Çetingül, 2001). Bu nedenden dolayı karasal ekosistemlerden elde edilen kaynaklar kadar sucul ekosistemlerden elde edilen kaynaklar da değerlendirilmelidir. Örneğin, yüksek miktarda esansiyel ve serbest amino asit içermeleri nedeniyle deniz yosunları yiyecek ve gıda katkı maddesi olarak kullanılabilen önemli bir besin kaynağıdır (Sökmen ve ark., 2016b).

Geleneksel tıp endüstrileşmiş ülkelerde ve gelişen dünyanın tüm bölgelerinde hızla yayılmaktadır. Avrupa, Kuzey Amerika ve endüstrileşmiş diğer bölgelerde toplumun %50'sinden fazlası tamamlayıcı ya da alternatif tıp yöntemlerinden en az birini kullanmaktadır. Günümüzde fitoterapi, ilaç sanayisine büyük bir hız

kazandırmıştır. Bu sayede toksikolojik, farmakolojik ve klinik çalışmalar sonucunda laboratuvarlarda tıbbın gereksinimlerine yanıt veren bir çok ilaç geliştirilmiştir. Son yıllarda sentetik ilaçların kullanılmasıyla meydana gelen ciddi yan etkilerin yol açtığı medikal ve ekonomik sorunlar, sanayisi gelişmiş ülkelerdeki çevre kirliliği ve bir çok kronik hastalığın oluşturduğu tehdit gibi etmenlere bağlı olarak bitkisel tedavi yeniden güncel duruma gelmiştir. Çağdaş tıpta kullanılan ilaçların köken olarak %25'i bitkilerden elde edilmektedir. Bunlara en başarılı örnek söğüt ağacının kabuklarından elde edilen aspirindir (Şarışen ve Çalışkan, 2005; Yiğitarıslan ve ark., 2011).

Bitkisel kaynaklı kimyasallar daha kısa sürede olumlu ve başarılı sonuçlar almak için alternatif bir tedavi yöntemi olarak tıpta kullanılmaktadır. Bitkilerin tıbbi özellikleri, yapılarında bulunan ve farklı bileşenlere sahip kimyasal maddelerden kaynaklanmaktadır. Bitkilerden elde edilen doğal bileşikler antibakteriyel, antifungal, antiviral, antiparazit, antioksidan, antienflamatuar, antitümoral, antikanser vb. ajanlar olarak çok dikkat çekmektedir. Bitkilerin biyokimyasal kompozisyonu, aktif bileşenleri, antimikrobiyal aktiviteleri vb. konularda çalışmalar yapılırken çoğunlukla karasal orijinli, tıbbi ve aromatik bitkilerin kullanıldığı, su bitkilerinin (hidrofitler, makrofitler) genellikle göz ardı edildiği görülmektedir (Özby, 2004).

Sentetik olarak üretilen birçok ilacın etken maddeleri bitkilerden izole edilen kimyasalların benzerleridir. Özellikle doğal kaynaklardan olan tıbbi ve aromatik bitkiler baharat, ilaç, kozmetik gibi birçok alanda uzun yıllardır kullanılmıştır ve halen kullanılmaktadır (Taş ve ark., 2018). Son yıllarda tıbbi bitkilerden elde edilen aktif maddeler üzerindeki çalışmalar; bitkisel drogların birkaç etkiye sahip olmalarından, kolay ve ucuz tedavi imkanı elde etme isteğinden ve tedavi alanına sokulan yeni sentetik bileşiklerin bazılarında görülen tehlikeli yan etkiler gibi başlıca sebeplerden dolayı artmıştır. Bu nedenle günümüzde birçok bitki farmakolojik ve mikrobiyolojik yönlerden hatta biyolojik savaşın gündemde olduğu son yıllarda bitki savunma mekanizması bakımından da çok yönlü araştırılmaktadır (Aydın, 2012).

Canlı sistemler, çeşitli nedenlerle (UV, kimyasal oksidanlar, hava kirliliği vb.) aşırı miktarlarda üretilen serbest radikaller ile bu radikallerin detoksifikasyonundan sorumlu endojen ve eksojen antioksidanlar arasında kurulu

hassas bir dengeye sahiptirler. Bu dengenin oksidanlar yönünde bozulması oksidatif stres olarak tanımlanır ve bu stres birçok hastalığın ortaya çıkmasında önemli rol oynar (Büyüktuncel, 2013). Serbest radikaller ve antioksidan denge insan sağlığı açısından büyük öneme sahiptir. Dışarıdan besinlerle çeşitli antioksidanlar alınmakta olup bunların başlıcaları vitaminler ve flavonoidler adı verilen bileşiklerdir. Son yıllarda çok sayıda önemli antioksidan flavonoid keşfedilmiş ve kaynakları incelenmiştir (Mehmetoğlu ve ark., 2005). Fakat bu çalışmalarda çoğunlukla tıbbi aromatik bitkiler ve karasal orijinli bitkiler çalışılmış, yine hidrofiter göz ardı edilmiştir (Tosun ve Karadeniz, 2003; Albayrak ve ark., 2010; Çoban ve Patır, 2010). Hem insan vücudunda bulunan hem de besinlerden alınarak üretilen antioksidanların, hastalıklara neden olduğu düşünülen serbest radikallerin ve reaktif oksijen türlerinin oksidatif zararına karşı hayati bir rol oynadıkları vurgulanmaktadır. Bu nedenle gıdalarla antioksidanların vücuda alınımı kanser, kardiyovasküler hastalıklar gibi çeşitli hastalıkları önlemede ve yaşlanma sürelerini geciktirmede önemli rol oynamaktadır. Özellikle bitkilerde bulunan vitamin C, vitamin E ve β -karoten gibi bileşenler içerdikleri yüksek miktardaki antioksidanlar ile özel bir ilgi çekmektedir (Okan ve ark., 2013).

Bitkilerin yapısında, farklı nitelik ve miktarlarda binlerce çeşit fenolik bileşik bulunmaktadır. Fenolik bileşikler bitkilerde en yaygın bulunan maddeler grubu olup, günümüzde binlerce fenolik bileşiğin yapısı araştırılmış ve tanımlanmıştır. Fakat bu alanda su bitkileriyle yapılan çalışmalar oldukça yetersizdir (MEB, 2016).

Serbest radikaller, hücrelerin tümünde gerçekleşen kimyasal reaksiyonlar sonucunda meydana gelebilmektedir. Serbest radikaller, hücre içinde lipid peroksidasyonuna, DNA hasarlarına ve proteinlerin oksidasyonuna neden olurlar (Sökmen ve ark., 2016a). Serbest oksijen radikallerinin zararlı etkilerine karşı insan vücudunu korumada doğal ve fenolik bileşiklerce zengin bitkilerin yararlı olduğu bilinmektedir. Yapılan epidemiyolojik çalışmalarla reaktif oksijen türlerine karşı bitkisel kaynaklardaki fitonütrientlerin yararlı olduğu ortaya konulmuştur. Birçok bitkinin koruyucu etkilerinin içerdikleri askorbik asit (C vitamini), α -tokoferol (E vitamini), karotenoidler, glutatyon, flavonoidler ve fenolik asitler gibi doğal bileşiklerden kaynaklandığı bildirilmiştir. Bu tür biyokimyasal çalışmalarda su

bitkileri de araştırılmalı ve yeni bir kaynak olabileceği göz ardı edilmemelidir (İşbilir, 2008).

Bitkiler doğaya oksijen kaynağı olmakla beraber algler ve su bitkileri doğaya salınan oksijenin önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Oksijenin ortaya çıkmasını sağlayan fotosentez olayı ise klorofil taşıyan canlılarda ışık enerjisi kullanılarak organik bileşiklerin üretilmesi olayıdır. Klorofil pigmenti bitkilere yeşil rengi veren pigmenttir. Ancak, klorofil miktarları her bitkide farklı oranlara sahiptir. Buna genetik faktörler kadar bitkinin bulunduğu ortama bağlı koşullar da neden olmaktadır. Yapılan literatür çalışmaları sonucunda özellikle peyzajda kullanılan karasal bitkilerin fotosentetik pigment içerikleriyle alakalı yapılan (Çetin 2016; Zeren ve ark., 2017; Çetin ve ark., 2018) çalışmalar oldukça fazlayken su bitkileriyle yapılan çalışmaların daha az olduğu tespit edilmiştir.

Güney Karadeniz kıyıları ve kıyıya yakın karasal ortamdaki yerüstü suları (lagünler, sığ göller, bataklıklar, sulak alanlar, subasar ormanlar vb.) biyoçeşitlilik açısından zengin sayılır. Özellikle Ramsar Alanı olan Kızılırmak Deltası ile Yaban Hayatı Koruma Alanı'na sahip olan Yeşilirmak Deltası çok önemli ve özel sucul ekosistemler içerir. Ülkemizde bitkilerin kimyasal kompozisyonuyla ve pigment içeriğiyle ilgili çalışmaların çoğunda özellikle tıbbi aromatik karasal orijinli bitkiler çalışılmışken, hidrofitler oldukça az çalışılmıştır (Önenç ve Açıkgoz, 2005; Yıldıztuğay, 2011; Murathan, 2018). Oysa kara bitkilerinin yanında su bitkileri de insan beslenmesi açısından ve kara bitkilerinden farklı olarak çeşitli kimyasalları bünyesinde bulundurması bakımından oldukça önemlidirler. Bu konuda özellikle Asya'da ve Uzak Doğuda yapılan çeşitli çalışmalar mevcuttur (Dorman ve Deans 2000; Pro ve ark., 2003; Bushmann ve Ailstock, 2006; Goud ve ark., 2009; Piotrowska ve ark., 2010; Oukarroum ve ark., 2013; Ya, 2015).

Piyasada birçok sentetik ilaç olmasına rağmen, hastalıkları tedavi etmek için güçlü, güvenli ve ucuz ilaçlara ihtiyaç vardır. Bu bağlamda özellikle deniz algleri antioksidan, antimikrobiyal, antiviral, antiinflamatuvar, antitümör, hipokolesterolemik ajanlar olarak biyoaktif bileşikler açısından oldukça zengindir. Kanser gibi hastalıkların yanı sıra iltihaplı hastalıkların tedavisinde güçlü bir antiinflamatuvar etki göstermektedir. Alglerin yüksek diyet lifi, mineral, vitamin

ve fitokimyasal içerikleri ve çoklu doymamış yağ asidi profilleri nedeniyle kardiyovasküler hastalıklara özel uygulama ile fonksiyonel gıdaların bileşenleri olarak da katkı sağlamaktadır (Abad, 2013; Boopathy ve Kathiresan, 2013; Sánchez-Muniz ve ark., 2013).

Mevcut çalışmamızda toplam 10 su bitkisi (deniz yosunları ve tatlısu makrofitleri) materyal olarak kullanılmıştır. Ordu sahilinden toplanan makroalglerden ikisi kahverengi alg (*Cystoseira barbata* (Stackhouse) C. Agardh, *Scytosiphon lomentaria* (Lyngbye) Link.), birisi kırmızı algdir (*Corallina officinalis* L.). Diğer tatlısu makrofitleri (*Ceratophyllum demersum* L., *Ceratophyllum submersum* L., *Hydrocharis morsus-ranae* L., *Myriophyllum spicatum* L., *Azolla filiculoides* Lam., *Ranunculus sphaerospermus* Boiss. & Blanche ve *Stuckenia pectinata* (L.) Börner) Samsun ili Terme ilçesindeki Miliç Irmağı ve çevresindeki sulak alanlardan toplanmıştır. Bitkilerin pigment içeriği, kimyasal kompozisyonu ve antioksidan özelliği farklı yöntemler kullanılarak incelenmiştir. Yapılan literatür taramaları sonucunda, çalışma materyali olarak kullanılan bu türler ile ilgili ülkemizde yapılan çalışmaların bir çoğunun toksikolojik çalışmalar, ekolojik çalışmalar ve ekonomik açıdan katkı sağlayacak çalışmalar olduğu görülmektedir (Aysel ve ark., 2006; Karaçuha ve Gönülol, 2007; Akçalı ve Küçüksezgin, 2009; Kırkım ve ark., 2014; Ak, 2015). Mevcut tez çalışması önceki yapılan birçok çalışmadan kapsam ve içerik olarak daha farklı olup, araştırılan türlerin hem biyokimyasal yapısı hem de antioksidan özellikleri detaylı olarak incelenmiştir.

Çalışmanın başlıca amaçları; (i) farklı organik çözücüler kullanılarak su bitkilerinin fotosentetik pigment içeriklerini belirlemek, (ii) Gaz Kromatografisi-Kütle Spektrometresi (GC-MS) ile su bitkilerinin bileşenlerini moleküler düzeyde tanımlamak, (iii) Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi (AAS) ile eser miktardaki metallerin kantitatif analizini yapmak, (iv) farklı yöntemlerle in vitro antioksidan özelliklerini incelemektir. Elde edilen bulgular karşılaştırılarak, hidroitlerin kullanılabilme potansiyelleri değerlendirilecektir. Üç tarafı denizlerle çevrili ve sulak alanlar bakımından oldukça zengin olan Türkiye’de, incelenen su bitkilerinin önemi vurgulanarak, etkili olan türlerin sentetik ilaçlara alternatif oluşturacak potansiyeli tespit edilecektir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Giresun'da Karadeniz kıyısından toplanan kahverengi deniz yosunu *Cystoseira barbata* makro alginin antioksidan aktivitesi, toplam fenolik ve flavonoid içerikleri araştırılmıştır. Çalışma sonucunda *C. barbata*'nın sulu ekstresinin antioksidan özelliğe sahip olduğu tespit edilmiştir (Sökmen ve ark., 2016a). *C. barbata* ile yapılan bir başka çalışmada, Kırım'ın Karadeniz kıyısının sahil bölgesinde toplanan kahverengi algin fukoksantin miktarı araştırılmıştır. En iyi içeriği makro algin 2. ve 3. aylar arasındaki değerleri vermiştir (3 mg/g kuru kütle). *C. barbata*'nın tutabileceği bu karotenoid miktarı, deniz yatağının metrekaresi başına 508 ila 1810 mg arasında olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla bu makro algden m² başına dört yılda bir 254–905 mg pigment tedarik edilebileceği belirtilmiştir (Ryabushko ve ark., 2014).

Kahverengi makro alg *Scytosiphon lomentaria*'nın da içinde bulunduğu dört farklı alg türüyle yapılan bir çalışmada, alglerin diklorometan, metanol ve hekzan ekstralarının antioksidan ve antimikrobiyal aktiviteleri araştırılmıştır. *S. lomentaria*'nın diklorometan ekstraktının ABTS (3-etilbenzotiazolin-6-sülfonik asit)'nin renginin giderilmesinde diğer ekstraktlardan daha aktif olduğu ve genellikle diklorometan ekstraktlarının metanol ve hekzan ekstraktlarından daha etkin olduğu bulunmuştur. Antimikrobiyal çalışmalarda da diklorometan ekstraktının metanol ve hekzan ekstraktlarına göre daha etkili olduğu bildirilmiştir (Demirel ve ark., 2009). *S. lomentaria*, Japonya'nın Noto bölgesinde geleneksel bir besindir. Kurutulmuş *S. lomentaria*'nın antioksidan özelliklerini belirlemek için etanol ve su ekstraktlarıyla yapılan çalışmada da, hemoglobin kaynaklı linoleik asit peroksidasyonunun baskılanması, indirgeme gücü, demir iyonu şelatlaması, 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil (DPPH) radikal süpürücü etkisi ve süperoksit anyon radikaliyle üretilen enzimatik olmayan sistemin atılması test edilmiştir. Su ekstraktın da, kuru numunenin 1 gramında yaklaşık 5.5 mg kateşin eşdeğeri fenolik içerik tespit edilmiş ve beş analizin hepsinde, özellikle linoleik asit peroksidasyon analizinde güçlü antioksidan aktivite (yaklaşık 22 mg CatE/g) tespit edilmiştir. Etanol ekstraktında ise antioksidan aktivite belirlenememiştir ya da su ekstraktına kıyasla daha düşük çıkmıştır. Diyet lifleri (ham fukoidan ve aljinat), sadece demir içeren şelatlama (bağlama) analizinde değil, aynı zamanda süperoksit anyon radikali temizleme analizinde de antioksidan

aktivite göstermiştir. Bu sonuçlar *S. lomentaria*'nın yararlı deniz ürünleri ve antioksidan aktiviteye sahip sağlıklı bir gıda olduğunu göstermiştir (Kuda ve ark., 2005).

Kavaz ve arkadaşları (2019) tarafından yapılan çalışmada *S. lomentaria* (kahverengi algler) ve *Spyridia filamentosa* (kırmızı algler) türleri kullanılarak altın nanoparçacıkları biyosentezi yapılmış ve karşılaştırılmıştır. Sentezlenen nanoparçacıkların antioksidan ve antimikrobiyal aktiviteleri *Escherichia coli* ve *Salmonella typhii*'ye karşı test edilmiştir. DPPH serbest radikal temizleme etkinliği kullanılarak gerçekleştirilen antioksidan aktivite etkisine göre her iki altın nanoparçacık (AuNP) önemli aktivite göstermiştir. Biyosentezlenmiş AuNP'ler ayrıca *S. typhii* ve *E. coli*'ye karşı antimikrobiyal aktivite göstermiştir. *S. lomentaria* altın nanoparçacıkları *E. coli*'ye karşı, *S. filamentosa* altın nanoparçacıkları ise *S. typhi*'ye karşı yüksek oranda antibakteriyel aktivite göstermiştir. Stabilize edici ajanlar olarak *S. lomentaria* ve *S. filamentosa* kullanılarak sentezlenen AuNP'lerin gram negatif ve gram pozitif bakterilere karşı olumlu antimikrobiyal aktivite gösterdiği yapılan çalışmayla gösterilmiştir.

Kırmızı makro alg *Corallina officinalis*'in biyokimyasal yapısının belirlendiği çalışmada, yapılan GC-MS analizi sonucunda toplam 55 bileşik tespit edilmiştir. Bunların 47'si tanımlanmış, 8 tanesi tanımlanmamıştır. Tanımlanan bileşiklerin %38.88'i alifatik hidrokarbonlar, %0.35'i siklik hidrokarbonlar, %1.17'si monoterpen, %0.07'si diterpen, %1.42'si aldehit, %2.87'si fenol, %0.17'si alkol, %0.72'si keton, %15.30'u ester, %0.19'u heterosiklik ve %0.87'si çeşitli bileşikler olarak sınıflandırılmıştır (Borik, 2014). *C. officinalis* ile yapılan bir laboratuvar deneyinde, farklı ışık yoğunluklarının (50, 100 ve 200 μmol fotonlar m^2/s) fotosentez, kalsifikasyon, fotosentetik pigment içeriği (klorofil-*a* ve karotenoidler) ve *C. officinalis*'in büyüme hızının fotoaklimasyon etkileri incelenmiştir. Fotosentez, kalsifikasyon ve ağırlığa dayalı çözünme oranlarının ışık yoğunluğuna duyarlı olmadığı tespit edilmiştir. Her ne kadar, fotosentez ve kalsifikasyon ışık yoğunluğuna açıkça tepki vermese de, yüksek ışık yoğunluklarında fotosentetik pigment içerikleri önemli ölçüde daha düşük çıkmıştır. Ek olarak, daha yüksek ışık klorofil-*a*'ya dayanan fotosentezde belirgin bir artışa neden olmuştur. Sonuç olarak,

C. officinalis'in farklı ışık koşullarında canlının ışık ortamına alışmasını düzenleyebileceği bildirilmiştir (Kim, 2013).

Mevcut tez çalışmasında incelenen su bitkileri arasında olan *Ceratophyllum demersum* makrofitinin kimyasal bileşimiyle ilgili daha önce yapılan bir çalışmada, bitkinin içeriğinde flavonoidler ve glikozitler, laktonlar, kumarin glikozitler, steroidler, terpenoitler, şekerler, tanenler, amino asitler, peptitler, proteinler, uçucu yağ, fenolik bileşikler ve alkaloidler tespit edilmiştir. Bitkinin yapraklarının antitoksik, analjezik, antienflamatuvar, kanamayı durdurucu ve antiülser olarak kullanılabilir olduğu bildirilmiştir (Syed ve ark., 2018).

Su bitkisi *C. demersum* konusunda yapılan bir derleme çalışmada, bitkinin ishal önleyici, yara iyileştirici, etnomedikal, antineoplastik, antienflamatuvar, antioksidan, anti-asetilkolinesteraz (AChE), antimikrobiyal, analjezik, antipiretik, allelopatik ve genotoksik aktivitelere ve farmakolojik özelliklere sahip olduğuna dikkat çekilmiştir (Abu, 2017).

Bir başka çalışmada kullanılan *C. submersum* hidrofitinin tıbbi amaçlar için kullanılabilir birçok aktif içeriğe sahip olduğu ve bitkinin kimyasal içeriğinde lipid fraksiyonları, proteinler, peptitler, polisakkaritler, karotenoidler, fenolik bileşikler, alkaloidler, tallus ve müsilajın olduğu tespit edilmiştir (Jebamalar ve Sumathy, 2018).

Submers su bitkisi *Myriophyllum spicatum* ile yapılan bir çalışmada, Porsuk Çayı'nda ağır metal kirliliğinin saptanması amacıyla bitkinin gövde ve yaprakları biyomonitör olarak kullanılmış, araştırma sonucunda elde edilen sonuçlar topluca değerlendirildiğinde, Porsuk Çayı'nda izin verilebilir sınır değerlerin üzerinde bir ağır metal kirliliğinin olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca *M. spicatum* bitkisinin ağır metalleri absorbe ettiği ve kirli su ortamlarının temizlenmesinde kullanılabilir özelliklere sahip olduğu belirlenmiştir (Yücel ve ark., 2010).

M. spicatum türünün iki farklı lokasyondan (Ulugöl-Ordu ve Miliç Irmağı-Samsun) elde edilen örneklerinin etanol ekstrelerinin antimikrobiyal etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, bitkinin etanol ekstrelerinin kullanılan test organizmaları (4 gram-pozitif bakteri, 4 gram-negatif bakteri ve 2 mantar) üzerinde etkili olduğu belirtilmiştir. Çalışma bulgularına göre, *M. spicatum* ekstreleri en yüksek etkiyi

Bacillus subtilis üzerinde, en düşük etkiyi *E. coli* üzerinde göstermiştir. Ekstrelerin gram-pozitif bakteriler üzerinde gram-negatif bakterilere göre daha etkili olduğu, ayrıca Miliç'ten toplanan *M. spicatum* örneklerin Ulugöl örneklerinden daha yüksek antimikrobiyal etkiye sahip olduğu bildirilmiştir (Ertürk ve ark., 2020).

Lemna minor, *Hydrocharis morsus-ranae* ve *C. demersum* hidrofiteriyle yapılan bir derleme çalışmasında, kirlenmiş sulardan metallerin çıkarılmasında kullanım olanakları ve kullanım sınırları değerlendirilmiştir. Seçilen metallerin sulardaki konsantrasyonunun değişkenliği ve analiz edilen bitkilerin organlarındaki metal içeriğine bakılmıştır. Metallerin sulardan uzaklaştırılmasındaki avantajları ve dezavantajlarının ortaya konduğu çalışmada, bitkilerin bulunduğu sulardan metalleri fitoremediasyon yöntemiyle uzaklaştırdığı bildirilmiştir. Çalışmada ayrıca, metallerin suların iyileştirilmesindeki etkisini sınırlandırdığı gibi bitkiler üzerinde de fazla maruz kaldığı sürece toksik etki yaptığı belirtilmiştir (Galczyńska ve ark., 2019).

Su bitkisi *Ranunculus sphaerospermus* ile yapılan bir çalışmada, su ve etanol ekstrelerinin antibakteriyel, antifungal ve antioksidan etkileri incelenmiştir. Çalışma sonucunda su ekstreleri antimikrobiyal etki göstermemiştir. Bu çalışmada etanol ekstrelerinin antibakteriyel etkisinin olduğu, fakat antifungal etkisinin olmadığı tespit edilmiştir. En yüksek inhibisyon zon çapı *S. aureus* bakterisine karşı gözlenmiştir. *R. sphaerospermus* örneklerinin etanol ve su özütlerinin antioksidan aktivitelerinin değerlendirilmesi için de DPPH analiz yöntemi kullanılmıştır. Su bitkisinin su ve etanol özütlerinin konsantrasyona bağlı bir şekilde DPPH radikal süpürme etkinliği gösterdiği tespit edilmiştir. En yüksek DPPH serbest radikali süpürme aktivitesini etanol ekstresi göstermiştir (SC₅₀: 0.189 mg/mL) (Ertürk ve ark., 2019).

Serbest yüzen yapraklı bir su bitkisi olan *Azolla filiculoides* (kızıl eğrelti) ile yapılan bir çalışmada, mevsimsel değişikliklerin pigment kompozisyonu üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Bitki numuneleri, İstanbul'da bulunan küçük bir göletten toplanmıştır. Örnekleme Mart, Nisan, Mayıs, Ekim, Kasım, Aralık 2007'de yapılmıştır. Yaprakların ortalama toplam klorofil ve karotenoid içeriği, Mart-Nisan-Mayıs aylarında Ekim-Kasım-Aralık aylarına göre neredeyse yarı kat daha düşük çıkmıştır. İlkbaharda, yaprakların ortalama klorofil *a/b* oranı 2.6 iken, sonbaharda 5.5 çıkmıştır. Mart ayında yaprak boyutları azalırken, yapraklarda antosiyanin birikimi

artmıştır. Mayıs ayında, artan sıcaklık değerleri ile yaprak boyutları ve biyokütle artarken, yapraklar yeşile dönmüştür. Ekimden Kasıma kadar hem yaprak boyutları hem de yapraklardaki antosiyanin miktarı azalmıştır. Araştırma sonucunda *A. filiculoides*'in büyüme mevsiminin Nisan ve Mayıs arasında başladığı bildirilmiştir (Kösesakal, 2014).

Bir başka çalışmada, arseniğin (As) *A. filiculoides* üzerinde büyüme etkisi, toplam antioksidan aktivitesi, toplam fenolik bileşik içeriği ve fotosentetik pigment içeriği üzerindeki toksik etkileri incelenmiştir. Bitki, sodyum arsenatın ($\text{Na}_2\text{HAsO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) altı farklı konsantrasyonu (5, 10, 20, 30, 60 ve 120 $\mu\text{g As/mL}$) kontamine olan Yoshida besi ortamına maruz bırakılmıştır. Konsantrasyonlar arttıkça *A. filiculoides* klorofil miktarında, toplam fenolik bileşiklerinde ve büyümesinde azalma gözlenirken, toplam karotenoid ve ksantofil miktarında artış tespit edilmiştir. Çalışmada, 5 ve 10 $\mu\text{g As/mL}$ konsantrasyonlarının *A. filiculoides*'in büyümesini önemli ölçüde uyardığı bildirilmiştir (Sánchez-Viveros ve ark., 2011).

Lelebici ve Öztürk (2018) tarafından yapılan araştırmada, farklı konsantrasyonlardaki arsenik (As), kurşun (Pb), nikel (Ni) ve kadmiyum (Cd) metal(oid)lerinin 8 günlük periyotta *A. filiculoides* üzerinde meydana getirdikleri bazı fizyolojik ve morfolojik değişiklikleri incelenmiştir. Çalışmada, ağır metal uygulanan bitki örneklerinde büyüme oranları (RGR) ve lipid peroksidasyonunun göstergesi olarak malondialdehit (MDA) tayini yapılmıştır. Aynı zamanda *A. filiculoides* bitkisinin antioksidan aktiviteleri; DPPH radikali indirgemesi, metal iyonları şelatlama ve toplam fenolik madde miktarı yöntemleri kullanılarak analiz edilmiştir. Sonuçlar değerlendirildiğinde, ağır metal konsantrasyonu arttıkça bitkinin akümülyasyon miktarının arttığı ancak tüm örneklerde büyüme oranının azaldığı belirlenmiştir. Ayrıca gelişen strese bağlı olarak MDA artış göstermiştir. As kontrol örneğinde MDA miktarı 3.143 nmol/g iken, 50 mg/L'lik konsantrasyonda 8.015 nmol/g bulunmuştur. Bitkinin DPPH radikali indirgemesi incelendiğinde; 1 mg/mL konsantrasyonda *A. filiculoides* ortamdaki serbest radikali %100 oranında temizlerken, aynı konsantrasyonda BHA %80, α -tocopherol %74 ve BHT %68 oranında temizlemiştir. *A. filiculoides* %91.35 oranında metal şelatlama kapasitesine sahipken, aynı konsantrasyonda EDTA'nın %94 metal şelatlama kapasitesine sahip olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, *A. filiculoides* türünün β -karoten içeriği 0.478 $\mu\text{g/mg}$,

likopen miktarı 0.074 µg/mg ve toplam fenolik madde miktarı ise ortalama 367.95 µg/mg olarak tespit edilmiştir. Sonuçta; ağır metallere kirlenmiş alanlarda kıvıl eğreltinin fitoremediasyon amacıyla etkili şekilde kullanılabilceği ve çalışmanın bitkisel arıtım çalışmalarına bu bağlamda katkı sağlayacağı bildirilmiştir.

Türkiye’de *A. filiculoides*’in Yeşilirmak Deltası’ndaki sulak alanlarda zaman zaman aşırı çoğaldığı bildirilmiştir (Taş ve ark., 2019; Taş ve Topaldemir, 2021). Bu su eğreltisinin güçlü güneş ışığına maruz kaldığında kırmızı renk aldığı, yeşil olan yapraklarının yüksek ışık, düşük sıcaklık ve olumsuz çevresel koşullarda antosiyanin sentezinin teşvik edilmesiyle kırmızıya döndüğü belirtilmiştir. Çalışmada, uygun koşullar altında, bir-iki haftada biyokütlesini ikiye katlama potansiyeline sahip olan kıvıl eğreltinin genel özellikleri, biyolojisi, ekolojisi, ekonomik ve ekolojik yararları, ekolojik zararları ve mücadele yöntemleri hakkında detaylı bilgi verilmiştir (Taş ve ark., 2019).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 Materyaller (Makro Algler ve Makrofitler)

Çalışmada, Orta Karadeniz kıyılarından toplanan üç farklı makro alg ile Orta Karadeniz Bölümü'ndeki sığ sulardan toplanan 7 farklı makrofit materyal olarak kullanılmıştır. Kırmızı alg *Corallina officinalis* L. ve kahverengi alg *Cystoseira barbata* (Stackhouse) C. Agardh Mersin Mah. kıyılarındaki (Perşembe, Ordu; 41°06'49.2"N 37°46'08.7"E) kayalık alanlardan, kahverengi alg *Scytosiphon lomentaria* (Lyngbye) Link ise Kacalı Limanı'ndan (Perşembe, Ordu; 41°03'39.3"N 37°46'46.8"E) taşlar/kayalar üzerinden toplanmıştır. Makro alglerin yaşadığı ortamlarda kirlilik yoktur. Tatlısu makrofitleri ise Terme'deki (Samsun) tatlısu sığ suları ve sulak alanlarından temin edilmiştir. *Azolla filiculoides*, *Ceratophyllum submersum* ve *Stuckenia pectinata* Yalı Mah. Miliç kıyı sulak alanından (Terme, Samsun; 41°11'49.2"N 37°00'25.8"E), *Ceratophyllum demersum* Evcı Mah. Sakarlı Sapağı Miliç kıyı sulak alanından (Terme, Samsun; 41°09'51.2"N 37°04'32.0"E), *Hydrocharis morsus-ranae* ve *Ranunculus sphaerospermus* Çay Mah. taşkın kanalından (Terme, Samsun; 41°11'27.17"N 36°59'18.03"E), *Myriophyllum spicatum* Çay Mah. Terme Çayı'ndan (Terme, Samsun; 41°12'34.9"N 36°58'38.0"E) toplanmıştır. Makrofitlerin yaşadığı ortamlar genellikle evsel ve tarımsal kirlenmenin baskısı altında olan, mezotrofik/ötrofik özelliklere sahiptir.

Makro alglerin tanımlanması için Güner ve Aysel (2011), makrofitlerin tanımlanması için Altınayar (1988) ile Seçmen ve Leblebici (1997)'nin eserlerinden yararlanılmıştır.

3.1.1 *Cystoseira barbata* (Stackhouse) C. Agardh (Kahverengi su yosunu)

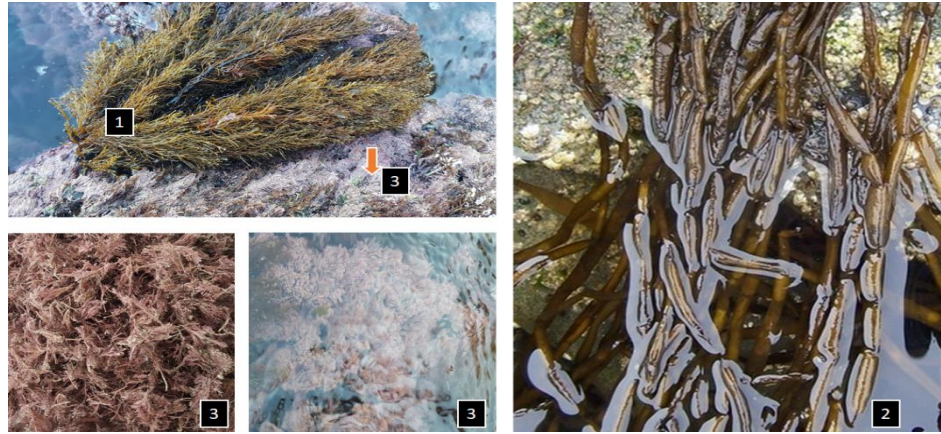
Kahverengi alglerden (Phaeophyceae) *Cystoseira* cinsi sıcak denizlerde yaklaşık 60 tür ile temsil edilmektedir. Geniş topluluklar oluşturan *C. barbata* basit yapıda bir makro algdir. Tallus boylarının 50–60 cm hatta 150 cm olduğu belirtilmektedir. Akdeniz'de 52 taksonu saptanmıştır. Bünyelerinde %30 kadar alginat içerdiklerinden dolayı son yıllarda alginat eldesi için değerlendirilmektedirler (İrkin ve Erduğan, 2015). Çalışmada kullanılan örnek materyal Karadeniz'de yaygın bir türdür. Makro algin taksonomik sınıflandırması Çizelge 3.1'de ve genel görünüşü Şekil 3.1'de verilmiştir.

3.1.2 *Scytosiphon lomentaria* (Lyngbye) Link (Kahverengi su yosunu)

Scytosiphon basit yapılı, içi boş, tübüler yapılı bir kahverengi alg türüdür. Her bir hücre, yalnızca bir kloroplast ve her zaman merkeze yakın olan bir veya iki golgi gövdesi içerir. *S. lomentaria*'nın tallusu 3–8 mm çapında ve 20–50 mm uzunluğunda, eni dar çok sayıda tallusun toplamıdır. *S. lomentaria* Japonya'da ilkbaharda birçok sahilde iyi yetişir, sadece birkaç bölgede yenilebilir bir alg olarak tüketilir. Noto bölgesinde, kurutulmuş ürünü geleneksel bir yemek olarak tüketilmektedir (Kuda ve ark., 2005). Makro algin taksonomik sınıflandırması Çizelge 3.1'de ve genel görünüşü Şekil 3.1'de verilmiştir.

3.1.3 *Corallina officinalis* L. (Kırmızı su yosunu)

Kırmızı alglerden (Rhodophyta) olan *C. officinalis*, kalkerli yapıda dik tallusa sahip, dikotom dallanan bir makro algdir. Sahil bölgelerindeki kayalık yerlerde iyi gelişirler. Taşlar üzerinde kalın sert tabakalar oluşturabilirler (Güner ve Aysel, 2011). Perşembe, Mersin mevkiindeki kayalık alanlardan toplanan ve alanda oldukça yaygın bir alg olan *C. officinalis*'in taksonomik sınıflandırması Çizelge 3.1'te ve genel görünüşü Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1 *Cystoseira barbata* (1), *Scytosiphon lomentaria* (2) ve *Corallina officinalis*'in (3) Genel Görünüşleri

3.1.4 *Ceratophyllum demersum* L. (Kınalı suboyunu)

Su altında serbest yaşayan (submers tip), köksüz bir hidrofüt olan *C. demersum*, gövdesi 15 cm'den uzun, yaprakları koyu yeşil, 6–16 mm uzunluğunda, 1–2 kez çatallı, sert yapıdadır. Parlak yeşil renkleri vardır (Şekil 3.2). Gövdesi

tilkikuyruğuna benzer, bu nedenle halk arasında “tilkikuyruğu” olarak adlandırılmıştır. Bitkinin habitatları sulak alan, sazlık, bataklık, havuz, lagün, kanal, yavaş akan akarsular, göller, göletler ve acısulardır. Türkiye’de yaygın olan bu tür 0–1750 m rakımlarda yaşayabilir. Ötrofik suları, güneşli ve yarı gölgeli yerleri tercih eder. Siyanobakterilerin büyümesini inhibe eden maddeleri salgıladığı için allelopatik özelliklere sahiptir (Seçmen ve Leblebici, 1997; Taş ve Topaldemir, 2021). *C. demersum*’un taksonomik sınıflandırması Çizelge 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.2 *Ceratophyllum demersum*’un Genel Görünüşü

3.1.5 *Ceratophyllum submersum* L. (Suboynuzu)

Su altında serbest yüzen, submers tip bir su bitkisi olan *C. submersum* halk arasında dikensiz tilkikuyruğu olarak bilinir (Şekil 3.3). Gövdesi 20–80 cm, yaprakları açık yeşil, 16–23 mm uzunlukta ve 3–4 kez çatallı, yumuşak yapıda olan bitkinin meyvesinin yanal dikenleri yoktur. *C. demersum* ile aynı habitatlarda bulunan suboynuzu bitkisinin yayılış alanı 70–1760 m rakımlardır. Mezotrofik-ötrofik sularda bulunan bu tür tuzlu koşullara toleranslıdır, acısu ortamlarını da tercih eder (Seçmen ve Leblebici, 1997; Taş ve Topaldemir, 2021). Çizelge 3.1’de bitkinin taksonomik sınıflandırılması görölmektedir.



Şekil 3.3 *Ceratophyllum submersum*'un Genel Görünüşü

3.1.6 *Hydrocharis morsus-ranae* L. (Kurbağazehiri)

Türkçe adı kurbağazehiri olan *H. morsus-ranae*, suda serbest yüzen veya sığ sularda kökleriyle sedimente bağlanabilen çok yıllık otsu yapıda bir su bitkisidir. Yaprakları yuvarlak, yaklaşık 5 cm, Temmuz ve Ağustos aylarında küçük beyaz çiçekler açan hidrofittin habitat tercihi sulak alan, hendek, kanal, su birikintileri, göl, havuz ve yavaş akan akarsuların kıyılarındaki sığ sulardır. Bitki 0–1150 m rakımlarda, tipik olarak sığ, kalkerli, mezotrofik/mezo-ötrofik sularda yaşar, gölgeli/yarı gölgeli sulak alanları tercih eder (Seçmen ve Leblebici, 1997; Taş ve Topaldemir, 2021). Çizelge 3.1’de bitkinin taksonomik sınıflandırması, Şekil 3.4’te de genel görünüşü verilmiştir.



Şekil 3.4 *Hydrocharis morsus-ranae*'nin Genel Görünüşü

3.1.7 *Myriophyllum spicatum* L. (Sucivanperçemi)

Submers tip hidrofit olan *M. spicatum*, çok yıllık, otsu yapıda, sedimentteki çamurda köklenen, Mayıs-Haziran aylarında çiçek açan, kozmopolit ve istilacı (invaziv) bir bitkidir (Şekil 3.5). Yaprakları 1.5–2.7 cm, çoğunlukla

internodyumlardan daha kısa, bir halkada 4 adet, 21–35 (44) parçalı basit pinnat yapıdadır. Akarsu, göl, sulak alan, hendek, kanal gibi tatlısularardan tuzlu sulara kadar farklı su kütlelerinde, 5 m derinliğe kadar yaşayabilir (0–2000 m). Sucivanperçemi güneşli yerleri, yüksek çözünmüş inorganik karbon, nitrit, nitrat ve taban suyu zengin su sistemlerini tercih eder (Seçmen ve Leblebici, 1997; Taş ve Topaldemir, 2021). Sucivanperçeminin Çizelge 3.1’de taksonomik sınıflandırması verilmiştir.



Şekil 3.5 *Myriophyllum spicatum*’un Arazideki Görünüşü

3.1.8 *Azolla filiculoides* Lam. (Kızıl eğrelti)

Su eğreltilerinden olan *A. filiculoides*, su yüzeyinde serbest yüzen yapraklı bitkilerdendir. Boyu nadiren 3–4 cm’yi aşar. Adventif kökler gövdenin alt tarafından oluşur ve su içinde dikey olarak gelişir. Herbir yaprak iki lobludur. Almaşlı, kiremitvari dizilişlidir. Alt lob klorofil içermez, bitkinin yüzmesinden sorumludur. Klorofil içeren üst lob dış ortamla olan ilişkiyi sağlar. Üst lop yeşil, sarımsı yeşil veya fazla güneşli ve kış sezonlarında koyu kırmızı renklidir. Hızla gelişerek su yüzeyini kaplar. Kızıl eğreltinin habitatları göl, bataklık, sulama kanalı, su kenarı gibi sığ tatlısulardır. Bu su eğreltisi 0–210 m rakımlarda yaşar. Ötrofik sularda hızla büyür. Azot bağlayan mavi-yeşil alglerle mutual bir ilişkisi vardır. Yeşilirmak Deltası’ndaki sığ, ötrofik sularda aşırı çoğalan bir su bitkisidir (Kösesakal, 2013; Taş ve ark., 2019; Taş ve Topaldemir, 2021). Kızıl eğreltinin taksonomik sınıflandırması (Çizelge 3.1) ve genel görünüşü (Şekil 3.6) aşağıda görülmektedir.



Şekil 3.6 *Azolla filiculoides*'in Genel Görünüşü

3.1.9 *Ranunculus sphaerospermus* Boiss. & Blanche (Su çiçeği)

Submers tip su bitkisi olan *R. sphaerospermus*, otsu yapıda, zemine bağlı, tek veya iki yıllık bir hidrofittir. Yaprakları ipliklidir ve su içindedir. Sarı merkezli, beyaz petalli olan çiçekleri su yüzeyindedir ve Ocak-Eylül ayları arasında çiçeklenir (Şekil 3.7). Çiçekler suyun üzerinden bir ya da iki santimetre yukarıda bulunur. Su üzerinde bulunan yüzen yapraklar çiçekler için destek olarak kullanılır. Habitat olarak sığ ve durgun sular ya da yavaş akan tatlısular, su birikintileri, göl kenarları gibi alanlarda yaşayan su çiçeği (0–1730 m), güneşli bölgeleri tercih eder. Hızlı akan sularda yayılış göstermezler. Geçici veya kalıcı mezotrofik/ötrofik sularda gelişen bu su bitkisi Türkiye’de yaygın bir türdür (Taş ve Topaldemir, 2021; Anonim, 2019). Su çiçeğinin Çizelge 3.1’de taksonomik sınıflandırması verilmiştir.



Şekil 3.7 *Ranunculus sphaerospermus*'un Genel Görünüşü

3.1.10 *Stuckenia pectinata* (L.) Börner (Sutarağı)

Sualtında yaşayan (submers tip), çok yıllık, otsu, rizomlu bir su bitkisi olan *S. pectinata*, Nisan-Eylül ayları arasında çiçeklenir (Şekil 3.8). Tüm gövde boyunca veya sadece yukarıda dallanma gösteren bitkinin ana gövde yaprakları çoğunlukla kalıcıdır. Dalların iç kısımları çoğunlukla 5 mm'den daha uzundur. Habitat olarak akarsuları, kanalları, sığ tatlısu göllerini, göletleri, sulak alanları, hafif tuzlu lagünleri ve havuzları tercih eden sutarağı makrofiti, ötrofik/acı sularda yaşar (0–1960 m). Kozmopolit bir tür olan sutarağı, ötrofikasyona toleranslıdır (Kaplan, 2008; Taş ve Topaldemir, 2021). Çizelge 3.1'de su tarağının taksonomik sınıflandırması verilmiştir.



Şekil 3.8 *Stuckenia pectinata*'nın Genel Görünüşü

Çizelge 3.1 Makro Alglerin ve Makrofitlerin Taksonomisi

Türler	Alem	Şube	Sınıf	Takım	Familya
1	Chromista	Ochrophyta	Phaeophyceae	Fucales	Sargassaceae
2	Chromista	Ochrophyta	Phaeophyceae	Ectocarpales	Scytosiphonaceae
3	Plantae	Rhodophyta	Florideophyceae	Corallinales	Corallinaceae
4	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Ceratophyllales	Ceratophyllaceae
5	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Ceratophyllales	Ceratophyllaceae
6	Plantae	Tracheophyta	Liliopsida	Alismatales	Hydrocharitaceae
7	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Saxifragales	Haloragaceae
8	Plantae	Pteridophyta	Filicopsida	Hydropteridales	Azollaceae
9	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Magnoliopsida	Ranunculaceae
10	Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Alismatales	Potamogetonaceae

3.2 Yöntemler

3.2.1 Materyalleri Yıkama ve Kurutma İşlemleri

Toplanan örnekler temiz plastik poşetlere konup etiketlendikten sonra en kısa sürede laboratuvara getirilmiştir. Epifitlerinden ve diğer yabancı materyallerden temizlenen tüm hidrofit örnekleri önce çeşme suyunda, sonra saf suda iyice yıkanarak kurutma kağıtları üzerine serilmiş, laboratuvarında oda sıcaklığında, ışık almayan bir ortamda fazla nemi uzaklaştırılmıştır. Bitki materyalleri daha sonra 38-40 °C'ye ayarlı etüvde kurutulmuştur. Kuruyan örnekler mekanik öğütücüde (Waring 8011 EB Blender) parçalanıp toz haline getirildikten sonra kapaklı kaplara alınıp etiketlemesi yapılmış ve analizler yapılincaya kadar buzdolabında muhafaza edilmiştir. Şekil 3.9'da kurutma ve öğütme işleminden bir çalışma görülmektedir.



Şekil 3.9 Materyalleri Kurutma ve Öğütme İşlemleri

3.2.2 Ekstraksiyon İşlemleri

Bitkilerin biyokimyasal analizleri için bitki ekstraktları hazırlanmıştır. Bunun için, toz haline getirilen numuneler hassas terazide (Radwag AS220.R2) tartılıp 50 mL'lik falkon tüplere aktarılmıştır. Toz numunelerin üzerine etanol ilave edilerek (1:5 oranında) ekstraksiyonu yapılmıştır. Numuneler çözücüler içerisinde iyice çözünmesi için 2 gün +4°C'de bekletilmiştir. Ekstraksiyonu hızlandırmak için numuneler ultrasonik su banyosunda (Daihan WUC-A02H) 30 dakika tutulmuş, daha sonra filtre kâğıdından (Whatman No 1) süzlmüştür. Bitki ekstraktı içindeki organik çözücüler evaporatör yardımıyla uçurulmuştur. Elde edilen son ekstrakt analizler yapıncaya kadar +4 °C'de muhafaza edilmiştir.

3.2.3 Bitki Analizleri

3.2.3.1 Fotosentetik Pigment Analizi

Bitki dokusundaki pigmentlerin içerikleri, bitkilerin fotosentez kapasitesini değerlendirmek için önemlidir. Bu çalışmada, materyallerimizin klorofil-*a*, klorofil-*b* ve toplam karotenoid içeriği aseton, metanol, etanol, kloroform gibi farklı çözücüler kullanılarak absorbansları UV-VIS spektrofotometrede ölçülmüştür ve Çizelge 3.2 deki formüllere göre hesaplanmıştır. Fotosentetik pigment analizleri sonuçlarından klorofil-*a* (Kl-*a*), klorofil-*b* (Kl-*b*), toplam klorofil (Kl-*a*+*b*), toplam karotenoid (Kx+c); (*Karotenoid*=*Kx+c=ksantofil*+*βkaroten*) miktarları hesaplanmıştır (Lichtenthaler, 1987).

Çizelge 3.2 Farklı Çözücülerle Klorofil ve Karotenoid Miktarlarının Hesaplanmasında Kullanılan Formüller (Lichtenthaler, 1987)

Çözücüler	Formül
Aseton (%100)	$Kl_a = 11.24 \times A_{661.6} - 2.04 \times A_{644.8}$ (3.1)
	$Kl_b = 20.13 \times A_{644.8} - 4.19 \times A_{661.6}$ (3.2)
	$Kl_{a+b} = 7.05 \times A_{661.6} + 18.09 \times A_{644.8}$ (3.3)
	$K_{x+c} = 1000 \times A_{470} - 1.90 \times C_a - 63.14 \times C_b / 214$ (3.4)
Aseton (%80)	$Kl_a = 12.25 \times A_{663.2} - 2.79 \times A_{646.8}$ (3.5)
	$Kl_b = 21.50 \times A_{646.8} - 5.10 \times A_{663.2}$ (3.6)
	$Kl_{a+b} = 7.15 \times A_{663.2} + 18.71 \times A_{646.8}$ (3.7)
	$K_{x+c} = 1000 \times A_{470} - 1.82 \times C_a - 85.02 \times C_b / 198$ (3.8)
Etanol (%95)	$Kl_a = 13.36 \times A_{664.2} - 5.19 \times A_{648.6}$ (3.9)
	$Kl_b = 27.43 \times A_{648.6} - 8.12 \times A_{664.2}$ (3.10)
	$Kl_{a+b} = 5.24 \times A_{664.2} + 22.24 \times A_{648.6}$ (3.11)
	$K_{x+c} = 1000 \times A_{470} - 2.13 \times C_a - 97.64 \times C_b / 209$ (3.12)
Kloroform (saf)	$Kl_a = 10.91 \times A_{666} - 1.2 \times A_{648}$ (3.13)
	$Kl_b = 16.38 \times A_{648} - 4.57 \times A_{666}$ (3.14)
	$Kl_{a+b} = (10.91 \times A_{666} - 1.2 \times A_{648}) + (16.38 \times A_{648} - 4.57 \times A_{666})$ (3.15)
	$K_{x+c} = 1000 \times A_{480} - 1.42 \times C_a - 46.09 \times C_b / 202$ (3.16)
Metanol (%100)	$Kl_a = 16.72 \times A_{665.2} - 9.16 \times A_{652.4}$ (3.17)
	$Kl_b = 34.09 \times A_{652.4} - 15.28 \times A_{665.2}$ (3.18)
	$Kl_{a+b} = 1.44 \times A_{665.2} + 24.93 \times A_{652.4}$

(3.19)

$$K_{x+c} = 1000 \times A_{470} - 1.63 \times C_a - 104.96 \times C_b / 221 \quad (3.20)$$

Metanol (%90) $Kl_a = 16.82 \times A_{665.2} - 9.28 \times A_{652.4} \quad (3.21)$

$$Kl_b = 36.92 \times A_{652.4} - 16.54 \times A_{665.2} \quad (3.22)$$

$$Kl_{a+b} = 0.28 \times A_{665.2} + 27.64 \times A_{652.4} \quad (3.23)$$

$$K_{x+c} = 1000 \times A_{470} - 1.91 \times C_a - 95.15 \times C_b / 225 \quad (3.24)$$

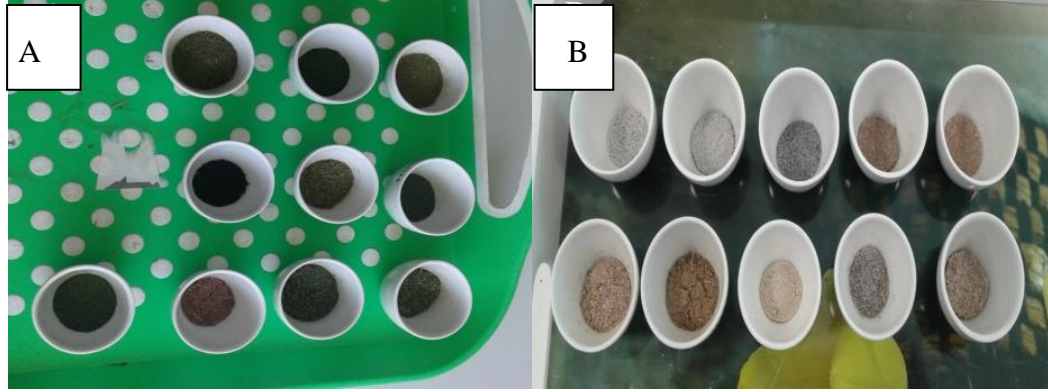
Fotosentetik pigment analizi prosedürü: Bitki numunelerine (200 mg kuru örnek) 10 mL çözücü (Çizelge 3.2) eklenerek porselen havanda homojenize edildi. Havan ve havan topu 10 mL çözücü ile yıkanarak numune kapaklı santrifüj tüplerine alındı. Ekstraksiyonu daha etkili yapmak için kapaklı santrifüj tüplerine alınan numuneler oda sıcaklığında 15 dak. ultrasonik banyoda tutuldu. Numunelerin etrafı ışık almayacak şekilde alüminyum folyo ile sarılarak ışıktan korundu. Vorteksle karıştırılan numuneler 3000 devir/dak.'da, 10 °C'de, 10 dak. santrifüjlendi. Süpernatant kuvars spektrofotometre küvetlerine (3 mL, 1 cm) alınarak Çizelge 3.2'de gösterilen ilgili çözücünün ilgili dalga boylarında spektrofotometrede (UV-1800 SHIMADZU) absorbansları okundu ve kaydedildi. Sıfırlama işlemi ilgili çözücü ile yapıldı (Safsızlıkları düzeltmek için 750 nm'de de ölçüm yapılır. Emilim 0.2 ila 0.8 aralığında olmalıdır; daha yüksekse, örnek ekstraktlar ilgili çözücü ile seyreltilmelidir). Ölçülen absorbans değerlerinden µg/mL cinsinden klorofil-*a*, klorofil-*b*, toplam klorofil ve toplam karotenoid miktarı Çizelge 3.2'deki eşitliklerden hesaplandı (Lichtenthaler, 1987). Konsantrasyonu µg/mL olarak bulunan değerler, toplam kullanılan çözücü miktarı (10 mL) ile çarpılıp kullanılan bitki dokusunun ağırlığına bölünerek klorofil miktarı mg/g olarak hesaplanıldı.

3.2.3.2 Kül Analizi

Ham kül analizi AOAC (1990) metoduna göre yapılmıştır. Kurutup öğütülen numuneler porselen krozeler içinde 1 g hassas terazide tartılıp 550 °C'ye ayarlı yakma fırınına yerleştirilerek 3 ila 5 saat (gümüş gri bir renk alıncaya kadar) yakılmıştır (Şekil 3.10). Süre sonunda numuneler desikatöre alınıp soğutulduktan

sonra hassas terazide tartımı yapılmıştır. Kaydedilen tartımlardan aşağıdaki formüle göre % kül miktarı hesaplanmıştır.

$$\%K\ddot{u}l\ miktarı = (Son\ ağırlık - Dara) \times 100 / [(Dara + Numune) - Dara] \quad (3.25)$$



Şekil 3.10 (A) Kuru Bitki Numuneleri (B) Yakıldıktan Sonra Bitki Numuneleri

3.2.3.3 Toplam Azot ve Protein Analizi

Kurutulup öğütülen bitki örneklerinde toplam azot tayini modifiye Kjeldahl metoduna göre yapılmıştır (Kacar ve İnal, 2010).

Analizin prosedürü: Analiz için 0.25 g kuru bitki numunelerinin üzerine 5 mL H₂SO₄ ve katalizör selenyum tablet eklenildi. Kjeldahl cihazında materyaller çağla yeşili oluncaya kadar 400 °C’de yaklaşık 1.5 saat yakıldı. Bir süre soğutulduktan sonra numunelerin üzerine 25 mL distile su ilave edildi. Alkali tankı %40’lık NaOH ile dolduruldu. Distilasyon düzeneğine 10 mL %4’lük borik asit ve 5 damla metil red indikatörü eklenip erlen yerleştirildikten sonra distilasyon yapıldı. Titrasyon aşamasında büret 0.1 N HCl ile dolduruldu. Daha sonra erlendeki sıvının 0.1 N HCl ile titrasyonu yapıp, indikatörün pembe renginin gözlendiği anda harcanan HCl miktarı kaydedildi. % N ve % protein miktarı aşağıdaki formüle göre hesaplandı.

$$\% N = \frac{\text{Harcanan HCl (mL)} \times 0.14}{0.25} \quad (\text{Tartılan numune, g}) \quad (3.26)$$

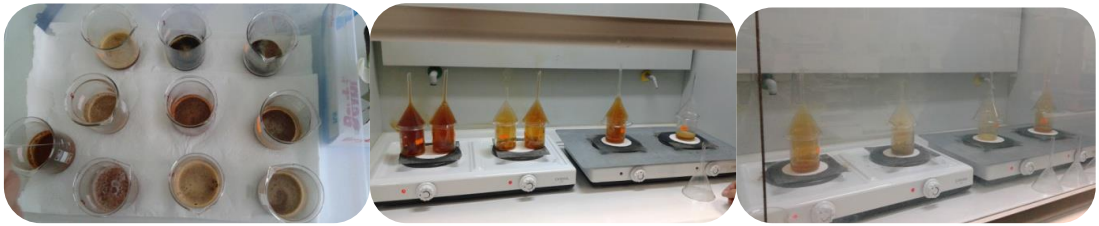
$$\% \text{ Protein} = \% N \times 6.25 \quad (3.27)$$

3.2.3.4 Fosfor Analizi

Bitkilerdeki fosfor analiz yönteminin prensibi nitrik-perklorik asit karışımı ile yaş yakma yöntemi ile yakılmış bitki örneğinin vanadomolibdofosforik sarı renk yöntemi (Barton çözeltisi) ile renklendirildikten sonra oluşan rengin indensitesinin standart seriye karşılık spektrofotometrede belirlenmesi esasına dayanır (Kacar ve İnal, 2010).

3.2.3.4.1 Nitrik-Perklorik Asit Karışımı ile Yaş Yakma

Analizin prosedürü: Öğütülmüş ve kurutulmuş bitki örneğinden 0.5–2.0 g tartılır ve 125 mL'lik erlenmayere konulmuştur. Büret yardımı ile her 1 g örnek için 12 mL nitrik-perklorik asit karışımı ilave edildi. Hafif çalkalayarak bitki örneğinin asit ile tamamen ıslanması sağlanmıştır. Erlenmayer üzerine küçük huni konulup ve çeker ocak içerisinde 20–30 dakika bırakılmıştır. Daha sonra su banyosu üzerinde düşük sıcaklıkta en az 3 saat veya tercihen 1 gece bırakılan erlenmayer sıcak pleyt üzerine konuldu. Sıcaklık yavaş bir şekilde artırılarak 150-200 °C'ye yükseltilmiştir. Ortamdan nitrik asidin büyük bir kısmı uzaklaştıktan sonra bitki çözeltisi açık sarı bir renk göstermiştir. Nitrik asit miktarı azaldıkça çözeltide sıcaklık yükselmeye devam eder ve en sonunda perklorik asidin parçalanmamış organik materyali de oksitlemesiyle çözeltinin rengi açılmıştır. Perklorik asidin yoğun beyaz dumanları erlenmayerin içini tamamen kapladıktan sonra yakmaya en az 30 dakika daha devam edildi. Yakmanın sonunda erlenmayer içinde yaklaşık 1 mL perklorik asit kalmıştır ve bitki çözeltisi beyaz renkli olmuştur. Yeterince soğuduktan sonra erlenmayere bir miktar saf su ilave edilip, çalkalanır ve kantitatif olarak 100 mL'lik ölçü balonuna aktarılmıştır. Oda sıcaklığına ulaştıktan sonra ölçü balonu saf su ile derecesine tamamlanıp, çalkalanıp ve silisyumun dibe çökmesi için en az 5–6 saat beklenmiştir. Gerekli görülürse süzerek veya santrifüj ederek silisyum bitki çözeltisinden ayrılmıştır. Şekil 3.11'de laboratuvar çalışmalarından bir bölüm görülmektedir.

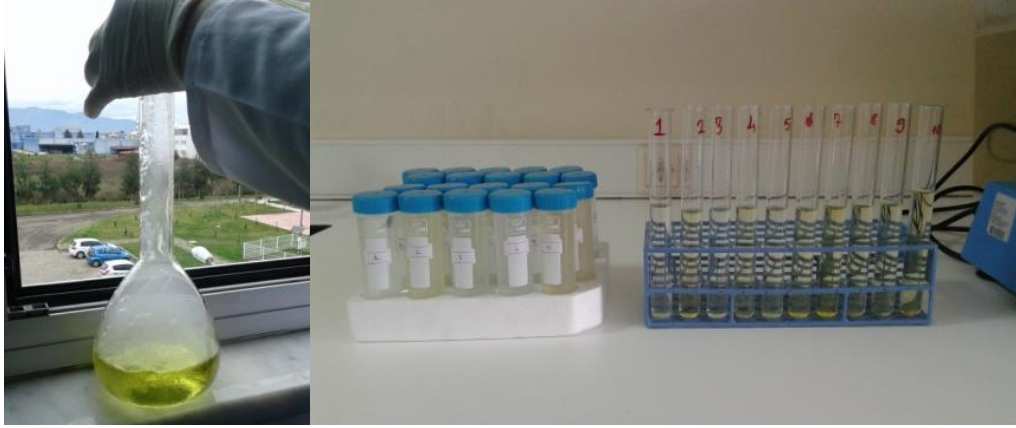


Şekil 3.11 Nitrik-Perklorik Asit Karışımı ile Yaş Yakma Yöntemi

3.2.3.4.2 Vanadomolibdofosforik Sarı Renk Yöntemi

Analizin prosedürü: Barton çözeltisi ve standart fosfor çözeltisi kullanılan kimyasal maddelerdir (Şekil 3.12). Öğütülmüş ve kurutulmuş 0.5 g bitki örneği kuru veya yaş yakma yöntemlerinden biri ile yakıldı ve son hacim distile su (dH₂O) ile 100 mL'ye tamamlandı. Bu bitki çözeltisinden alınan 5 mL kısım 50 mL'lik ölçü balonuna konuldu. Ölçü balonuna çözelti hacmi yaklaşık 40 mL olana değin dH₂O

ilave edilmiştir. Son olarak çalkalayarak 5 mL Barton çözeltisi ilave edildi. Balon dH₂O ile derecesine tamamlandı ve çalkalandı. Barton çözeltisinin ilavesinden 10 dakika sonra 430 nm dalga boyuna ayarlı spektrofotometrede renkli çözeltinin ışık absorpsiyonu belirlendi.



Şekil 3.12 Vanadomolibdofosforik Sarı Renk Yöntemi (Barton Çözeltisi)

Standart eğrinin hazırlanması: Örneğin yakıldığı yöntem ile sadece kimyasal maddeler kullanılarak hazırlanan “tanık” dH₂O ile 100 mL’ye tamamlanmıştır. Aynen örnek belirlemede kullanılan miktarda, 5 mL, bir seri 50 mL’lik ölçü balonuna konulmuştur. Daha sonra 50 mg/L P içeren standart çözeltiden sırayla 0, 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12 ve 15 mL’lik kısımlar ölçü balonlarına ilave edilmiştir. Bu çözeltiler sırayla konsantrasyonu 0, 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12 ve 15 mg/L P olan standartları oluşturmuştur. Bundan sonra yukarıda belirtilen işlemler uygulanarak renkli çözeltilerin ışık absorpsiyonları 430 nm dalga boyuna ayarlı spektrofotometrede belirlenip ve standart eğri hazırlanmıştır. Hesaplaması ise şu şekilde yapıldı; 0.5 g bitki örneği yakılıp ve 100 mL’ye tamamlandı. Bu çözeltiden alınan 5 mL kısım ile 50 mL’lik ölçü balonunda renk oluşturuldu.

$$\text{Bitkide toplam P (mg/kg)} = St \times F \quad (3.28)$$

St= Tanık çözeltilisine göre düzeltilmiş bitki çözeltilisine ait spektrofotometredeki okuma için standart kurveden bulunan P miktarı (mg/L)

$$F = (100/0.5) \times (50/5) = 2000 \quad (3.29)$$

$$\text{Bitkide toplam P \%} = P \text{ (mg/kg)}/10000 \quad (3.30)$$

3.2.3.5 Makro ve Mikro Element Analizi

HNO₃–HClO₄ (4:1, v/v) çözeltisi kullanılarak yaş yakma metodu (Kacar ve İnal, 2010) ile elde edilen bitki numunelerinde (Şekil 3.13) Ca, Cu, Mn ve Zn elementlerinin konsantrasyonu atomik absorpsiyon spektrofotometresi (AAS, Perkin Elmer A400) kullanılarak belirlenmiştir.



Şekil 3.13 Yaş Yakma Çalışması ve AAS Cihazı

3.2.3.6 Gaz Kromatografi Kütle Spektrometre (GC-MS) Sistemi ile Biyoaktif Bileşenlerin Analizi

Etanol ile hazırlanan su bitkilerinin ekstralarında biyoaktif bileşenlerin tespit edilmesi için Ordu Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı'nda bulunan gaz kromatografisi-kütle spektrometresi (GC-MS-QP2010 Ultra, Shimadzu) kullanılmış, analiz MS dedektör (Mass Spektrometre Detektor) ve Restek-Rtx-5 kolonda (30 m x 0.25 mm x 0.25 µm) 60°C // 320°C kolon sıcaklığında akış hızı dakikada 2.12 mL olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Örnekler cihaza verilmeden önce 1/10 oranında asetonitril ile seyreltilmiştir. Numune değerlendirmesi % alan dağılımına göre kalitatif olarak yapılmıştır. İntegrasyonlar genel olarak en büyük 30 pik üzerinden yapılmıştır. Piklerin tanımlanmasında W9N11 kütüphanesi kullanılmıştır.

3.2.4 Toplam Fenolik Madde İçeriğinin Belirlenmesi

Ekstraktların fenolik madde içeriği Folin-Ciocalteu metoduna göre belirlenmiştir (Singleton ve Rossi, 1965). Bu yöntem, fenolik maddelerin Folin-Ciocalteu (FCR) reaktifinin içerdiği fosfomolibdik-fosfotungistik çözeltisini indirgeyerek mavi bir kompleks oluşturmaları ve bu mavi rengin spektrofotometrik olarak ölçülmesi ilkesine dayanır (Abdulkasım ve ark., 2007).

Analizde kullanılan çözeltiler:

1:10 (v/v)'luk Folin-Ciocalteu reaktifi (FCR): 10 mL FCR alınarak toplam hacim dH₂O ile 100 mL'ye tamamlanır.

%2'lik Na₂CO₃ çözeltisi: 2 g Na₂CO₃ alınarak dH₂O ile çözülür ve son hacim 100 mL'ye tamamlanır.

0.25 mg/mL gallik asit (GA) çözeltisi: Standart çözelti olarak kullanılan GA çözeltisini hazırlamak için, 25 mg GA önce bir miktar dH₂O ile çözülür, sonra 100 mL'ye tamamlanır.

Analizin prosedürü: Numunelerin toplam fenolik madde içerikleri gallik asit (GA) kullanılarak hazırlanan standart kalibrasyon eğrisinden yararlanılarak GA eşdeğeri olarak (mg GAE/g kuru ekstrakt) belirlenir. Bunun için, öncelikle 0.25 mg/mL konsantrasyonunda hazırlanmış olan GA standart çözeltisinden farklı miktarlarda alınır, değişen konsantrasyonlarda olacak şekilde gerçekleştirilen işlem sonucunda konsantrasyon-absorbans grafiği çizilir. Kalibrasyon eğrisi oluşturulması amacıyla, GA'nın değişen hacimleri test tüpleri içerisinde Çizelge 3.3'de belirtildiği şekilde 650 µL FCR (1:10 oranında) ve 500 µL %2'lik Na₂CO₃ çözeltisi ile karıştırıldıktan sonra son hacmi eşitleyecek kadar su ilave edilir. Hazırlanan numuneler 1 saat oda sıcaklığında karanlıkta bekletildikten sonra, her bir tüpün absorbansı spektrofotometrede 760 nm dalga boyunda suya karşı ölçülür. Aynı işlem ekstraktlar için de gerçekleştirilir. Kalibrasyon eğrisinin grafik denkleminde yararlanılarak ekstraktların fenolik madde içeriği mg GAE/g kuru ekstrakt şeklinde hesaplanır.

Çizelge 3.3 Toplam Fenolik Madde Tayini İçin Yapılan Pipetlemeler*

	Kör	Numune Körü	Standart	Numune
Ekstrakt	-	50	-	50
GA çözeltisi	-	-	0-200	-
FCR	650	-	650	650
Na₂CO₃ çözeltisi	500	-	500	500
Su	200	1300	200-0	150

*Tüm hacimler µL birimindedir.

3.2.5 Antioksidan Aktivitenin Belirlenmesi

3.2.5.1 Toplam Flavonoid Madde İçeriğinin Belirlenmesi

Su bitkilerinin ekstrelerindeki flavonoid içeriği kuersetin eşdeğeri (QTE) olarak Arvouet-Grand ve arkadaşları (1994)'nin metoduna göre belirlenmiştir.

Analizde kullanılan çözeltiler:

%2'lik AlCl₃ çözeltisi: Tartımı yapılan 2 g AlCl₃ dH₂O ile çözülür, son hacim dH₂O ile 100 mL'ye tamamlanır.

0.25 mg/mL kuersetin (QT) çözeltisi: Standart olarak kullanılan QT çözeltisi hazırlamak için, 25 mg QT önce bir miktar etanolde çözülür, sonra 100 mL'ye tamamlanır.

Analizin prosedürü: Bu yöntemle göre, metanolde hazırlanmış %2'lik AlCl₃ çözeltisinin 1 mL'si 1 mL ekstrakt ya da standartla karıştırılır. Hazırlanan numunelerin 415 nm'deki absorbansları 20 dak. sonra hazırlanan köre karşı spektrofotometrede ölçülür. Farklı kuersetin (QT) konsantrasyonlarına karşılık gelen absorbans değerleri ile QT standart grafiği çizilir ve elde edilen grafiğin doğru denklemi sayesinde ekstraktların flavonoid madde içerikleri mg QTE/g kuru ekstrakt şeklinde belirlenir. Çizelge 3.4'de numunelerin hazırlanışı görülmektedir.

Çizelge 3.4 Toplam Flavonid Madde Tayini İçin Yapılan Pipetlemeler*

	Kör	Numune Körü	Standart	Numune
Ekstrakt	-	50	-	50
QT çözeltisi	-	-	0-100	-
Metanol	300	250	300-200	250
AlCl₃ çözeltisi	-	-	1000	1000
Su	1000	1000	-	-

*Tüm hacimler μ L birimindedir.

3.2.5.2 Toplam Antioksidan Aktivitenin Belirlenmesi

Bitki ekstraktlarının toplam antioksidan aktivitesi (TAA) fosfomolibdenyum metodu kullanılarak spektrofotometrik olarak belirlenmiştir (Prieto ve ark., 1999). Bu metodun temeli Mo(VI)'nın Mo(V)'e indirgenmesi ve asidik ortamda yeşil renkli fosfat/Mo(V) kompleksinin oluşumuna dayanır.

Analizde kullanılan çözeltiler:

Sodyum fosfat çözeltisi: 250 mM 1 L sodyum fosfat (Na₃PO₄) çözeltisi hazırlamak için, 40.985 g Na₃PO₄ tartılır, dH₂O ile çözülerek son hacim 1 L'ye tamamlanır.

Amonyum molibdat çözeltisi: 25 mM 1 L amonyum molibdat ((NH₄)₂MoO₄) çözeltisi hazırlamak için, 30.896 g ((NH₄)₂MoO₄) tartılır, dH₂O ile çözülerek son hacim 1 L'ye tamamlanır.

Sülfürik asit çözeltisi: 5 M 1 L sülfürik asit (H₂SO₄) çözeltisi hazırlamak için, 18 M'lık derişik H₂SO₄ çözeltisinden (d=1.84 g/mL, %97'lik) 276.243 mL alınır, son hacim dH₂O ile 1 L'ye tamamlanır.

Reaktif çözeltisi: 0.6 M H₂SO₄, 28 mM Na₃PO₄ ve 4 mM (NH₄)₂MoO₄ içerecek şekilde reaktif çözeltiyi hazırlamak için, H₂SO₄ çözeltisinden 12 mL, Na₃PO₄ çözeltisinden 11.2 mL ve (NH₄)₂MoO₄ çözeltisinden 16 mL alınır, dH₂O ile son hacim 100 mL'ye tamamlanır.

Analizin prosedürü: Su bitkisi ekstraktları, reaktif çözeltisi ile kapaklı bir santrifüj tüpü içerisinde karıştırılır (Çizelge 3.5). Kapağı sıkıca kapatılan tüpler, kaynayan su banyosunda 90 dak. inkübe edilir. Süre sonunda numuneler oda sıcaklığına soğutulup, spektrofometrede 695 nm'de absorbansları suya karşı ölçülür. Kör için, ekstrakt çözücüsü metanol ile reaktif çözeltisinin karışımı kullanılır. Ayrıca, aynı deneme şartlarında, farklı konsantrasyonlarda olacak şekilde, 0.25 mg/mL stok askorbik asit (AA) çözeltisi kullanılarak hazırlanan standart çalışma grafiğinden yararlanarak, bitki numunelerinin TAA değerleri AA eşdeğeri (mg AA/g kuru numune) şeklinde ifade edilir.

Çizelge 3.5 Toplam Antioksidan Aktivite Tayini İçin Yapılan Pipetlemeler*

	Kör	Numune	Standart	Numune Körü
Reaktif çözelti	1267.5	1267.5	1267.5	-
Ekstrakt	-	32.5	-	32.5
Su/Metanol	32.5		250-0	1267.5
Askorbik asit	-	-	0-250	-

*Tüm hacimler µL birimindedir.

3.2.5.3 DPPH Serbest Radikal Temizleme Aktivitesinin Belirlenmesi

Bitki numunelerinin DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil, C₁₈H₁₂N₅O₆) radikal süpürücü aktivite tayini Sanchez-Moreno ve ark. (1998) tarafından bildirilen yöntem kullanılarak gerçekleştirilmiştir. DPPH analizi, antioksidan aktiviteyi değerlendirmek için (serbest radikallerin süpürülmesi açısından) kullanılan hızlı bir spektroskopik yöntemdir. DPPH radikali herhangi bir antioksidan madde ile tepkimeye girdiği

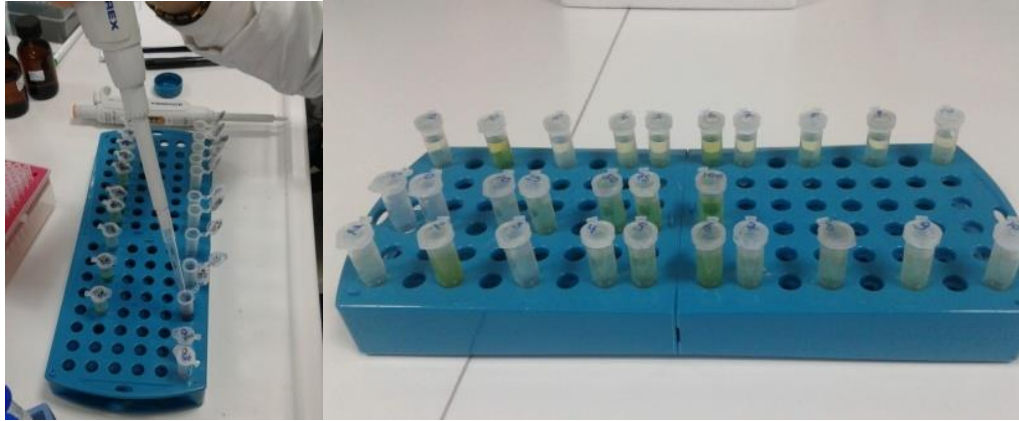
zaman indirgenme sonucu mor rengin şiddeti azalır. Bu durum 517 nm dalga boyundaki çözeltinin absorpsiyonunun da azalmasına yol açar. Absorpsiyondaki azalma yakalanan elektron sayısı ile doğru orantılıdır.

Analizde kullanılan çözeltiler:

Bu analizde, DPPH radikalinin metanolik çözeltisi kullanılır (Çizelge 3.6). Uygun miktarda DPPH metanolde çözülür, 517 nm'deki absorpsiyonu 1.00'in altında olacak şekilde taze olarak hazırlanır. Hazırlanan çözelti karanlık ortamda, +4°C'de muhafaza edilir.

Analizin prosedürü: Su bitkisi ekstraktlarının 0.25 mg/mL'lik kısımları metanolde hazırlanan DPPH çözeltisiyle birleştirilir (toplam hacim 1.3 mL) ve karıştırılır (Şekil 3.14). Hazırlanan karışımlar oda sıcaklığında 30 dak. karanlıkta bekletilir. Süre sonunda her bir tüp içeriğindeki çözeltinin absorpsiyonu spektrofotometrede 517 nm'de ölçülür (A_{numune}). Körün de (DPPH çözeltisi ile metanol karışımı) aynı dalga boyunda absorpsiyonu kaydedilir ($A_{kör}$). Formül 3.31'deki eşitlik kullanılarak her bir ekstrakt için süpürme aktivitesi % olarak hesaplanır.

$$\text{Süpürme aktivitesi (\%)} = (A_{kör} - A_{numune}) / A_{kör} \quad (3.31)$$



Şekil 3.14 DPPH Radikali Temizleme Aktivitesi Analizi İçin Hazırlık

Çizelge 3.6 DPPH Serbest Radikal Temizleme Aktivitesinin Tayini İçin Yapılan Pipetlemeler*

	Kör	Numune Körü	Numune
Metanolik DPPH çözeltisi	1250	-	1250
Metanol	50	1250	-
Ekstrakt	-	50	50

*Tüm hacimler μL birimindedir.

3.2.5.4 Demir(II) İyonları İle Şelat Oluşturma Aktivitesinin Belirlenmesi

Su bitkisi numunelerinin etanol ekstraktlarının Fe(II) ile şelat oluşturma kapasitelerini belirlemek için, ekstraktların ferrozin-Fe(II) kompleks oluşumunu inhibe edebilme güçleri Dinis ve ark. (1994) tarafından bildirilen yöntemle göre incelenmiştir.

Analizin prosedürü: Bitki ekstraktları 2 µM FeCl₂.4H₂O çözeltisi ile birleştirildikten sonra karıştırılır (Çizelge 3.7). Oda sıcaklığında 30 dak. inkübasyona bırakıldıktan sonra bu karışıma 5 µM ferrozin çözeltisi ilave edilerek karıştırılır. Karışım 10 dak. inkübe edilir. İnkübasyondan sonra karışımların absorbansları FeCl₂ ve su kullanılarak hazırlanan köre karşı 562 nm dalga boyunda absorbans değerleri kaydedilir. Ferrozin-Fe(II) kompleks oluşumunun inhibisyon yüzdesi 3.32'deki eşitlik kullanılarak hesaplanır.

$$\text{Şelat oluşturma aktivitesi (\%)} = (A_{\text{kör}} - A_{\text{numune}}) / A_{\text{kör}} \times 100 \quad (3.32)$$

Çizelge 3.7 Fe(II) Şelat Oluşturma Aktivitesinin Tayini İçin Yapılan Pipetlemeler*

	Kör	Numune	Numune Körü
FeCl ₂ çözeltisi	32	32	-
Ekstrakt	-	25-100	25-100
Su	1300	1204-1129	1275-1200
Ferrozin çözeltisi	64	64	-

*Tüm hacimler µL birimindedir.

3.2.5.5 Demir(III) İyonu İndirgeyici Antioksidan Gücün Belirlenmesi (FRAP)

Su bitkisi ekstraktlarının demir iyonu indirgeyici antioksidan gücünü analiz etmek için Oyaizu (1986)'nın yöntemi kullanılmıştır. Antioksidan kapasiteyi belirlemek için oldukça kolay uygulanabilir ve ucuz bir yöntemdir. Bu yöntemde demir(III)'ün indirgenme kapasitesi yoluyla antioksidanların toplam miktarı belirlenir. Düşük miktarlarda oluşan Fe(III)'ün tripiridiltriazin (TPTZ) ile reaksiyonu sonucu oluşan kompleksi [Fe(III)-TPTZ], antioksidanların varlığında Fe(II)-tripiridiltriazin kompleksine [Fe(II)-TPTZ] indirgenir. Yöntem, mavi renkli Fe(II)-TPTZ kompleksinin 595 nm dalga boyundaki maksimum absorbans vermesi esasına dayanır (Oyaizu, 1986).

Analizde kullanılan çözeltiler:

0.3 M asetat tamponu (pH: 3.6): 4 g sodyum asetat trihidrat ($C_2H_3NaO_2 \cdot 3H_2O$) bir miktar dH_2O ile çözülür. Asetik asit ile pH'sı 3.6'ya ayarlanır. Toplam hacim dH_2O ile 100 mL'ye tamamlanır.

40 mM HCl çözeltisi: 12 M'lık derişik HCl çözeltisinden 0.33 mL alınır, son hacim dH_2O ile 100 mL'ye tamamlanır.

10 mM TPTZ (2,4,6-Tris (2-Piridil)-S-triazin) çözeltisi: 0.312 g TPTZ 40 mM HCl içinde son hacim 100 mL olacak şekilde çözülür.

20 mM $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ çözeltisi: 0.54 g $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ alınır, dH_2O ile çözülür, son hacim dH_2O ile 100 mL'ye tamamlanır.

FRAP reaktifinin hazırlanması: Daha önce hazırlanmış olan 2.5 mL $FeCl_3 \cdot 6H_2O$, 2.5 mL TPTZ ve 25 mL 0.3 M asetat tamponu (pH=3.6) karıştırılarak taze olarak hazırlanır.

25 mM troloks (6-hidroksi-2,5,7,8-tetrametilkroman-2-karboksilik asit) çözeltisi: Standart olarak kullanılan troloksun 25 mM'lık stok çözeltisi, 0.626 g troloksun son hacim 100 mL olacak şekilde etanol içerisinde çözülmesiyle hazırlanır. Kalibrasyon eğrisinin oluşturulması sırasında alkol ile uygun konsantrasyona seyreltilerek kullanılır.

Analizin prosedürü: 25 μL bitki ekstraktlarının üzerine 600 μL FRAP reaktifi ve 0-100 μL farklı konsantrasyonlarda olacak şekilde troloks çözeltisi ve etanol karışımı ilave edilir. Daha sonra 37 °C'de 30 dak. inkübasyona bırakılır. İşlem sonrasında 595 nm'de numunelerin absorbanları suya karşı okunur ve kaydedilir. Sonuçlar standart antioksidan troloksun kullanılmasıyla aynı deneme şartlarında elde edilen standart kalibrasyon grafiğinden yararlanarak troloks eşdeğeri ($\mu mol TE/100 g$ numune) olarak hesaplanır. Analiz için yapılan pipetleme işlemleri Çizelge 3.8'de verilmiştir.

Çizelge 3.8 FRAP Metodu Tayini İçin Yapılan Pipetlemeler*

	Kör	Numune Körü	Standart	Numune
FRAP reaktifi	600	-	600	600
Su	700	1200	0-100	600
Ekstrakt	-	100	-	100
Troloks	-	-	0-100	-

*Tüm hacimler μL birimindedir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

On farklı su bitkisi olan *Cystoseira barbata* (1), *Scytosiphon lomentaria* (2), *Corallina officinalis* (3), *Ceratophyllum demersum* (4), *Ceratophyllum submersum* (5), *Hydrocharis morsus-ranae* (6), *Myriophyllum spicatum* (7), *Azolla filiculoides* (8), *Ranunculus sphaerospermus* (9), *Stuckenia pectinate* (10) türlerinde yapılan biyolojik ve biyokimyasal analiz bulguları başlıklar halinde aşağıda açıklanmıştır.

4.1 Su Bitkilerinin Biyokimyasal Analizleri

4.1.1 Fotosentetik Pigment Analizi Sonuçları

Deniz makro alglerinin ve tatlısu makrofitlerinin fotosentetik pigment analizleri farklı çözücüler kullanılarak spektrofotometrik olarak ölçülmüş ve pigment içerikleri hesaplanmıştır. Sonuçlar Çizelge 4.1’de verilmiştir.

%100 aseton çözücüsü kullanıldığında; K1-a değeri en yüksek 2 numaralı türde 33.457 mg/g, en düşük 3 numaralı türde 4.260 mg/g; K1-b değeri en yüksek 7 numaralı türde 48.242 mg/g, en düşük 3 numaralı türde 1.511 mg/g; Top. K1 miktarı en yüksek 7 numaralı türde 79.022 mg/g, en düşük 3 numaralı türde 5.771 mg/g;

Top. Kar. miktarı ise en yüksek 1 numaralı türde 13.954 mg/g, en düşük 3 numaralı türde 0.899 mg/g olarak hesaplanmıştır.

%80 aseton çözücüsü kullanıldığında; Kl-*a* değeri en yüksek 7 numaralı türde 32.531 mg/g, en düşük 3 numaralı türde 4.450 mg/g; Kl-*b* değeri en yüksek 7 numaralı türde 24.266 mg/g, en düşük 3 numaralı türde 1.605 mg/g; Top. Kl miktarı en yüksek 7 numaralı türde 56.797 mg/g, en düşük 3 numaralı türde 6.055 mg/g; Top. Kar. miktarı ise en yüksek 1 numaralı türde 17.284 mg/g, en düşük 3 numaralı türde 0.624 mg/g olarak hesaplanmıştır.

%95 etanol çözücüsünde; Kl-*a* değeri en yüksek 5 numaralı türde 31.173 mg/g, en düşük 3 numaralı türde 4.190 mg/g; Kl-*b* değeri en yüksek 7 numaralı türde 45.663 mg/g, en düşük 3 numaralı türde 2.916 mg/g; Top. Kl miktarı en yüksek 7 numaralı türde 75.698 mg/g, en düşük 3 numaralı türde 7.105 mg/g; Top. Kar. miktarı ise en yüksek 2 numaralı türde 8.632 mg/g, en düşük 3 numaralı türde 0.437 mg/g olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.1 Su Bitkilerinin Farklı Çözücülerdeki Pigment İçerikleri (mg/g)

%100 ASETON	Pigment	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Kl- <i>a</i>	33.354	33.457	4.260	31.685	31.690	19.862	30.780	30.730	15.985	22.943
	Kl- <i>b</i>	15.052	14.142	1.511	27.683	26.887	11.481	48.242	14.480	7.794	10.313
	Top. Kl	48.406	47.599	5.771	59.368	58.577	31.343	79.022	45.210	23.778	33.257
	Top. Kar.	13.954	12.610	0.899	7.439	9.468	4.361	4.185	10.258	4.946	6.571
%80 ASETON	Pigment	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Kl- <i>a</i>	30.584	28.370	4.450	21.975	25.724	13.059	32.531	21.511	9.571	14.439
	Kl- <i>b</i>	6.141	5.253	1.605	15.420	19.391	9.471	24.266	9.349	6.795	7.229
	Top. Kl	36.725	33.623	6.055	37.395	45.115	22.530	56.797	30.860	16.366	21.668
	Top. Kar.	17.284	9.802	0.624	7.581	9.775	3.576	8.155	10.657	4.363	4.945
%95 ETANOL	Pigment	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Kl- <i>a</i>	21.049	30.240	4.190	30.959	31.173	19.561	30.035	29.756	15.194	26.638
	Kl- <i>b</i>	2.670	4.901	2.916	25.656	23.900	12.411	45.663	14.396	8.680	13.378
	Top. Kl	23.719	35.141	7.105	56.616	55.073	31.972	75.698	44.151	23.875	40.015
	Top. Kar.	7.485	8.632	0.437	3.765	5.493	2.950	-2.500	8.139	3.512	5.895
	Pigment	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

	Kl- <i>a</i>	29.615	28.066	3.824	29.080	29.337	13.298	27.959	25.066	12.959	20.307
	Kl- <i>b</i>	3.721	5.214	2.575	23.550	20.435	9.425	49.316	12.199	7.215	9.913
	Top. Kl	33.336	33.280	6.399	52.631	49.772	22.723	77.276	37.265	20.174	30.220
	Top. Kar.	10.408	6.846	0.247	3.325	4.811	1.810	-5.529	7.040	2.718	4.468

%90 METANOL	Pigment	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Kl- <i>a</i>	3.359	3.556	3.581	12.119	12.075	7.639	27.397	7.484	4.957	8.416
	Kl- <i>b</i>	2.756	5.147	5.401	12.542	13.169	7.998	25.813	7.455	5.215	6.316
	Top. Kl	6.115	8.703	8.982	24.661	25.244	15.636	53.210	14.939	10.172	14.732
	Top. Kar.	4.219	9.655	0.281	3.824	5.644	1.700	5.558	6.090	2.259	3.106

KLOROFORM	Pigment	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Kl- <i>a</i>	1.180	3.036	0.693	6.272	11.542	12.392	32.091	30.108	3.906	14.212
	Kl- <i>b</i>	0.776	0.713	0.789	3.025	5.279	5.082	19.408	10.966	1.825	5.351
	Top. Kl	1.956	3.749	1.482	9.297	16.821	17.474	51.499	41.074	5.731	19.564
	Top. Kar.	0.364	0.821	0.181	1.241	2.833	2.392	6.792	9.103	1.200	3.724

%100 metanol çözücüsü kullanıldığında; Kl-*a* değeri en yüksek 1 numaralı türde 29.615 mg/g, en düşük 3 numaralı türde 3.824 mg/g; Kl-*b* değeri en yüksek 7 numaralı türde 49.316 mg/g, en düşük 3 numaralı türde 2.575 mg/g; Top. Kl miktarı en yüksek 7 numaralı türde 77.276 mg/g, en düşük 3 numaralı türde 6.399 mg/g; Top. Kar. miktarı ise en yüksek 1 numaralı türde 10.408 mg/g, en düşük 7 numaralı türde 0.247 mg/g olarak hesaplanmıştır.

%90 metanol çözücüsünde; Kl-*a* değeri en yüksek 7 numaralı türde 27.397 mg/g, en düşük 1 numaralı türde 3.359 mg/g; Kl-*b* değeri en yüksek 7 numaralı türde 25.813 mg/g, en düşük 1 numaralı türde 2.756 mg/g; Top. Kl miktarı en yüksek 7 numaralı türde 53.210 mg/g, en düşük 1 numaralı türde 6.115 mg/g; Top. Kar. miktarı ise en yüksek 2 numaralı türde 9.655 mg/g, en düşük 3 numaralı türde 0.281 mg/g olarak hesaplanmıştır.

Kloroform çözücüsünde ise Kl-*a* değeri en yüksek 7 numaralı türde 32.091 mg/g, en düşük 3 numaralı türde 0.693 mg/g; Kl-*b* değeri en yüksek 7 numaralı türde 19.408 mg/g, en düşük 2 numaralı türde 0.713 mg/g; Top. Kl miktarı en yüksek 7 numaralı türde 51.499 mg/g, en düşük 3 numaralı türde 1.482 mg/g; Top. Kar. miktarı ise en yüksek 8 numaralı türde 9.103 mg/g, en düşük 3 numaralı türde 0.181 mg/g olarak hesaplanmıştır.

Yapılan çalışmada elde edilen pigment analizi sonuçlarına göre 7 numaralı submers bitki *Myriophyllum spicatum*, test edilen diğer dokuz su bitkisine göre daha zengin oranda klorofil içermektedir. Kırmızı su yosunu olan *Corallina officinalis* ise test edilen diğer türlere göre daha az oranda klorofil içermektedir.

4.1.2 Kül Analizi

Su bitkilerinin %ham kül analiz sonuçları Çizelge 4.2’de verilmiştir. En yüksek değer %84.60 olarak 3 numaralı tür *Corallina officinalis* için hesaplanırken, en düşük değer %12.13 olarak 8 numaralı tür *Azolla filiculoides*’de tespit edilmiştir.

Çizelge 4.2 Su Bitkilerinin Ham Kül İçeriği (%)

Bitkiler	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
% Kül	12.76	21.35	84.60	15.06	12.98	20.07	27.90	12.13	28.84	14.25

4.1.3 Azot ve Protein İçeriği

Kjeldahl metoduna göre belirlenen su bitkilerinin azot ve protein içeriği % olarak hesaplanmış ve Çizelge 4.3’de gösterilmiştir. Yapılan analize göre her on bitkide de belirlenen %N ve %protein miktarı en yüksek değer 6 numaralı tatlısu makrofiti olan *H. morsus ranae*’de (%N= 5.04; %protein= 31.5), en az değer ise 3 numaralı kırmızı makro alg olan *C. officinalis*’de (%N= 0.336; %protein= 2.1) tespit edilmiştir.

Çizelge 4.3 Su bitkilerinin %azot ve %protein içeriği

Bitkiler	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
%N	2.68	4.36	0.33	4.98	2.85	5.04	4.36	3.56	2.96	3.19
%Protein	16.8	27.3	2.1	31.15	17.85	31.5	27.3	22.25	18.55	19.95

4.1.4 Fosfor Analizi

Yapılan analizde incelenen on bitki türüne baktığımızda; en yüksek P miktarı 3 numaralı tür *Corallina officinalis*’de %0.129 hesaplanırken, en düşük miktar ise 10 numaralı tür *Stuckenia pectinata*’da %0.279 olarak hesaplanmıştır. Diğer su bitkilerinin % P değerleri Çizelge 4.4’te verilmiştir.

Çizelge 4.4 Su bitkilerinin % P içeriği

Bitkiler	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
%P	0.134	0.252	0.129	0.224	0.174	0.244	0.341	0.243	0.213	0.279

4.1.5 Makro-Mikro Element Analizi

AAS ile yapılan element analizlerinde Ca, Cu, Mn ve Zn elementleri incelenmiş, her on su bitkisinde de en yüksek değere sahip element Ca olarak tespit edilmiştir. Bitkilerin bünyesinde en az bulunan element ise Zn olarak belirlenmiştir. Analiz sonucu elde edilen AAS değerleri Çizelge 4.5'te görülmektedir. Analizler sırasında Mn mikro elementi için kullanılan tüp tükendiği için, son dört numunenin Mn analizleri yapılamamıştır (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5 Su Bitkilerinde Bazı Element Analizi Sonuçları (mg/g)

Numuneler	Zn	Ca	Cu	Mn
<i>C. barbata</i>	0.0213	3.586	0.0036	0.033
<i>S. lomentaria</i>	0.0371	2.232	0.0036	0.0196
<i>C. officinalis</i>	0.0091	6.596	0.0018	0.0216
<i>C. demersum</i>	0.00082	3.072	0.0023	0.5036
<i>C. submersum</i>	0.0021	1.4402	0.0053	0.5818
<i>H. morsus ranae</i>	0.00178	2.658	0.0051	0.395
<i>M. spicatum</i>	0.00176	1.014	0.009	-
<i>A. filiculoides</i>	0.0042	0.087	0.0043	-
<i>R. sphaerospermus</i>	0.0019	5.518	0.0052	-
<i>S. pectinata</i>	0.0092	3.234	0.0032	-

4.1.6 Su Bitkilerinin Biyoaktif Bileşenleri

Yapılan GC-MS analizleri sonuçlarına göre, incelenen su bitkilerinin içerdiği biyoaktif bileşenlerin listesi fonksiyonel gruplara ayrılarak EK 1'de verilmiştir. % alan olarak değerlendirilen analiz sonucunda, incelenen su bitkilerinde toplam 126 biyokimyasal bileşen tespit edilmiştir. GC-MS analizinde türlerinin etanol ekstraktları incelenmiştir.

S. lomentaria (kahverengi alg) etanol ekstraktında en yüksek % alana sahip madde bir doymamış alkol olan “kolest-5-en-3-ol, 24-propiliden-, (3.beta.)-” olarak belirlenmiştir (%54.21). Kızıl eğrelti *A. filiculoides* ekstresinde ise en yüksek % alana (%28.09) bir steroidal alkol olan “.gamma.-sitosterol” sahiptir. Kalkerli kırmızı alg *C. officinalis* ekstresinde en yüksek % alana (%39.25) bir ester türü olan “kolestan-3,5-diol, 5-asetat, (3.beta.,5.alfa.)-”nın sahip olduğu tespit edilmiştir. Son

olarak su çiçeği *R. sphaerospermus* ekstresinde ise en yüksek % alanı bir karboksilik asit olan “oktadekanoik asit”in içerdiği sonucuna ulaşılmıştır (%34.65).

İncelenen on bitki ekstresinde de ortak olarak belirlenen madde bir alken türü olan “neofitadien”dir. Fakat doymamış alkol türü olan “3,7,11,15-tetrametil-2-heksadesen-1-ol” ve karboksilik asit türleri olan “n-hekzadekanoik asit” ve “oktadekanoik asit” *C. barbata* ekstresi hariç diğer bitki ekstralarında ortak olarak kaydedilmiştir.

Kahverengi alg *C. barbata*'nın etanol ekstresinde diğer bitkilerden farklı olarak alken türlerinden “1-dodesen” ve “spiro[2.5]okt-4-en, 1-asetil-1,4,8,8-tetrametil-” ester türlerinden “pentadekanoik asit”, “14-metil-, metil ester (CAS)” ve “hekzadekanoik asit, 1-(hidroksi metil)-1,2-etandil ester” ve karboksilik asit türü olarak “Araşidonik asit” kimyasalları bulunmaktadır.

İncelenen diğer kahverengi alg *S. lomentaria*'nın ise etanol ekstresinde diğer su bitkilerinin biyokimyasal bileşenlerinden farklı olan kimyasal maddeleri şunlardır; doymamış alkol türünden “(25S)-26-metil-24-metilen-kolest-5-en-3.beta.-ol” ve “9,19-sikloergost-24(28)-en-3-ol”, “4,14-dimetil-” “asetat”, “(3.beta.,4.alfa.,5.alfa.)-”, alken türünden “1-tetradesen” ve “psöduosarsasapogenin -5,20-dien” ve son olarak ester türlerinden “tetradekanoik asit”, “etil ester (CAS)”, “metil 6,9,12,15,18-heneikosapentaenoat”, “9-oktadekanoik asit”, “etil ester”, “etil 5,8,11,14,17-ikosaenoat”.

Kırmızı alg *C. officinalis* etanol ekstresinde diğerlerinden farklı olan kimyasal maddeler şunlardır; aromatik alkol olarak “fenol”, “3,5-bis(1,1-dimetiletıl)-”, alken olarak “1-dodesen (CAS)”, “tetradesen”, “dotriacontan (CAS)”, “9-eikosen”, “(E)-”, ester olarak “kolest-4-en-3-one”, “metil 8,10-dimetil-hekzadekanat or 8,10-dimetil-16:0”, “etil 14-metil-hekzadekanat”, aromatik ester olarak “toluen-4-sulfonik asit”, “2,7- dioksatrişiklo [4.3.1.0(3,8)]dec-10-yl ester”, doymamış keton olarak “kolest-4-en-3-one”, aldehit olarak “tridekanal (CAS)”, “pentadekanal-”, “palmitaldehit”, “dialil asetal (CAS)” ve son olarak doymamış aldehit” Z-7-hekzadekanal”.

Submers su bitkisi *C. demersum* etanol ekstresinde diğerlerinden farklı olan kimyasal maddeler şunlardır; doymamış alkol olarak “kolesta-4,6-dien-3-ol”, “(3.beta.)- (CAS)”, alken olarak “1-dodesen”, ester olarak “metil (Z)-5,11,14,17-

eikosatetraenoat”, keton olarak “stigma-3,5-dien-7-one”, doymamış karboksilik asit olarak “doconexent” ve “9,12-oktadekadienoik asit (Z,Z)-“, aldehit olarak “tetradekanal”, steroidal lipit olarak ise “kolesterol”.

Submers su bitkisi *C. submersum* makrofitinin etanol ekstresinde diğerlerinden farklı olan kimyasal maddeler şunlardır; alkol olarak, “beta.-sitosterol”, ester olarak “kolesta-4,6-dien-3-ol”, “benzoat”, “(3.beta.)- (CAS)”, keton olarak “sikloheksanon”, “2-(4,4,4- triklorobütil)-“, doymamış aldehit olarak “tetradekanal (CAS)”.

H. morsus-ranae makrofitinin etanol ekstresinde diğerlerinden farklı olan kimyasal maddeler şunlardır; alkol olarak “1-heneikosanol”, ester olarak “oktadekanoik asit”, “2-hidroksi-1,3-propanedil ester”, “triakontil asetat”, “9,19-sikloergost-24(28)-en-3-ol”, “4,14-dimetil-“, “asetat”, “(3.beta.,4.alfa., 5.alfa.)-“, “9,19-siklolanostan-3-ol”, “(3.beta.)- (CAS)”, keton olarak “4,22- stigmastadien -3-one”, doymamış aldehit olarak “7,11-hekzadekadialen”.

M. spicatum etanol ekstresinde diğerlerinden farklı olan kimyasal maddeler şunlardır; alken olarak “2,6,10,15-tetrametil-“, “seten”, alkan olarak “heptadesen”, “2,6,10,15-tetrametil-“, ester olarak “fitol”, “asetat”, doymamış keton olarak “4,22-stigmastadien-3-one”, “stigmast-4-en-3-one”, 6-nitro- sikloheksadekan -1,3-dion”.

Kızıl eğrelti *A. filiculoides* etanol ekstresinde diğerlerinden farklı olan kimyasal maddeler şunlardır; alkol olarak “1-hekzadekanol”, “3,7,11,15-tetrametil-“, steroidal alkol olarak “.gamma.-sitosterol”, alkan olarak “dodesen”, “1-siklolopentil-4-(3-siklopentilpropil)-“, “1,1,6-trimetil-3-metilen-2-(3,6,9,13-tetrametil-6- etenye-10,14-dimetilen-pentadec-4-enil)sikloheksan”, ester olarak “oktakosil heptaflorobütirat”, “9,19- siklolanost-24-en-3-ol, asetat”, “(3.beta.)-“, keton olarak “kolest-4-en-3-one (CAS)”, “stigmastan-3,6-dion, (5.alfa.)-“, sterol olarak “fukosterol”.

Su çiçeği *R. sphaerospermus* etanol ekstresinde diğerlerinden farklı olan kimyasal maddeler şunlardır; alkol olarak “katekol”, “kolesterol”, ester olarak “formik asit”, “2-propenil ester (CAS)”, “metil 2-hidroksi-oktadeka-9,12,15-trienoat”, keton olarak “(+)-(S)- 5-hidroksimetiloksolan -2-one”, karboksilik asit

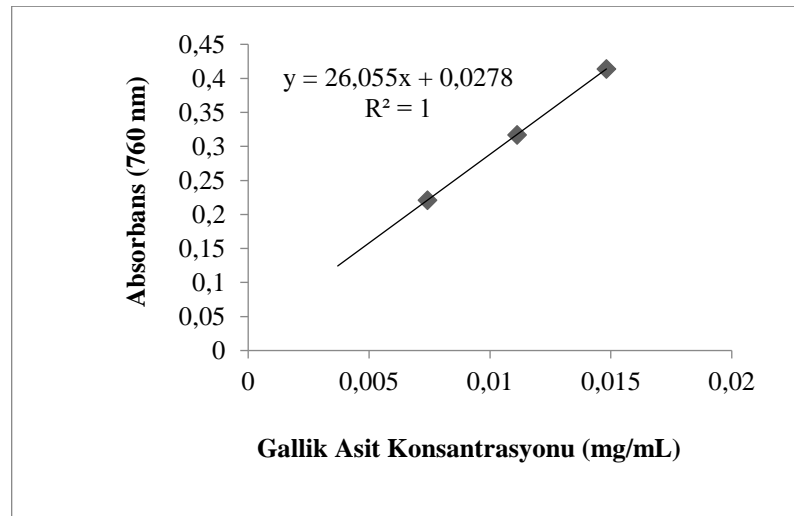
olarak “9,12-oktadekadienoik asit (Z,Z)-”, doymamış aldehit olarak “cis-9-hekzadekenal”, sterol olarak “.beta.-sitosterol”.

S. pectinata'nın ise etanol ekstresinde diğerlerinden farklı olan kimyasal maddeler şunlardır; doymamış alkol olarak “(Z)6,(Z)9- pentadecadien -1-ol”, alken olarak “3-hekzadecsen”, “(Z)- (CAS)”, “heptadesen (CAS)”, ester olarak “etil 9-hekzadekanot”, “oktadekanoik asit”, “etil ester (CAS)”, karboksilik asit olarak “9,12-oktadekadienoik asit (Z,Z)-”, sterol olarak “desmosterol”, “kampesterol”, “.gamma.-sitosterol”.

İncelenen bu türlerdeki biyokimyasal bileşenlerin listesi EK 1, EK 2 ve EK 3'te verilmiştir.

4.2 Toplam Fenolik Madde Analiz Sonuçları

Bu tez çalışması kapsamında incelediğimiz bitki numunelerinin etanol ekstraktlarının toplam fenolik madde miktarları Folin-Ciocalteu metoduna göre spektrofotometrik olarak GA eşdeğeri olarak belirlenmiştir. Farklı konsantrasyonlarda GA kullanılarak gerçekleştirilen testin sonucunda 760 nm'deki absorbans değerleri y-ekseninde ve GA konsantrasyon değerleri ise x ekseninde olacak şekilde bir standart çalışma grafiği oluşturulmuştur (Şekil 4.1). Elde edilen standart çalışma grafiğinde absorbans konsantrasyonla doğru orantılı olup, elde edilen doğru denkleminde ($y = 26.055x + 0.0278$) yararlanılarak her bir numune için toplam fenolik madde miktarları mg GAE/g numune olarak belirlenmiştir.



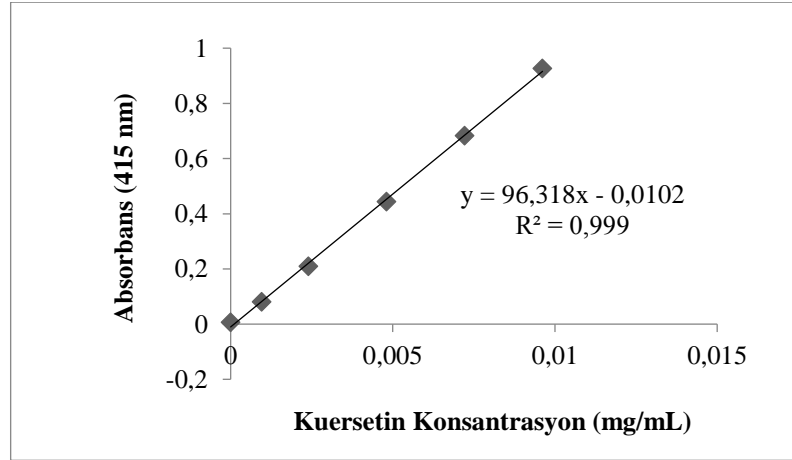
Şekil 4.1 Ekstraktların Toplam Fenolik Madde Miktarlarının Belirlenmesi İçin GA Kullanılarak Hazırlanan Standart Çalışma Grafiği

Hesaplamalar sonucu elde edilen sonuçlar Çizelge 4.6'da verilmiştir. *C. submersum* bitki ekstresi test edilen diğer dokuz türe göre daha zengin oranda fenolik madde içermektedir. Diğer türlerin fenolik içerikleri ise sırasıyla; *C. submersum*>*A. filiculoides*>*S. pectinata*>*C. demersum*>*M. spicatum*>*R. aquatilis*>*H. morsusranae*>*S. lomentaria*>*C. barbata*>*C. officinalis* olarak tespit edilmiştir. En az fenolik madde kırmızı su yosunu olan *C. officinalis*'te tespit edilmiştir.

4.3 Antioksidan Aktivitenin Tayini

4.3.1 Toplam Flavonoid Madde Analiz Sonuçları

Bitki numunelerinin etanol ekstraktlarının toplam flavonoid miktarlarının belirlenmesi için, kullanılan yöntemeye göre, önce farklı konsantrasyonlarda QT kullanılarak standart çalışma grafiği oluşturulmuştur (Şekil 4.2).



Şekil 4.2 Ekstraktların Toplam Flavonoid Miktarlarının Belirlenmesi İçin QT Kullanılarak Hazırlanan Standart Çalışma Grafiği

Yapılan çalışmada elde edilen sonuçlar Çizelge 4.6'da gösterilmiştir. *C. submersum* bitki ekstresi test edilen diğer türlere göre daha fazla miktarda flavonoid içermektedir. Diğer türlerin flavonoid içerikleri ise sırasıyla; *C. submersum*>*R. aquatilis*>*S. pectinata*>*A. filiculoides*>*C. demersum*>*M. spicatum*>*H. morsusranae*>*C. officinalis*>*C. barbata*>*S. lomentaria* olarak tespit edilmiştir. En az

flavonoid miktarı bir kahverengi su yosunu olan *S. lomentaria* ekstresinde tespit edilmiştir.

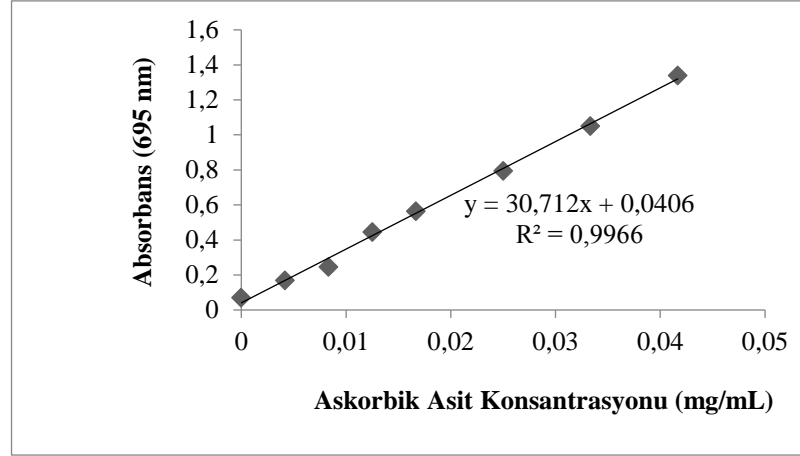
Çizelge 4.6 Ekstraktların Toplam Fenolik Madde İçerikleri ve Toplam Flavonoid İçerikleri

Materyal	Toplam Fenolik İçerik (mg GAE/g numune)	Toplam Flavonoid İçerik (mg QTE /g numune)
<i>C. barbata</i>	2.80	0.85
<i>S. lomentaria</i>	9.02	0.33
<i>C. officinalis</i>	1.35	1.04
<i>C. demersum</i>	33.04	3.84
<i>C. submersum</i>	98.47	15.14
<i>H. morsus-ranae</i>	10.05	2.08
<i>M. spicatum</i>	30.03	3.21
<i>A. filiculoides</i>	52.32	7.48
<i>R. aquatilis</i>	17.51	8.50
<i>S. pectinata</i>	33.88	8.04

4.3.2 Toplam Antioksidan Aktivite Sonuçları

Su bitkisi ekstraktlarının toplam antioksidan aktivite tayini için AA kullanılarak hazırlanan standart çalışma grafiği oluşturulmuştur (Şekil 4.3). Bu grafiğin doğru denkleminde yararlanarak tüm numunelerin TAA değerleri askorbik asit eşdeğeri olarak hesaplanmıştır. Her 10 bitki numunesi için hesaplanan TAA değerleri Çizelge 4.7’de görülmektedir.

Araştırma sonucunda 10 su bitkisinin TAA değerlerine baktığımızda; en fazla antioksidan aktivite bir hidrofüt türü olan *C. submersum* (126.62 mg/g) ekstresinde tespit edilirken, en az antioksidan aktivite ise bir kahverengi su yosunu türü olan *C. barbata*’da (3.23 mg/g) kaydedilmiştir. *C. submersum* molibdeni indirgeme kabiliyeti açısından diğer bitki türlerinden daha üstün özelliklere sahiptir.



Şekil 4.3 Ekstraktların Toplam Antioksidan Aktivite Tayini İçin AA Kullanılarak Hazırlanılan Standart Çalışma Grafiği

Çizelge 4.7 Ekstraktların Toplam Antioksidan Kapasitesinin İçerikleri

Materyal	Toplam Antioksidan Aktivite (mg AAE/g numune)
<i>C. barbata</i>	3.23
<i>S. lomentaria</i>	21.59
<i>C. officinalis</i>	5.19
<i>C. demersum</i>	88.30
<i>C. submersum</i>	126.62
<i>H. morsus-ranae</i>	18.66
<i>M. spicatum</i>	40.37
<i>A. filiculoides</i>	60.47
<i>R. aquatilis</i>	19.51
<i>S. pectinata</i>	115.11

4.3.3 DPPH Serbest Radikal Süpürme Aktivitesi Sonuçları

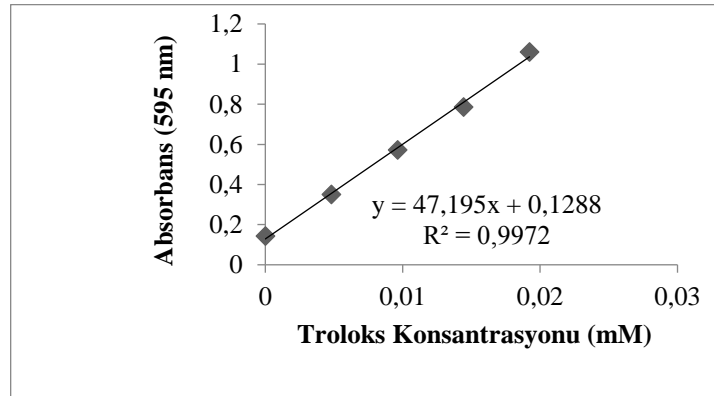
DPPH testi sonrasında her bir su bitkisi numunesinin 0.25 mg/mL lik konsantrasyonları için süpürme aktivitesi (%) değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 4.8). En yüksek antioksidan aktiviteyi *C. submersum* ekstresi göstermiştir (%96.03). Antioksidan etki sırası ise şu şekilde belirlenmiştir: *C. submersum*>*A. filiculoides*>*S. pectinata*>*C. demersum*>*M. spicatum*>*R. aquatilis*>*C. barbata*>*S. lomentaria*>*H. morsus-ranae*>*C. officinalis* şeklinde tespit edilmiştir.

4.3.4 Fe(II) İyonuyla Şelat Oluşturma Aktivite Sonuçları

Su bitkileri ekstraktlarından 0.25 mg/mL konsantrasyonları ile gerçekleştirilen test sonrası ortamdaki demir iyonlarının şelatlaşan miktarları elde edilen sonuçlara göre (Çizelge 4.8) şelat oluşturma %'si en fazla bir tatlısu hidrofit türü olan *H. morsus-ranae* ekstresinde tespit edilmiştir (%11.82). Bu değer yüksek olması bitki türünün test edilen diğer bitki türleri içerisinde Fe(II) iyonları ile şelatlaşma kapasitesine sahip daha fazla bileşen içerdiğini göstermektedir. Yapılan test sonucunda en düşük şelatlaşma aktivitesi (%3.13) ise kırmızı alg olan *C. officinalis* ekstresinde tespit edilmiştir.

4.3.5 Demir İndirgeyici Güç (FRAP) Testi Sonuçları

FRAP testi sonrasında ilk olarak standart antioksidan troloks kullanılarak elde edilen sonuçlar grafiğe geçirilmiş ve kalibrasyon eğrisi elde edilmiştir (Şekil 4.4). Bu kalibrasyon eğrisinden yararlanılarak numuneler için FRAP değerleri troloks eşdeğeri (μM troloks/g madde) türünden hesaplanmıştır. Hesaplanan bu değerler Çizelge 4.8'de görülmektedir.



Şekil 4.4 Ekstraktların FRAP Metodu ile Antioksidan Aktivite Tayini İçin Hazırlanılan Standart Çalışma Grafiği

FRAP yöntemine göre de en yüksek antioksidan aktiviteyi *C. submersum* bitki ekstresi göstermiştir. Sırasıyla antioksidan aktivite etkinliği ise şu şekilde tespit edilmiştir: *C. submersum*>*A. filiculoides*>*S. pectinata*>*C. demersum*>*M. spicatum*>*R. aquatilis*>*S. lomentaria*>*H. morsus-ranae*>*C. barbata*>*C. officinalis*.

FRAP yöntemine göre en düşük antioksidan aktivite kırmızı su yosunu *C. officinalis*'de tespit edilmiştir.

Çizelge 4.8 Ekstraktların FRAP Metodu ile Antioksidan Aktivite İçerikleri, Fe(II) İyonuyla Şelat Oluşturma Aktiviteleri ve DPPH Radikalini Süpürme Yüzdeleri

Materyal	FRAP ($\mu\text{mol TX/g}$ numune)	Şelat oluşturma % (0.25 mg/mL numune için)	DPPH % (0.25 mg/mL numunenin inhibisyon yüzdesi)
<i>C. barbata</i>	9.93	8.53	8.12
<i>S. lomentaria</i>	17.31	5.24	7.56
<i>C. officinalis</i>	8.16	3.13	0.55
<i>C. demersum</i>	99.62	3.91	32.47
<i>C. submersum</i>	315.98	5.48	96.03
<i>H. morsus-ranae</i>	12.69	11.82	3.78
<i>M. spicatum</i>	68.22	3.60	24.17
<i>A. filiculoides</i>	170.73	5.24	46.59
<i>R. aquatilis</i>	38.85	9.86	16.14
<i>S. pectinata</i>	112.02	7.59	35.70

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu tez çalışmasında, Güney Karadeniz kıyısında bulunan Ordu-Perşembe sahillerindeki kayalıklardan toplanan makro algler ile Samsun ili Terme ilçesindeki durgun su yüzeylerinden, sulak alanlarından, akarsularından ve kanallarından toplanan tatlısu makrofitleri materyal olarak kullanılmıştır. Ordu sahilinden toplanan 3 makro alg türünden ikisi kahverengi alg (*C. barbata*, *S. lomentaria*), birisi kırmızı algdir (*C. officinalis*). Diğer tatlısu makrofitleri (*C. demersum*, *C. submersum*, *H. morsus-ranae*, *M. spicatum*, *A. filiculoides*, *R. sphaerospermus* ve *S. pectinata*) Miliç Irmağı ve çevresindeki sulak alanlardan toplanmıştır. Tüm hidrofit örneklerinin biyolojik ve biyokimyasal özellikleri bu çalışmada incelenmiştir. Ordu sahili ve Miliç Irmağı çevresindeki sulak alanlarda oldukça yaygın ve üreme döneminde aşırı çoğalan bu türlerle ilgili yapılan literatür taramalarında, ülkemizde etnobotanik olarak kullanımı yönünde yeterli bilgi olmadığı görülmüştür. Bu amaçla,

çalışmamızda bu türlerin yapısal özellikleri, biyokimyasal bileşenleri, fitokimyasal ve antioksidan aktiviteleri detaylı olarak incelenmiştir.

İncelenen türlerin yapısal özelliklerinden fotosentetik pigment içeriği, ham kül miktarı, azot ve protein içeriği, fosfor miktarı ile mikro-makro element içeriği analiz edilmiştir. Bitkilerin biyokimyasal bileşenleri GC-MS ile belirlenmiştir.

Klorofil, alglerden elde edilen en önemli biyoaktif bileşiktir. Katkı maddesi olarak ilaç ve kozmetik ürünlerinde, ayrıca doğal pigment olarak da kullanılır. Sanayinin birçok farklı alanında kullanılan algal ürünler ve makro algler sahip olduğu primer ve sekonder metabolitleriyle antimikrobiyal, antiviral, antitümör, antikoagülan ve fibrinolitik aktiviteleri nedeniyle tıpta ve farmakolojide kullanılırlar (Dere ve ark., 2003; Ertürk ve Taş, 2011; Taş ve ark., 2015).

Klorofil türevleri uzun süredir günlük hayatta kullanılmaktadır. Avrupa’da ana kullanımı beslenme endüstrisinde yeşil bir pigment olarak olmuştur, aslında gıda maddelerindeki iyi bilinen ve genellikle gizemli “E” bileşenlerinden ikisi klorofil ile ilgilidir: Gıda katkı maddesi E140 klorofildir ve E141 klorofilindir. Tipik olarak kullanımlar içecekler, makarnalar, kekler, tatlılar, dondurma ve daha fazlasındadır (Ryan ve Senge, 2015).

Klorofil antioksidan özelliklere de sahiptir (Hosikian ve ark., 2010). Karotenoidler ise farmasötik, endüstriyel ve ekonomik değeri olan fotosentetik bileşiklerdir. Potansiyel antioksidan olarak da kabul edilmektedir (Giordano ve ark., 2012). Karotenoidler doğal pigment, bağışıklık, vücut metabolik sistemi, detoksifikasyon, iltihabı indirgemek ve hormonal sistemi dengelemek için genellikle gıda takviyesi olarak kullanılmaktadır (Limantara ve ark., 2006).

Mevcut çalışmada, farklı çözücüler kullanılarak su bitkilerinin fotosentetik pigment içerikleri incelenmiş Çizelge 5.1’de en yüksek pigment içeriğine sahip olan türler belirtilmiştir.

Kahverengi alg türlerinden olan *C. barbata* türünde %100’lük metanol kullanılarak yapılan klorofil analizinde, kl-a değeri 0.128 ± 0.015 mg/g ve toplam karotenoid değeri 0.232 ± 0.029 mg/g olarak tespit edilmiştir (Yiğitkurt ve ark., 2020). Yaptığımız çalışmada ise *C. barbata* türünde kl-a değeri 1.48 mg/g ve toplam karotenoid değeri 0.52 mg/g olarak kaydedilmiştir. Yine aynı literatür çalışmasında

kırmızı alg türlerinden *C. officinalis* türünde %100'lük metanol kullanılarak yapılan klorofil analizinde, kl-a değeri 0.046 mg/g ve toplam karotenoid değeri 0.056 mg/g olarak tespit edilmiştir. Yaptığımız çalışmada ise *Corallina officinalis* türünde kl-a değeri 0.191 mg/g ve toplam karotenoid değeri 0.012 mg/g olarak tespit edilmiştir. Mevcut çalışmamızda her iki makro algde de yapılan diğer çalışmadaki değerlerden daha yüksek pigment içeriği tespit edilmiştir.

Algler yapılarında klorofil, karotenoid ve fikobillin olmak üzere farklı fotosentetik pigmentler içerir. Bu pigmentlerin yoğunluğu alg grupları arasında farklılık gösterir. Bunun sebebi farklı derinliklerde yaşayan alglerin fotosentez için gerekli olan ışığı yakalamak için geliştirdiği çevresel bir adaptasyondur (Haryatfrehni ve ark., 2015). Dolayısıyla alglerin fotosentetik pigment içerikleri türe, taksonomisine, biyolojik ve fizikokimyasal faktörlere bağlı olarak değişir (Ramaraj ve ark., 2013). Bitkilerin klorofil içeriği biyotik ve abiyotik streslere yanıt olarak değişebildiği için, klorofil miktarının belirlenmesi, ortamın bitki büyümesi üzerindeki etkileri hakkında da önemli bilgiler sağlar (Hu ve ark., 2013). Makro alglerin fotosentetik pigment içerikleri ekstrem çevresel faktörlerden (tuzluluk, sıcaklık, besin maddeleri ve yoğun ışınım değişimlerinden) etkilenir. Bu durum alglerin yüksek oranda pigment üretimine neden olur (Boussiba ve ark., 1999; Zucchi ve Necchi, 2001).

Çizelge 5.1 Su Bitkilerinin En Yüksek Aktiviteye Sahip Biyolojik ve Kimyasal Analiz Sonuçları

Analizler		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
% 100 Aseton	Kl-a		X								
	Kl-b							X			
	Top. Kl.							X			
	Top. Kar	X									
% 80 Aseton	Kl-a							X			
	Kl-b							X			
	Top. Kl.							X			
	Top. Kar	X									
% 95 Etanol	Kl-a					X					
	Kl-b							X			
	Top. Kl.							X			
	Top. Kar		X								

%100 Metanol	Kl-a	X									
	Kl-b							X			
	Top. Kl.							X			
	Top. Kar	X									
%90 Metanol	Kl-a							X			
	Kl-b							X			
	Top. Kl.							X			
	Top. Kar		X								
Kloroform	Kl-a							X			
	Kl-b							X			
	Top. Kl.							X			
	Top. Kar								X		
Sekonder Bileşikler ve Antioksidan Aktivite	Top. Fenolik					X					
	Top. Flavonoid					X					
	Top. Antioksidan					X					
	DPPH					X					
	Fe(II) İyonu Şelat Oluşturma						X				
	FRAP					X					

Cystoseira barbata (1), *Scytosiphon lomentaria* (2), *Corallina officinalis* (3), *Ceratophyllum demersum* (4), *Ceratophyllum submersum* (5), *Hydrocharis morsus-ranae* (6), *Myriophyllum spicatum* (7), *Azolla filiculoides* (8), *Ranunculus sphaerospermus* (9), *Stuckenia pectinate* (10)

2001 yılında yapılan bir çalışmada kahverengi alg türlerinden olan *Petalonia fascia* türünün Nisan ve Temmuz aylarındaki biyokimyasal kompozisyonunun mevsimsel değişimi çalışılmıştır. Araştırılan çalışma %80'lik aseton ekstratında, kl-*a* değeri Nisan ayında en yüksek %20.60, Temmuz ayında ise en düşük %12.40 düzeyde bulunmuştur. Kl-*b* değeri ise maksimum ve minimum değerleri %12.84 (Nisan) ve %7.12 (Temmuz) olarak tespit edilmiştir. Toplam Kl (*a+b*) değeri en yüksek oranda Nisan ayında %33.44, en düşük oranda da Temmuz ayında %19.52 olarak kaydedilmiştir. Toplam karoten değeri ise en yüksek oranda Nisan ayında %3.47, en düşük oranda da Temmuz ayında %0.89 bulunmuştur (Çetingül, 2001). Mevcut çalışmamızda kullandığımız kahverengi alg türleri olan *C. barbata* ve *S. lomentaria* belirli bir zaman aralığında toplanmamıştır. Yaz aylarında toplanmış ve kurutularak muhafaza edilmiştir. *C. barbata*'nın %80'lik aseton çözeltisinde kl-*a* değeri %0.152, kl-*b* değeri %0.3, toplam kl (*a+b*) değeri %0.183, toplam karotenoid değeri ise %0.086; *S. lomentaria* türünün %80'lik aseton çözeltisindeki kaydedilen değerler ise kl-*a* %0.141, kl-*b* %0.026, toplam kl (*a+b*) değeri %0.168, toplam

karotenoid değeri ise %0.049 olarak hesaplanmıştır. Çalışmamızdaki değerler literatürdeki değerlerden daha düşük sonuçlar vermiştir. Bunun sebebi farklı sezonlarda ve farklı türlerde analiz yapılmış olmasıdır.

Su mercimeği türlerinden olan *L. minor* türünde %80'lik aseton kullanılarak yapılan klorofil analizinde, kl-*a* değeri 0.510 mg/g, kl-*b* değeri 0.272 mg/g ve toplam klorofil değeri 0.780 mg/g olarak tespit edilmiştir (Su ve ark., 2010). Büyük su mercimeği olarak da bilinen *S. polyrhiza* türünün kl-*a* değeri 0.299 mg/g, kl-*b* değeri 0.108 mg/g ve toplam klorofil değeri 0.407 mg/g olarak bulunmuştur. Zincirsi su mercimeği olan *L. trisulca* türünün kl-*a* değeri 0.185 mg/g, kl-*b* değeri 0.075 mg/g ve toplam klorofil değeri 0.26 mg/g olarak bulunmuştur (Şahin, 2020). Yaptığımız çalışmada ise başaklı su civanperçemi olan *M. spicatum* türü en yüksek klorofil değerlerini vermiştir. Kl-*a* 1.626 mg/g, kl-*b* 1.213mg/g ve toplam klorofil değeri 2.839 mg/g olarak tespit edilmiştir.

Şahin (2020), *S. natans*, *L. trisulca* ve *S. polyrhiza* su bitkilerinin toplam klorofil miktarlarının analizlerini yapmış, en yüksek toplam klorofil değeri *S. polyrhiza* türünde kaydedilmiştir (0.407 mg/g). *L. trisulca* türünde kaydedilen toplam klorofil değeri 0.26 mg/g, *S. natans* türünde ise toplam klorofil değeri 0.205 mg/g'dır. Mevcut çalışmamızda ise en yüksek toplam klorofil değeri tatlısu hidrofiti *M. spicatum* türünde 3.863 mg/g, en düşük ise deniz yosunu *C. officinalis* türünde 0.074 mg/g olarak literatüre kaydedilmiştir.

Tıbbi kimyada klorofillerin önemi ortaya konmuştur. Fitodinamik terapi, klorofil türevlerinin bugüne kadar açık bir şekilde kanıtlanmış tıbbi uygulamasını sunmaktadır (Bonnett, 2000; Nyman ve Hynninen, 2004). Klorofil-*a*'nın kimyasal dönüşümleri için yarı sentetik metodolojilerin benimsenmesinin avantajlı olduğu bildirilmektedir, çünkü bunlar tam sentetik analogları ile karşılaştırıldığında daha düşük üretim maliyetlerine sahip olma eğilimindedir. Üstün fotofiziksel özelliklere sahip klorofillerin birçok yarı sentetik türevleri halen aktif olarak araştırılmaktadır ve büyük umut vaat etmektedir. Doğal klorofilleri kullanmak için de birçok uygulama mevcuttur, ancak bunların çoğu gelişim aşamasındadır. Doğal tetrapireol pigmentleri için daha fazla endüstriyel uygulama kaynaklanmalı ve geliştirilmelidir. Bu,

klorofilin 200'den fazla translasyonel yönlerinin ve ekonomik potansiyelinin daha kapsamlı bir değerlendirmesini gerektirecektir (Ryan ve Senge, 2015).

Pigmentlerin absorpsiyon özellikleri, onların kalitatif ve kantitatif analizini kolaylaştırır. Tatlı su ve deniz yosunlarının pigment içeriğinin belirlenmesinde çeşitli yöntemler ve çözücüler kullanılmıştır (Dere ve ark., 1998). Etanol, aseton, toluen, kloroform, eter ve dimetil sülfoksit, enzimleri, biyo-pigmentleri ve diğer hücre içi biyomolekülleri geri kazanmak için hücre duvarı geçirgenliği için kullanılan yaygın organik çözücülerdir (Gomes ve ark., 2020).

Belirli bir türdeki klorofil miktarını ölçmek için önce hücre içi klorofil ekstrakte edilmelidir. Kullanılan geleneksel yöntem, organik çözücü ekstraksiyonudur. Ekstraksiyon işlemi, organik çözücünün hücre zarından geçmesini ve lipitlerin yanı sıra kloroplast zarlarının lipoproteinlerini çözmesini içerir (Wright ve ark., 2005). Ekstraksiyon için farklı metotlarla yapılmış çalışmalar ve uygulanan çeşitli modifiye metotlar mevcuttur (Hosikian ve ark., 2010).

Bitki yapraklarının yüksek olduğu çalışmalarda aseton, kloroform, dietil eter, dimetil formamid ve metanol kullanılmış ve her çözücüde ekstraksiyon hızının çeşitli olduğu belirlenmiştir (Wellburn, 1994). Bu nedenle pigmentlerle ilgili çalışmalarda kullanılacak yöntem ve solventin türlere göre seçilmesinin daha faydalı olacağı bildirilmiştir. Yine, metanol bazı türler için iyi bir özütleyici olsa da toksik olduğunun da unutulmaması gerektiği belirtilmiştir (Dere ve ark., 1998).

Sucul bitkilerin yapısındaki fotosentetik pigmentleri en iyi çözen organik çözücüyü tespit edebilmek için farklı çözücüler kullanılmaktadır. Klorofil ve karotenoid suda çözünmeyen pigmentlerdir, fikobillin ise suda çözünen bir protein grubudur (Lee, 2018). Yüksek yapılı bitkilerde ve yeşil alglerde baskın pigmentler olarak klorofil-*a* ve -*b* bulunur. Kırmızı alglerde klorofil-*a* ve fikobillin bulunurken, kahverengi alglerde klorofil-*c* ve fukoksantin baskın olarak bulunmaktadır (Mlodzinska, 2009). Daha önceki çalışmalarda, pigment düzeyine bağlı olarak klorofil-*a* içeriğinin tüm alg gruplarında hemen hemen aynı olduğu, ancak klorofil-*b* ve *c*'nin değiştiği, karoten düzeyinin de alg türlerine ve çevre koşullarına bağlı olarak değiştiği öne sürülmüştür. Özellikle stres koşullarında karoten seviyesinde bir artış olduğu belirtilmiştir (Martin ve ark., 1991; Grung, 1992).

Gemlik Körfezi'nde iki farklı istasyonda yapılan bir çalışmada, Narlı istasyonunda bulunan *Cystoseira* sp. türünün kl-a ve fukoksantin değerleri sırasıyla 1.418±0.344 mg/g, 0.648±0.191 mg/g olduğu bildirilmiştir. Güzelyalı istasyonunda bulunan *Cystoseira* sp. örneklerinin kl-a ve fukoksantin değerlerinden daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Bununla birlikte, kl-c ve karoten değerlerinde bunun tam tersi göze çarpmaktadır. Güzelyalı istasyonunda bulunan *Cystoseira* sp. örneklerinin kl-c ve karoten değerleri sırasıyla 0.204±0.061 mg/g, 0.268±0.031 mg/g'dır. Narlı istasyonunda bulunan *Cystoseira* sp. örneklerinin kl-c ve karoten değerlerinden daha yüksek olduğu gözlenmiştir (Ünübol, 2008). Mevcut çalışmamızda ise *C. barbata* türünün %100'lük aseton çözeltilisindeki değeri 1.667 mg/g, %80'lik aseton çözeltilisinde 1.529 mg/g, %95 etanol çözeltilisinde 1.052 mg/g, %100'lük metanol çözeltilisinde 1.480 mg/g, %90'lık metanol çözeltilisinde 0.167 mg/g ve kloroform çözeltilisinde 0.059 mg/g olarak tespit edilmiştir.

Mevcut çalışmada farklı türlerde ve konsantrasyonlarda kullanılan organik çözücüler içinde en güçlü etkiyi %100'lük aseton göstermiştir. Özellikle, klorofil moleküllerinin fitol zincirinin bölünmesi, %80 aseton gibi yaygın özütleme çözücülerinin kullanımıyla kolayca gerçekleştiği belirtilmiştir (Venketeswaran, 1965). Kuru bitki numunelerinde ise %100 aseton kullanımı önerilmiştir (Lichtenthaler, 1987). Yapılan araştırmalarda, %100 aseton, herhangi bir türden en yüksek miktarda klorofil vermediği halde, özütleme çözücüsü olarak kullanımı, bozunma ürünlerinin oluşumunu güçlü bir şekilde engellemesi nedeniyle önerilmiştir (Wright ve ark., 2005).

Klorofil maksimum absorbansı 600 nm ile 700 nm arasındadır, bu nedenle önemli miktarda reaktif oksijen türü oluşturmak için yeterli enerji üretebilir. Karotenoid, A11 vitamini için mükemmel bir antioksidan ajan ve öncü olarak kabul edilirken, fikobillin, immünoyagnoz için yararlı olan ve ayrıca immünomodülasyon performansına sahip hücrel belirteç olarak potansiyeldir (Eriksen, 2008).

Klorofil ve türevleri antioksidan özelliklere sahiptir. Feoforbid *b* ve feofitin *b* gibi aksesuar pigmentler her zaman güçlü antioksidanlar olarak bilinmiştir. Ancak bu türevler meyve ve sebzelerde çok düşük konsantrasyonlarda bulunur (Lanfer-Marquez ve ark., 2015). Dolayısıyla farklı ekolojik ortamlarda yaşayan su

bitkilerinin biyokimyasal özelliklerinin incelenmesi literatür bilgilerini zenginleştirecektir.

Bitkilerin kül içeriği, türlerin buldukları coğrafi bölge ve mineralizasyon yöntemine göre farklılıklar göstermektedir. Makroalg türü olan *Ulva intestinalis* ile yapılan bir çalışmada üç farklı istasyondan (Taflan, Kumcağız, Dereköy) toplanan örneğin %kül miktarı incelendiğinde Taflan ve Kumcağız istasyonlarından alınan ve dört mevsim toplanan türde ortalama %kül miktarı 20.46 ± 1.38 olarak bulunmuştur (Sarabil, 2018).

Polat ve ark., (2012), İskenderun Körfezi'nin Kuzey, Kuzey-Batı kıyısında bulunan, bazı kahverengi (*Sargassum acinarum*, *Halopteris scoparia*, *Taonia atomaria*, *Dictyota dichotoma*) ve kırmızı makro alg (*Liagora* sp.) türlerinin lipit, protein ve ham kül miktarlarını araştırmışlardır. Analizler sonucunda en yüksek protein içeriği kuru ağırlıkta %15.41 olarak *D. dichotoma*'da bulunmuş, bunu %12.57 ile *T. atomaria* takip etmiştir. Makro alglerdeki en yüksek lipit içeriği %12.7 ile *D. Dichotoma*'da, %0.02 ile en düşük *H. scoparia*'da bulunmuştur. Türlerdeki kül içeriği kuru ağırlık olarak %15.15 ile %63.55 arasında değişmiştir. Mevcut çalışmamızda ise kahverengi alg türlerinden *C. barbata* ve *S. lometaria*'da protein miktarı %16.8 ve %27.3 iken kül miktarı %12.76 ve %21.35 olarak tespit edilmiş olup, kırmızı alg türü olan *C. officinalis*'de protein miktarı %2.1, kül miktarı ise %84.60 olarak literatüre kaydedilmiştir.

İrkin ve Erduğan (2014) tarafından yapılan çalışmada, bahar aylarında Çanakkale Boğazı'ndaki 6 lokasyondan *Scytosiphon lomentaria* toplanmış ve en yüksek protein seviyesinin 23.56 ± 0.54 , en düşük protein seviyesinin ise 9.87 ± 0.52 olduğu bildirilmiştir. En yüksek lipid miktarı ise $3.53 \pm .87$, en düşük lipid miktarı 1.19 ± 0.28 olarak ve asgari kül miktarı ise 20.40 ± 0.44 , en yüksek kül miktarı 53.05 ± 0.13 olarak kaydedilmiştir. Mevcut çalışmamızda aynı tür tek lokasyondan toplanmıştır ve protein seviyesi %27.3, kül miktarı ise %21.35 olarak kaydedilmiştir.

Budağ ve Fırat (2015), Van'ın Gevaş ilçesi Göründü Köyü civarında bulunan ve bir sulak alan bitkisi olan *Ranunculus trichophyllus*'un ham besin maddeleri ile bazı makro ve mikro element içeriklerini incelenmiştir. Araştırma sonucunda *R.*

trichophyllus su bitkisinin ham kül miktarı %13.01 olarak tespit edilmiştir. Mevcut çalışmamız da aynı cinsin farklı bir türü olan *R. sphaerospermus* su çiçeği bitkisinin ham kül miktarının literatür araştırmasından daha yüksek sonuç verdiği tespit edilmiştir (%28.84).

Şahin (2020) tarafından yapılan araştırmada; *S. natans*, *L. trisulca* ve *S. polyrhiza* türlerinin % kül sonuçlarına bakıldığında, *S. polyrhiza* türünde %30.16, *S. natans* türünde %17.84 ve son olarak *L. trisulca* türünde ise %16.15 olarak tespit edilmiştir. Mevcut araştırmamızda en yüksek kül miktarı *C. officinalis* kırmızı alginde tespit edilirken (%84.60), en düşük değer %12.13 ile *A. filiculoides* su eğreltisinde kaydedilmiştir.

Bitkilerdeki ham kül değeri toplam mineral maddeyi ifade eder. Sucul bitkilerin kimyasal kompozisyonu türe, yaşadığı ortamın özelliklerine ve ekolojik faktörlere bağlı olarak değiştiği için kül miktarı da farklılık göstermektedir. Organik madde içeriği fazla olduğunda kül oranı düşük çıkar, organik madde içeriği az olduğunda ise kül oranı yüksek çıkar (Döner ve İnci, 2021). Gelişme döneminde bitkilerin fotosentez yüzeylerinin fazlalığı nedeniyle daha çok protein sentezler ve dolayısıyla ham protein içeriğinin de yüksek olması beklenir. Gelişme ilerledikçe hücre duvarında selüloz üretimi artarken fotosentez alanları azalır ve ham protein içeriği düşer. Çalışmamızda kullandığımız kırmızı makro alg *C. officinalis*'te kül miktarı oldukça fazla çıkmıştır (%84.60). Bu türün % protein içeriği düşük olup (%2.1) literatür bilgileriyle örtüşmektedir. Submers bitki *C. demersum* makrofitinde ise en yüksek % protein kaydedilmiştir (%31.15). Bu türde kül oranı %15.06'dır. Dolayısıyla bu tür protein ve mineral kaynağı olarak değerlendirilebilir potansiyele sahiptir.

Cirik ve ark. (2015) tarafından yapılan bir çalışmada, bazı makroalglerin besin içeriğini incelenmiştir ve *C. barbata* türünde %protein ve %ham kül analiz sonuçları 5.18 ± 0.28 ve 26.32 ± 0.34 olarak bulunmuştur. Mevcut çalışmamızda ise aynı alg türünde protein miktarı %16.8 ve ham kül miktarı ise %12.76 olarak hesaplanmıştır. Literatür araştırmasında kullanılan *C. barbata* türü Çanakkale Boğazı Dardanos mevkiinden toplanmış olup mevcut çalışmamızda kullandığımız *C. barbata* ise Ordu Perşembe Mersin kıyılarından toplanmıştır. Aynı türün farklı

sonuçlar vermesi, türün farklı zamanlarda ve farklı mekanlarda toplanmasına bağlanabilir. Çünkü her sucul ekosistemin ekolojik yapısı çok farklılıklar gösterir.

Alglerin azot miktarı tuzluluğa ve mevsimsel değişimlere bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle büyüme ve üreme sırasında azot miktarları azalır veya artar (Munda ve Gubensek, 1976). Kışın azalan ışık Őiddetiyle deniz alglerinin metabolizmalarında değişimler olmaktadır. Bu durum düşük molekül ağırlıklı peptitlerle taze amino asitlerin birikmesine ve protein sentezinin azalması veya durdurulmasına neden olmaktadır (Haas ve Hill, 1933). anakkale Boğazı'ndaki 4 farklı lokasyonda yıllık gelişim gösteren *C. barbata* taksonunun mevsimsel kimyasal içeriği belirlenmiştir. Çalışma sonunda türün kimyasal içeriğinin mevsimlere ve istasyonlara göre değişiklik gösterdiği saptanmıştır. Alınan numuneler mevsim bazında değerlendirildiğinde farklı 4 lokasyon içerisinde en yüksek protein miktarı (%17.42±0.92) ilkbahar mevsiminde, en düşük protein miktarı (%6.77±0.42) yine ilkbahar mevsiminde saptanmıştır. %yağ derişimleri incelendiğinde, en düşük yağ içeriği (%0.79±0.54) ilkbahar mevsiminde, en yüksek yağ içeriği kış mevsiminde (%5.05±0.23) kaydedilmiştir. %kl derişimleri incelendiğinde, en düşük kül miktarı (%17.51±0.62) yaz mevsiminde, en yüksek kül miktarı (%38.3±0.52) sonbahar mevsiminde saptanmıştır (İrkin ve Erduğan, 2014). Mevcut alıŐmamızda aynı takson tek lokasyondan toplanmıştır. Protein %16.8, kül miktarı %12.76 olarak tespit edilmiştir.

Mevcut alıŐmamızda, yedi farklı tatlısu bitkimizde ve üç deniz algi türünde en fazla ham proteine sahip olan tür *C. demersum* (%31.5) olurken, en az ise *C. officinalis* (%2.1) olarak tespit edilmiştir. Sarabil (2018) tarafından yapılan bir çalışmada, kahverengi alg türü olan *S. lomentaria*'nın toplam protein analiz sonucu %66.11 tespit edilirken, mevcut çalışmamızda ise toplam protein sonucu daha düşük sonuç vermiştir ve %27.3 olarak literatüre kaydedilmiştir.

Yıldız ve zdemir (2005) tarafından yapılan bir başka çalışmada da *R. sphaerospermus* türünde %N ve %P miktarı araştırılmış ve Nisan/ Temmuz ayı olmak üzere iki farklı zaman da örnekler alınmıştır. Nisan ayında N ve P miktarı %3.15 ve %0.004 olarak tespit edilirken, Temmuz ayında ise N ve P miktarı %1.7 ve %0.002 olarak bulunmuştur. Mevcut alıŐmamızda ise *R. sphaerospermus* türü belirli bir

zaman aralığında toplanmayıp, N ve P miktarı %2.96 ve %0.213 olarak kaydedilmiştir.

Şentürk (2011) yaptığı çalışmada, submers su bitkisi *C. demersum*'un makro-mikro element içeriğini incelemiştir. Yaptığı çalışmada türün Cu elementi kökte 0.0205 mg/g, gövde de 0.0132 mg/g, yaprakta 0.0146 mg/g; Zn elementi kökte 0.0505 mg/g, gövde de 0.0412 mg/g, yaprakta 0.0392 mg/g; Mn elementi kökte 0.33 mg/g, gövde de 0.2484 mg/g, yaprakta 0.1466 mg/g ve Ca elementi kökte 46.19 mg/g, gövde de 20.5032 mg/g, yaprakta 27.116 mg/g olarak bulunmuştur. Mevcut çalışmamızda aynı türün bütün kısımları toplu olarak incelenmiş; Zn 0.00082 mg/g, Ca 3.072 mg/g, Cu 0.0023 mg/g ve Mn 0.5036 mg/g olarak bulunmuştur.

İncelediğimiz su bitkilerinde makro elementlerden Ca elementinin konsantrasyonu en yüksek kırmızı alg türü olan *C. officinalis* türünde 6.596 mg/g, en düşük *C. demersum* türünde 0.00082 mg/g kaydedilmiştir. Mikro elementlerden Cu, Mn ve Zn içeriğine bakıldığında; Cu en yüksek *C. submersum* türünde (0.0053 mg/g), Mn elementinin son dört numunesinde tüp bittiği için sonuca ulaşılamamıştır, fakat kalan altı numune arasında en yüksek sonucu *C. submersum* türünde (0.5818 mg/g), Zn en yüksek *S. lomentaria* türünde (0.0371 mg/g) kaydedilmiştir. Çalışmamızda kullandığımız *R. sphaerospermus* türünün makro ve mikro element sonuçlarına baktığımızda Ca miktarı 5.518 mg/g, Zn miktarı 0.0019 mg/g ve Cu miktarı 0.0052 mg/g olarak bulunmuştur. Aynı cinsin farklı türün de yapılan bir başka çalışma da *R. trichophyllus* türünün Zn miktarı 0.01535 mg/g, Cu miktarı 0.00228 mg/g, Mn miktarı 0.05077 mg/g ve Ca miktarı 12.1 mg/g olarak tespit edilmiştir (Budağ ve Fırat, 2015). *C. demersum*, *M. spicatum*, *Vallisneria spiralis*, *Salvinia natans*, *H. morsus ranae*, *Trapa longicarpa*, *Nymphoides flava*, *Nymphaea alba* ve *Phragmites communis* türlerin makrobesin ve ağır metallerin çalışıldığı bir başka literatür araştırmasına göre, yüzen su bitkilerinde makro ve mikro elementlerin yüksek değerlerde kaydedildiği bildirilmiştir (Pajevic ve ark., 2002). Yine karasal bitkilere oranla sucul bitkilerde makro besin element içeriğinin daha yüksek değerde bulunduğu, bunun nedeni olarak da su ortamında solüsyon halinde bulunan elementlerin su bitkileri tarafından daha hızlı alınabileceği şeklinde ifade edilmiştir (Tursun, 2012).

Yapılan GC-MS analizleri sonuçlarına göre, incelenen su bitkilerinin etanol ekstraktlarından içerdikleri biyoaktif bileşenlerin listesi fonksiyonel gruplara ayrılarak EK 1’de verilmiştir. % alan olarak değerlendirdiğimiz GC-MS analiz sonuçlarını incelediğimizde, su bitkilerinde toplam 126 biyokimyasal bileşen tespit edilmiştir.

Bitki ekstraktlarının etanol çözeltilerinde *S. lomentaria* ekstresinde en yüksek % alana sahip madde bir doymamış alkol olan kolest-5-en-3-ol, 24-propildien-, (3.beta.)- olarak belirlenmiştir (%54.21). *A. filiculoides* ekstresinde ise en yüksek % alanı bir steroidal alkol olan.gamma.-sitosterol vermiştir (%28.09). *C. officinalis* türünün ekstresinde ise en yüksek % alan bir ester türü olan Kolestan 3,5-diol, 5-asetat, (3.beta.,5.alfa.)-’nın sahip olduğu tespit edilmiştir (%39.25). Son olarak *R. sphaerospermus* ekstresinde ise en yüksek % alan bir karboksilik asit olan oktadekanoik asitin sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır (%34.65).

İncelenen on bitki ekstresinde de ortak olarak belirlenen madde bir alken türü olan neofitadien’dir. Fakat doymamış alkol türü olan 3,7,11,15-tetrametil-2-hekzadesen-1-ol ve karbosilik asit türleri olan n-hekzadekanoik asit ve oktadekonoik asit *C. barbata* ekstresi hariç diğer bitki ekstraktlarında ortak olarak gözlenmiştir.

GC-MS analizini yaptığımız su bitkilerinin biyokimyasal kompozisyonu (>%1 alan olanlar) verilmiştir ve detaylı sonuçları ise EKLER bölümünde gösterilmiştir. Bu kimyasal maddelerden biri olan ve on su bitkisinde ortak olarak bulunan “neofitadien”, uçucu yağlardan diterpen çeşididir. En yüksek değeri *C. demersum* türü verirken (% alan 12.45), en düşük değeri ise *R. sphaerospermus* türü (% alan 2.40) vermiştir. Bu kimyasal bileşiğin spazm çözücü, antiseptik ve antimikrobiyal özelliklerinin yanı sıra gıdaların yapısını bozan, gıda zehirlenmelerine neden olan mikroorganizmalara, patojen etki gösteren mayalara, hayvan ve bitki virüslerine karşı etkileri konusunda pek çok araştırmalar mevcuttur. Sahip oldukları antimikrobiyal aktiviteden dolayı gıda sanayinde kullanılan doğal olmayan koruyucu maddelere alternatif olabilirler. Bu bileşiklerin gıda zehirlenmelerine neden olan patojenlerin gelişmesini önlemede ya da gıda bozulmalarını geciktirmede önemli paylarının olduğu tespit edilmiştir (Arsal Kor, 2016). Ayrıca antipiretik, analjezik ve antienflamatuar ve antioksidan etki gösterdiği de bildirilmiştir (Şahin, 2020).

Bir başka kimyasal bileşik olan “n-hekzadekanoik asit” diğer adıyla palmitik asit *C. barbata* türü hariç diğer dokuz su bitkisinde ortak olarak bulunan kimyasal bir maddedir. Güçlü bir antienflamatuar ajandır. Rوماتik semptomlara karşı kullanılan bir bileşiktir. Ayrıca antioksidan, hipokolesterolemiknematid, hemolitik özelliklere sahip bir maddedir (Demirpolat, 2017; Şahin, 2020). Kaya ve ark.’nın (2015) yaptığı çalışmada bileşiğin bazı mikroorganizmalara karşı antimikrobiyal etki gösterdiği de ortaya çıkmıştır.

“Oktadekanoik asit” diğer adıyla stearik asit, *C. barbata* türü hariç diğer dokuz türlerde ortak olarak bulunan kimyasal bir maddedir. Nematod öldürücü, hipokolestrolemik, antiakne, antiartritik ve antihepatotoksisite etkilerine sahip bileşik olmasının yanı sıra osteosarkom hastalığının da antitümör büyüme özelliklerini etkili bir şekilde geciktiren güçlü bir kimyasal bileşiktir (Selvamangai ve Bhaskar, 2012; Xi ve ark., 2019). Ayrıca antifungal ve antibakteriyal etkiye sahip olduğu da tespit edilmiştir (Şahin, 2020).

“3,7,11,15-tetrametil-2-hekzadesen-1-ol” kimyasal bileşiği *C. barbata* türü hariç diğer türlerde ortak olarak bulunan kimyasal bir maddedir. Soğuk algınlığı, grip, bronşit, akne ve uçuk gibi hastalıkların tedavisinde antimikrobiyal, antiviral ve antienflamatuar olarak kullanılır. Ayrıca mantar ve parazitlerin neden olduğu hastalıkların tedavisinde de kullanıldığı tespit edilen kimyasal bir bileşiktir (Kale, 2015).

C. barbata’nın GC-MS analizi sonucunda, diğer bitki ekstratlarından elde edilmeyen bir madde olan “1-dodesen” deterjan üretimine fayda sağlar, ayrıca cildi ve gözleri tahriş eder, yutulması zararlıdır (Anonim, 2021). Süt ürünlerinden alınan “Pentadekanoik asit”, anemiyi, dislipidemi ve fibrozu azaltan aktif bir diyet yağ asidi olarak gösteriliyor. Önemli metabolik düzenleyicilere bağlanarak ve mitokondriyal fonksiyonu onarmada da etkilidir (Venn-Watson, 2020). Ayrıca diyabet ve kardiyovasküler alanda yüksek konsantrasyonlarının daha düşük risk ile ilişkili olduğu belirtilmiştir (Santaren ve ark., 2014). “Araşidonik asit” ise hücre zarının hidrofobik kısmında bulunan, sıfırın altındaki sıcaklıklarda saf yağ asidi gibi sıvı halde bulunan ve memeli hücre zarlarına akışkanlık ve esneklik sağlayan kimyasal bileşiktir (Brash, 2001).

S. lomentaria'nın GC-MS analizi sonucunda, diğer bitki ekstrelerinden elde edilmeyen bir madde olan “tetradekanoik asit etil ester” ise antimikrobiyal, antifungal ve antioksidan özellikleri olan bir maddedir (Üçüncü ve ark., 2019).

C. officinalis'in GC-MS analizi sonucunda, diğer bitki ekstrelerinden elde edilmeyen bir madde olan “E,E,Z-1,3,12- nonadekatrien-5,14-diol”ün antifungal ve antikanser etki gösterdiği tespit edilmiştir (Parveen ve ark., 2017; Lakshmanan ve ark., 2016). “9-eikosen, (E)-” ise, antibakteriyel, antioksidan, antienflamatuar, antidiyareik, kas gevşetici, hematopoetik ve antioksidan aktivite gösterdiği bildirilmiştir (Ihenetu ve ark., 2020). “Oleyil alkol, trifloroasetat”ın Güney Afrika, Kenya ve Fildişi Sahili'nde *Plasmodium falciparum* suşuna karşı antiplazmodiyal aktivite gösterdiği tespit edilmiştir (Kuria ve ark., 2002; Atindehou ve ark., 2004; Clarkson ve ark., 2004). Sebzelere oldukça büyük tahribat veren ve ekonomik açıdan da zarara uğratan bazı türler (*Spodoptera litura*) bulunmaktadır. Bitkiye zarar veren canlıların çoğalmalarının önlenmesi için kimyasal ajanlara ihtiyaç vardır. “Palmitaldehit, dialil asetal (CAS)” antiböcek öldürmede oldukça önemli bir etkiye sahip kimyasal bileşiktir. Ayrıca antienflamatuar ve antioksidan etki gösterdiği de tespit edilmiştir (Arora ve Pandey-Rai, 2014; Paul ve Jayaraj, 2020).

C. demersum'un GC-MS analizi sonucunda, diğer bitki ekstrelerinden elde edilmeyen bir madde olan “kolesta-4,6-dien-3-ol, (3.beta.)- (CAS)”ın antifungal ve antibakteriyel etki gösterdiği tespit edilmiştir (Bhardwaj, 2018). “Methyl (Z)-5,11,14,17- eikosatetraenoat” kimyasal bileşiği ise antioksidan, antifungal ve antimikrobiyal etki gösterdiği ortaya çıkmıştır (Santhanakrishnan ve ark., 2017). Ayrıca, “stigma-3,5-dien-7-one” bileşiği de antienflamatuar, antipiretik, antiülser, antiartritik özellikleri olan bir maddedir (Arora ve Kumar, 2017).

C. submersum'un GC-MS analizi sonucunda, diğer bitki ekstrelerinden elde edilmeyen bir madde olan “beta.-Sitosterol” antibakteriyel özelliğinin yanı sıra antidiyabetik, antitümör aktivitelerinin de olduğu ortaya çıkmıştır (Amudha ve ark., 2018). “Kolesta-4,6-dien-3-ol, benzoat, (3.beta.)- (CAS)” bileşiğinin de muazzam bir tıbbi değer potansiyeli vardır. Frengi gibi çeşitli rahatsızlıklarda kullanılmıştır. Ayrıca bazı kan hastalıklarında da kullanılan bu bileşik patojenik bakteri ve mantarlara karşı antimikrobiyal ve antifungal etki göstermiştir (Bhardwaj, 2018).

H. morsus ranae'nin GC-MS analizi sonucunda, diğ er bitki ekstr e lerinden elde edilmey en ve alkol tü revlerinden biri olan "heneikosanol" mantar önleyici bir etkiye sahiptir (Amudha ve ark., 2018). "9,19-siklolanostan-3-ol, asetat" pirinç mantar patojenlerinin baskılanmasında önemli bir role sahip oldu ğ u ortaya çı kmı ştır (Suryadi ve ark., 2015). "4,22-stigmastadien-3-one" steroid yapılı olan bu bileşik antimikrobiyal özelliğ e sahiptir (Dandekar ve ark., 2015).

M. spicatum'un GC-MS analizi sonucunda, diğ er bitki ekstr e lerinden elde edilmey en bir madde olan "heptadesen, 2,6,10,15-tetrametil" solunum yolu hastalıklarının kullanımının yanı sıra antibakteriyel, antifungal ve antioksidan etkiye sahip olan bir kimyasal bir bileşiktir (Rao ve ark., 2016). Fitol, asetat ise yine yalnızca *M. spicatum* bitkisinden elde edilen bir madde olup gıda maddelerini tatlandırıcı etkiye sahiptir. Ayrıca kimyasal bileşikler ile bir araya geldiğ inde (tetradekanoik asit, oktadekanoik asit, oktadekanoik asit metil ester, fitol, fitotol, ksantan ve stigmasterol gibi) α -amilaz, α -glukosidaz ve lipaz inhibe edici aktiviteye sahiptir (Oyebode ve ark., 2018).

A. filiculoides'in GC-MS analizi sonucunda, diğ er bitki ekstr e lerinden elde edilmey en bir madde olan "ergost-5-en-3-ol, (3.beta.)-" bileş iğ i özellikle karaciğ er hastalığı, sarılık, ateroskleroz gibi hastalıklarının tedavisinin yanı sıra antikanser olarak da önemli bir öneme sahiptir (Arora ve Kumar, 2018). Uçucu yağ ların terpen tü revlerinden "neofitadien" kimyasal bileş iğ i ise önemli bir antiproliferatif etkiye sahiptir (Arora ve Kumar, 2018).

R. sphaerospermus'un GC-MS analizi sonucunda, diğ er bitki ekstr e lerinden elde edilmey en bir madde olan "katekol" dopamin gibi nö rotransmitter maddeleri metabolize ettiğ i için merkezi sinir sisteminde oldukça önemli bir yere sahiptir. Parkinson hastalığı nın tedavisinde de kullanılan bir kimyasal bileşiktir (Vidgren ve ark., 1994). Bazı deniz organizmalarının ıslak koş ullarda hemen hemen her türlü yüzeye yapış masında katekollerin önemli bir rol oynadı ğ ı tespit edilmiştir (Saiz-Poseu ve ark., 2019).

S. pectinata'nın GC-MS analizi sonucunda, diğ er bitki ekstr e lerinden elde edilmey en bir madde olan Heptadesen (CAS)" antioksidan özellik taşı dı ğ ı bildirilmiştir (Arora ve Kumar, 2018). Oktadekanoik asit, etil ester (CAS)'in

antikanser özellikte olduğu bildirilen bir maddedir (Atasever-Arslan ve ark., 2015). “9,12-oktadekadienoik asit (Z,Z)-” kimyasal bileşiminin ise antienflamatuar, antibakteriyel, antiartritik, hepatoprotektif, antihistaminik ve antikoronar gibi oldukça büyük etkileri bulunmaktadır (Arora ve Kumar, 2018).

Bitkilerdeki fenolik bileşiklerin toplam konsantrasyonu genetik ve çevresel koşullara bağlıdır (Wu ve ark., 2016). Bu koşullar göz önüne alındığında çalışmamızda kullandığımız on farklı su bitkisinin etanol ekstraktları incelenmiş ve Çizelge 5.1’de en yüksek aktiviteye sahip olan türler gösterilmiştir. Çalışmanın sonucuna göre, toplam fenolik madde miktarının belirlenmesinde etanol ekstraktlarında en yüksek sonucu *C. submersum* (98.47 mg GAE/g), en düşük sonucu ise *C. officinalis* (1.35 mg GAE/g) bitki ekstraktları vermiştir.

Folin-Ciocalteu yöntemini kullanarak on dört yenilebilir bitkinin metanolik ekstraktlarından toplam fenolik içeriğini belirlemek için yapılan bir çalışmada, emers tip su bitkisi *Ipomoea aquatica* türünün toplam fenolik madde içeriği 37.90 mg GA/g madde olarak belirlenmiştir (Galketiya ve ark., 2017). Çalışmamızda ise kullandığımız su bitkilerinin etanolik ekstraktlarının fenolik madde içeriği değerleri en az *H. morsus-ranae* de tespit edilirken (10.05mg GA/g), en fazla *A. filiculoides*’te tespit edilmiştir (52.32 mg GA/g). Çalışmamızda kullandığımız emers, submers ve yüzen yapraklı su bitkilerinin fenolik madde miktarları bazı türlerde az çıkarken, bazı türlerde daha çok etkili sonuçlar alınmıştır.

Yedi farklı su bitkisinden (*Phalaris arundinacea*, *Phragmites australis*, *Glyceria maxima*, *Typha latifolia*, *Juncus effuses*, *Scirpus sylvaticus*, *Carex nigra*) elde edilen aseton ekstraktlarının Folin-Ciocalteu yöntemi ile toplam fenolik içeriğinin incelendiği bir çalışmada en düşük değer *P. arundinacea* (9.02 mg GA/g) en yüksek değer ise *C. nigra* (28.39 mg GA/g) durumunda elde edilmiştir (Březinová ve Vymazal, 2018). Çalışmamızda ise *C. officinalis* türünün fenolik madde içeriği en düşük değeri vermiştir (1.35 mg GA/g). *C. submersum* türü ise bu çalışmadakilerden de daha yüksek bir fenolik madde içeriği değerine (98.47 mg GA/g) sahiptir.

Azolla microphylla türünün eter, kloroform, etil asetat, etanol ve sulu ekstraktları kullanılarak yapılan toplam fenolik madde analizi ve DPPH yöntemine göre, antioksidan analizleri sonucunda etanolik ekstraktlar en verimli sonuçları vermiş,

toplam fenolik madde içeriği 90.2 mg GA/g olarak belirlenmiştir. Etanolik ekstraların DPPH analizi sonuçlarında ise *A. microphylla*'nın SC₅₀ değeri 0.059 mg/mL olarak hesaplanmıştır (Sreenath ve ark., 2016). Yaptığımız çalışmada ise *C. submersum*'un etanol ekstralarının fenolik madde içeriği *A. microphylla*'dan daha yüksektir (98.47 mg GA/g).

Kırmızı alglerden *Laurencia obtuse* türünün etanol ekstralarından yapılan toplam fenolik madde içeriği analizinde, maksimum fenolik bileşik içeriği 25.95 mg GA/g olarak hesaplanmıştır (Topuz ve ark., 2016). Mevcut çalışmamızda kullandığımız kırmızı alg *C. officinalis* türü ise 1.35 mg GA/g sonucunu vermiştir. Dolayısıyla çalışmamızda kullandığımız kırmızı alg türü fenolik madde açısından literatürdeki hesaplanan değerler çok daha altındadır. Bununla birlikte kalkerli yapıya sahip bir alg olmasıdır.

Kahverengi bir yosun olan *C. barbata*'nın antioksidan aktivitesi, toplam fenolik ve flavonoid içeriklerinin belirlenmesini amaçlandığı bir çalışmada, toplam fenolik madde içeriği Folin Ciocalteu metodu ile belirlenmiştir. Antioksidan aktivite (DPPH) radikal giderme aktivitesi ve toplam flavonoid içeriği tayinleri yapılmıştır. *C. barbata*'nın sulu ekstresinin ve standart antioksidanların DPPH aktiviteleri Rutin>Troloks>*C. barbata* yosun ekstresi şeklinde bulunmuştur. Total fenolik ve flavonoid içeriği, sırasıyla 94.55±0.006 mg GA/g ekstre ve 45.92±0.011 mg QTE/g ekstre olarak belirlenmiştir. Tüm antioksidan tayinlerinde, ekstrenin aktivitesi konsantrasyona bağlı olarak önemli ölçüde artmıştır. DPPH tayininde IC₅₀ değerleri, sırasıyla 971.36±51,82 µg/mL'dir. İndirgeme gücünün 200 µg/mL konsantrasyondaki absorbans değeri 0.133±0.002'dir (Sökmen ve ark., 2016a). Çalışmamızda ise, *C. barbata* su bitkisinin etanol ekstralarında toplam fenolik madde içeriği 2.80 mg GA/g, toplam flavonoid içeriği 0.85 mg QTE/g, DPPH antioksidan aktivitesi ise %8.12 (DPPH 0.25 mg/mL) olarak kaydedilmiştir.

Folin-Ciocalteu yöntemini kullanarak toplam fenolik madde içeriğini belirlemek için yapılan bir çalışmada, yüzen yapraklı su bitkisi *A. filiculoides* türünün etanol ekstresinde toplam fenolik madde içeriği 367.95 µg/mg (18.397 mg/mL), metal (Fe⁺²) şelatlama kapasitesi %91.35, DPPH IC₅₀ değeri 0.27 mg/mL olarak bulunmuştur (Leblebici, 2018). Çalışmamızda ise aynı türün etanol

ekstresinde toplam fenolik değer 52.32 mg GA/g, metal (Fe⁺²) şelatlama kapasitesi %5.24, DPPH inhibisyon yuzdesi %46.59 olarak kaydedilmiştir.

Flavonoidler, yuşsek oranlarda antioksidan ve şelatlama kapasitelerine sahip, insanlar tarafından sentezlenemeyen, fakat bitkiler tarafından sentezlenebilen bileşiklerdir (Çapanoğlu ve Boyacıoğlu, 2009).

Kosanic ve arkadaşları (2015), *C. barbata* yosununun aseton ekstresinin toplam fenolik ve flavonoid içeriklerini, indirgeme gucunu inceleyerek antioksidan ozelliğe sahip olduğunu bildirmişlerdir. Oğzgun ve Turan (2015), İşkenderun Kırfezi'nden topladıkları *C. barbata*'nın toplam fenolik iğeriğini 0.456±0.06 mg/g olarak belirlemiştir. Trifan ve arkadaşları (2015), Romanya Karadeniz sahil kıyısından topladıkları *C. barbata* yosununun aseton ekstresinin DPPH, ABTS radikali giderme aktivitelerini, indirgeme gucu kapasitesi ve toplam fenolik iğeriğini incelemişlerdir. Toplam fenolik iğeriği 236.03±1.20 mg GAE/g ekstre olarak belirlenmiştir. DPPH, ABTS ve indirgeme gucunun IC₅₀ değerleri sırasıyla 88.5±0.3; 13.9±0.2 ve 17.6±0.0 µg/L olarak tespit edilmiştir. Sellimi ve arkadaşları (2014), Tunus sahilinden topladıkları *C. barbata* yosunundan izole ettikleri bir polisakkaritin antioksidan aktivite gosterdiğini bildirmiştir. Negreanu-Pirjol ve arkadaşları (2012), *C. barbata*'nın etanol ekstresinin yuşsek oranlarda antioksidan aktivite sergilediğini belirtmişlerdir.

Tatlı su ve tuzlu sularda yaşayan su bitkilerinin (algler, makrofitler) iğerdiği çeşitli biyokimyasal bileşenler nedeniyle antibakteriyel, antifungal, antitumor ve son yıllarda popuşaritesi oldukça artan antioksidan aktiviteye sahip olduğu ve çeşitli patojen mikroorganizmalar üzerinde etkili olduğu gorumektedir (Erturk ve Taş, 2011; Taş ve ark., 2015; Erturk ve ark., 2020).

Yuşen yapraklı su bitkisi *E. crassipes* turunun sap, yaprak ve çiçeklerinden elde edilen etanol ve su ekstrelerinin DPPH yontemi kullanılarak yapılan antioksidan aktivite belirleme analizinde, bitkinin çiçeklerinden elde edilen etanol ekstrelerinin en yuşsek % sypurme değerini (%79.36) verdiği bildirilmiştir (Surendraraj ve aek., 2013). Mevcut çalışmamızda ise etanol ekstrelerinin % sypurme değerleri en yuşsek *C. submersum* %96.03, en duşuk *C. officinalis* %0.55 turlerinde kaydedilmiştir.

Emers tip su bitkisi olan *Typha angustifolia* türünün polenlerinden elde edilen su ve etanol ekstreleriyle DPPH analizi yapılan çalışmada, bitkinin hem etanol hem de su çözeltilerinin önemli antioksidan aktiviteye sahip olduğu bildirilmiştir (Chen ve ark., 2017). İlgili çalışmada su ekstrelerinin etanol ekstrelerine göre daha yüksek antioksidan aktivite gösterdiği tespit edilmiştir. Yaptığımız çalışmada materyal olarak kullandığımız su bitkilerinin etanol ekstrelerinin antioksidan aktivite potansiyeline baktığımızda, *C. officinalis* türü hariç diğer türlerin yüksek sonuç verdiği tespit edilmiştir. Çalışmamızda su kullanılarak bitki ekstreleri elde edilmediği için, bundan sonra yapılacak çalışmalarda su ve diğer farklı çözücüler kullanılarak elde edilecek bitki ekstrelerinin antioksidan potansiyelleri daha iyi karşılaştırılabilir.

Cudalbeanu ve ark., (2018) beyaz nilüfer bitkisinin (*Nymphaea alba*) yaprak, çiçek, meyve, gövde ve köklerinden elde ettikleri metanolik ekstrelerin DPPH ile antioksidan özelliklerini inceledikleri bir çalışmada; en yüksek antioksidan değeri bitkinin meyve ve çiçeklerinden ($SC_{50}:17 \mu\text{g/mL}$), en düşük antioksidan değeri ise gövde ($SC_{50}:25 \mu\text{g/mL}$) ekstrelerinden elde edilmiştir. Serbest yüzen yapraklı su bitkisi *S. polyrhiza* türünün tamamından (yaprak ve kökler) elde edilen etanol ekstrelerinin bu çalışmadakinden ve materyal olarak kullanılan diğer bitki ekstrelerinden daha yüksek sonuçlar verdiği ($SC_{50}:11 \mu\text{g/mL}$) bildirilmiştir (Şahin, 2020).

Kartal ve arkadaşlarının (2009) farklı ekolojik ortamlarda yaşayan su bitkilerinde (tatlı su alglerinden *Chara hispida*, *Cladophora glomerata*, *Cladophora fracta*, *Spirogyra gratiana*, *Mougeotia* sp., *Vaucheria sessilis*, *Geminella mutabilis*; tatlısu bitkileri *Ranunculus rionii* ve *C. demersum*; deniz algleri *Sciniaia furcellata*, *Dictyota dichotoma*, *Padina vickersiae*, *Halopteris scoparia* ve deniz otu *Posidonia oceanica*) yaptıkları antioksidan aktivite analizinde (DPPH yöntemi), ilgili türlerden *C. glomerata* türünün etanolik ekstresinin en yüksek antioksidan etkiye sahip olduğu (0.01 mg/mL) bildirilmiştir. En düşük antioksidan sonucu ise deniz çayırlarından *P. oceanica* (1.53 mg/mL) türünde kaydetmişlerdir. Mevcut çalışmamızda *C. submersum* türünün antioksidan etkisi ipliksi alg *C. glomerata* türünün antioksidan etkisiyle benzer sonuçlar vermiştir. Yine, çalışmamızda kullanılan etanol ekstreleri arasında en düşük antioksidan sonucunu veren (0.55 mg/mL) *C. officinalis* su bitkisi

ekstresi deniz çayırı bitkisinin (*P. oceanica*) etanol ekstresinden daha düşük sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

Ranunculus cinsine ait karasal formlar olan *R. marginatus* var. *trachycarpus* (çırnıkotu) ve *R. sprunerianus* (duvar düğünçiçeği) bitkilerinin hekzan, etil asetat, metanol ve su ekstralarının antioksidan ve antibakteriyel aktivitelerinin incelendiği bir araştırmada, bitki ekstraktlarının antioksidan aktivitesi DPPH radikal süpürücü ve troloks eşdeğeri antioksidan kapasite yöntemleriyle tayin edilmiştir. Her iki yöntemde de metanol ekstraları en yüksek antioksidan aktiviteyi göstermiştir. Çalışmada *R. marginatus* var. *trachycarpus* türünün metanol ekstraktının DPPH süpürme yüzdesi %76.58 (0.25 mg/mL ekstrakt için), *R. sprunerianus* türünün DPPH süpürme yüzdesi %85.34 (0.25 mg/mL ekstrakt için) olarak hesaplanmıştır (Kaya ve ark., 2010). *R. sphaerospermus* türünün etanol ve saf su özütlerinin in vitro antioksidan aktivitesini değerlendirmek için yapılan DPPH yönteminde, su bitkisinin saf su ve etanol özütleri çalışılmıştır. *R. sphaerospermus*'un saf su ekstraktının DPPH süpürme yüzdesi %75.25 (20 mg/mL ekstrakt için) iken etanol ekstraktının DPPH süpürme yüzdesi %90.03 (20 mg/mL ekstrakt için) olarak hesaplanmıştır (Ertürk ve ark., 2019). Mevcut çalışmamızda *R. sphaerospermus*'un sadece etanol ekstresi çalışmıştır ve DPPH süpürme yüzdesi daha düşük sonuç vermiştir (%16.14).

Antioksidan aktiviteyi belirlemek için kullanılan yaygın yöntemlerden bir diğeri de demir(III) iyonu indirgeyici antioksidan gücü (FRAP) yöntemidir. Mevcut çalışmamızda DPPH ve FRAP yöntemleri kullanılarak yapılan su bitkilerinin antioksidan potansiyelini belirleme çalışmaları sonucunda, etanol ekstralarının antioksidan özellikleri belirlenmiştir. DPPH ve FRAP parametreleri karşılaştırıldığında yüksek oranda pozitif korelasyon kaydedilmiştir ($r=0.995$, $p<0.01$). Emsen ve Doğan (2018) submers su bitkisi *C. demersum* türünün su ve metanol ekstralarından FRAP yöntemi ile yaptıkları bir çalışmada, su ekstralarının metanol ekstralarından daha yüksek antioksidan aktivite gösterdiğini bildirmişlerdir. Yine, başka bir çalışmada, Afolayan ve ark., (2013) *Nymphaea lotus*'un aseton ve su ekstralarını kullanarak DPPH yöntemiyle antioksidan aktiviteyi belirledikleri çalışmada, aseton ekstralarının su ekstralarına göre daha yüksek süpürme yüzdesine sahip olduğu bildirilmiştir. Mevcut çalışmamızda su ekstresi kullanılmadığından dolayı, etanol ekstraları arasında en yüksek antioksidan etkiyi *C. submersum* verirken

(315.98 µmol TX/g), en düşük etkiyi ise *C. officinalis* (8.16 µmol TX/ g) türü vermiştir.

Lotus olarak da bilinen yüzen yapraklı su bitkisi *Nelumbo nucifera* bitkisinin köklerinin metanolik ekstralarının FRAP yöntemiyle belirlenen antioksidan analizine göre; doku, kabuk ve nodların FRAP değerleri sırasıyla 75.91, 87.66 ve 100.43 µg Trolox equivalents/100 µg GAE (µM TX/g madde) olarak tespit edilmiştir (Yi ve ark., 2016).

Su bitkileri ve mikroorganizmalar, biyosorpsiyon süreçleri ve metabolizmaya bağlı biyobirikim yoluyla metalleri sudan uzaklaştırma yeteneğine sahiptir (Wang ve ark., 1998). Bu nedenle su bitkileri fitoindikatör ve fitomediyatör olarak kullanılmaktadır. Serbest yüzen su bitkileri, kirleticileri biriktirdikleri ve biyolojik olarak konsantre ettikleri, yüksek üretkenliğe, yüksek besleyici değere sahip oldukları ve hasat yoluyla uzaklaştırılmaları kolay olduğu için fitoremediasyon için kullanılabilir (Vardanyan ve Ingole, 2006; Srivastava ve ark., 2008). *H. morsus-ranae*, iyi biyomonitör organizma kriterlerinin çoğunu çok iyi karşılar. Çıplak gözle görülebilir, sulak alanda bol miktarda bulunur ve toplanması kolaydır. *H. morsus-ranae*, sudaki çinko, demir ve cıva konsantrasyonunun arttığına bir göstergesidir (Polechońska ve Dambiec, 2014). Yapraklarında ve köklerinde metal biriktirme yeteneği vardır (Gałczyńska ve ark., 2019). Çalışmamızda antioksidan aktiviteyi belirlemek için kullandığımız Fe(II) iyonu şelat oluşturma in vitro deneyinde en yüksek aktiviteyi sadece *H. morsus-ranae* göstermiştir (Çizelge 5.1). Bu sonuç bu makrofitin şelat oluşturmak için uygun işlevsel gruplara sahip olduğunu göstermektedir. Aynı zamanda elde edilen sonuç, sudan metal uzaklaştırmak için (fitoremediasyon) bu bitkinin kullanıldığı literatür bilgilerini de desteklemektedir.

Su altında yaşayan (submers) *M. spicatum*'un özel bir özelliği vardır, yani *M. spicatum*'un yapraklarındaki fenolik içerik nispeten yüksektir. Çalışmamızda *M. spicatum*'un klorofil-b ve toplam klorofil içeriği en yüksek çıkmıştır. Genel olarak, yüzen ve yeni ortaya çıkan bitkiler, su altındaki bitkilerden daha fazla fenolik bileşiğe sahiptir (Liu ve ark., 2019). Smolders (2000), 40 farklı akuatik makrofit türünün yapraklarında fenolik içeriğini belirlemiş ve *M. spicatum*'un su altında kalan türler arasında en yüksek seviyelere sahip olduğunu, *H. morsus-ranae* gibi bazı

yüzen türlerden bile daha yüksek olduğunu bildirmiştir. Çalışmamızda toplam fenolik madde ve flavonoid madde içeriği en yüksek *C. submersum* submers bitkisinde kaydedilmiştir (Çizelge 5.1). Smolders (2000)'in çalışmasında bu bitki analiz edilmemiştir, aynı cinsin farklı bir türü olan *C. demersum* kullanılmıştır. Bitkilerde ikincil metabolitler olan fenolikler, radikalleri temizleyerek peroksi radikallerini hidroperoksite dönüştürdükleri için antioksidanlar gibi davranabilirler (Hosseinzadeh ve ark., 2013). Hutchinson'a (1975) göre, submers makrofitler alkaloidler ve diğer ikincil bitki bileşikleri ile daha az donanımlıdır. Ancak çalışmamızda kullandığımız *C. submersum*, fenolik bileşikleri serbest bırakan veya yüzen makrofitlere kıyasla, epifitlere karşı savunmada daha spesifik işlevleri yerine getiriyor gibi görünmektedir. Hem sekonder metabolitler hem de antioksidan aktivitesi en fazla olan türün *C. submersum* olduğu bu çalışma ile ortaya konulmaktadır.

Oksidatif stres, reaktif oksijen türleri (ROS) üretimi ile vücudun ROS'u çıkarma veya detoksifiye etme yeteneği arasındaki dengesizliğin bir sonucudur. Serbest radikalleri temizleme kapasitesi ise bir antioksidanın temel özelliğidir (Lobo ve ark., 2010; Nimse ve Pal, 2010). Bu çalışmada Fe(II) şelat oluşturma yüzdesi hariç fenoller, flavonoidler, toplam antioksidan, DPPH, ve FRAP analizleriyle submers bitki *C. submersum*'un yüksek antioksidan kapasiteye sahip olduğu belirlenmiştir. Bu çalışma ile Karadeniz Bölgesi'nde farklı sucul habitatlarda kozmopolit yayılışa sahip 10 farklı hidrofite farklı biyolojik, fizikokimyasal ve biyokimyasal özellikler taşıdığı ve su bitkilerinin de karasal bitkiler gibi antioksidan potansiyeline sahip olduğu kanıtlanmıştır.

Sonuç olarak;

Karasal tıbbi bitkiler gibi sucul bitkilerin de birçok yeni aktif bileşenler içerdiği; tıbbi, farmakolojik, biyolojik veya çevresel amaçlar için kullanıldığı ya da kullanılabilir potansiyele sahip olduğu görülmektedir. Bitkisel bileşiklerin antioksidan ve biyokimyasal içeriklerinin tedavilerdeki başarısı veya koruyucu rolüne yönelik yapılan çalışmaların gittikçe önem kazandığı düşünülmektedir. Algler ve alglerden elde edilen ürünler farklı endüstri kollarında kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra alglerin düşük kalorili olması, bazı türlerin yüksek protein ve sağlıklı yağlar

içermesi, yüksek vitamin, mineral ve lif içermelerinden dolayı gıda endüstrisinde de değerlendirilmektedir. Bu niteliklere sahip mikro/makro algler nutrasötik olarak kullanılmaktadır, fakat Türkiye’de kullanımı yaygın değildir. Oysaki üç tarafı denizlerle çevrili denizlerimizde bol miktarda bulunan makro alglerin biyokimyasal yapısının incelenerek değerlendirilmesi Türk ekonomisine katkı sağlayacaktır. Algler gibi, farklı ekolojik ortamlarda, tatlısulara yaşayan sucul makrofitlerin de biyokimyasal özelliklerinin incelenmesi nutrasötik/farmasötik ürün çeşitliliğimizi artıracak, ekonomimize katkı sağlayacaktır. Özellikle sulak alanlar bakımından zengin ülkemizde sucul bitkilerin doğal kaynak olarak değerlendirilebilme potansiyellerinin ortaya çıkarmak için daha kapsamlı çalışmalar yapılmaya ihtiyaç vardır.

6. KAYNAKLAR

- Abad, MJ. (2013). Anti-inflammatory properties of algae. *Functional Ingredients from Algae For Foods and Nutraceuticals*, 338-368.
- Abdulkasım, P., Songchitsombon, S., Techagumpuch, M., Balee, N., Swatsitang, P. & Sungpuag, N. (2007). Antioxidant capacity, total phenolics and sugar content of selected thai health beverages. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 58(1), 77-85.
- Abu, T. (2017). A review: Aquatic macrophyte *Ceratophyllum demersum* L. (Ceratophyllaceae): plant profile, phytochemistry and medicinal properties. *International Journal of Science and Research*, 6, 395-397.
- Afolayan, AJ., Sharaibi, OJ. & Kazeem, MI. (2013). Phytochemical analysis and in vitro antioxidant activity of *Nymphaea lotus* L. *International Journal of Pharmacology*, 9(5), 297-304.
- Ak, İ. (2015). Sucul ortamın ekonomik bitkileri; Makroalgler. *Dünya Gıda Dergisi*, 12, 88-97.

- Akçalı, İ. & Küçüksezgin, F. (2009). Ege Denizi Kıyılarında görülen kahverengi alg *Cystoseira sp.*'de ağır metal birikimi. *Su Ürünleri Dergisi*, 26 (3), 159-163.
- Albayrak, S., Sağdıç, O., Aksoy, A. (2010). Bitkisel ürünlerin ve gıdaların antioksidan kapasitelerinin belirlenmesinde kullanılan yöntemler. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 26(4), 401-409.
- Altınayar, G. (1988). Su Yabancıtları. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Amudha, P., Jayalakshmi, M., Pushpabharathi, N. & Vanitha, V. (2018). Identification of bioactive components in enhalus acoroides seagrass extract by gas chromatography–mass spectrometry. *Asian Journal Pharmaceutical Clinical Research*, 11(10), 313-317.
- Anonim, (2019). *Ranunculus sphaerospermus*, Vikipedi, https://pl.wikipedia.org/wiki/Ranunculus_sphaerospermus-(Erişim Tarihi: 02.04.2019)
- Anonim, (2021). 1-Dodesen, Vikipedi, <https://en.wikipedia.org/wiki/1-Dodecene> - (Erişim Tarihi: 08.07.2021)
- AOAC., (1990). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 15th ed. Association Official Analytical Chemists (AOAC), Washington, DC, 1298s
- Arora, N. & Pandey-Rai, S. (2014). *Celastrus paniculatus* Willd'in uçucu yağının GC-MS analizi, tohumları ve antioksidan, çeşitli çözücü özlerinin anti-inflamatuar çalışması. *Sanayi Bitkileri ve Ürünleri*, 61, 345-351.
- Arora, S. & Kumar, G. (2018). Phytochemical screening of root, stem and leaves of *Cenchrus biflorus* Roxb. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7 (1), 1445-1450.
- Arora, S., & Kumar, G. (2017). Gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) determination of bioactive constituents from the methanolic and ethyl acetate extract of *Cenchrus setigerus* Vahl (Poaceae). *The Pharma Innovation*, 6(11), 635-640.
- Arsal Kor, S. (2016). KKTC'de yetişen *Lathyrus ochrus* (L.) DC. uçucu yağ içeriğinin, uçucu sekonder metabolitlerinin ve bazı aktivite özelliklerinin tayin edilmesi. *KKTC Yakın Doğu Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Analitik Kimya Programı, Lefkoşa*.
- Arvouet-Grand, A., Vennat, B., Pourrat, A. & Legret, P. (1994). Standardisation d'un extrait de propolis et identification des principaux constituants. *Journal de Pharmacie de Belgique*, 49, 462-468.
- Atasever-Arslan, B., Yilancioglu, K., Bekaroglu, M. G., Taskin, E., Altinoz, E. & Cetiner, S. (2015). Cytotoxic effect of extract from *Dunaliella salina* against SH-SY5Y neuroblastoma cells. *Gen Physiol Biophys*, 34 (2), 201-207.
- Atindehou, KK., Schmid, C., Brun, R., Koné, MW. & Traore, D. (2004). Fildişi Sahili'nden gelen şifalı bitkilerin antitripanozomal ve antiplazmodiyal aktivitesi. *Etnofarmakoloji Dergisi*, 90 (2-3), 221-227.

- Aydın, S. (2012). Giresun ilinden toplanan *Flavoparmelia caperata* (L.) Hale (Parmeliaceae) ve *Roccella phycopsis* Ach.(Roccellaceae) likenlerinin antibakteriyal ve antioksidan özelliklerinin araştırılması. Doktora Tezi Giresun Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Giresun.
- Aysel, V., Erdugan, H., Dural, B. & Sükran Okudan, E. (2006). Marine algae and seagrasses of Tekirdag (Black Sea, Turkey). *Journal of Black Sea/Mediterranean environment*, 12 (3), 251-267.
- Bhardwaj, R. (2018). GC-MS analysis and antimicrobial activity of alkaloids of *Tecomella undulata*. *Journal of Medicinal Plant Studies*, 6(6), 68-72.
- Bonnett, R. (2000). Chemical Aspects of Photodynamic Therapy. CBC Press, Amsterdam, Netherlands.
- Boopathy, NS. & Kathiresan, K. (2013). Anticancer agents derived from marine algae. *Functional Ingredients from Algae for Foods and Nutraceuticals*, 307-337.
- Borik, RM. (2014). Volatile compounds extraction, fractionation and identification from the red alga *Corallina officinalis*. *World Applied Sciences Journal*, 30 (6), 741-746.
- Boussiba, S., Bing, W., Yuan, J. P., Zarka, A., & Chen, F. (1999). Changes in pigments profile in the green alga *Haeamtococcus pluvialis* exposed to environmental stresses. *Biotechnology Letters*, 21(7), 601-604.
- Brash, AR (2001). Biyoaktif bir molekül olarak araşidonik asit. *Klinik Araştırma Dergisi*, 107 (11), 1339-1345.
- Březinová, TD. & Vymazal, J. (2018). Phenolic compounds in Wetland macrophytes. *Scientia Agriculturae Bohemica*, 49 (1), 1-8.
- Budağ, C. & Fırat, M. (2015). *Ranunculus trichophyllus* bitkisinin bazı besin maddesi içerikleri. *Yüziüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 20 (1-2), 1-9.
- Bushmann, PJ. & Ailstock, MS. (2006). Antibacterial compounds in estuarine submersed aquatic plants. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 331(1), 41-50.
- Büyüktüncel, E. (2013). Toplam fenolik içerik ve antioksidan kapasite tayininde kullanılan başlıca spektrofotometrik yöntemler. *Marmara Pharmaceutical Journal*, 17(2), 93-103.
- Çapanoğlu, E. & Boyacıoğlu, D. (2009). Meyve sebzelerin flavonoid içeriği üzerine işlemenin etkisi, *Akademik Gıda* 7, 41-46.
- Çetin, İZ., Cesur, A., Keskin, R. & Akarsu, H. (2018). Bazı peyzaj bitkilerinde klorofil miktarının değişimi: Samsun Örneği. *Kastamonu University Journal of Engineering and Sciences*, 4(1), 1-10.
- Çetin, M. (2016). Peyzaj çalışmalarında kullanılan bazı bitkilerde klorofil miktarının değişimi. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 16(1), 239-245.

- Çetingül, V. (2001). *Petalonia fascia* (OF Müll.) Kuntze'nin biyokimyasal kompozisyonunun mevsimsel değişimi. *Su Ürünleri Dergisi*, 18(1-2), 117-124.
- Chen, P., Cao, Y., Bao, B., Zhang, L. & Ding, A. (2017). Antioxidant capacity of *Typha angustifolia* extracts and two active flavonoids. *Pharmaceutical Biology*, 55(1), 1283-1288.
- Cirik, S., Sen, E. & Ak, I. (2010). Esmer alglerden *Cystoseira barbata* (Stachhouse) C. Agardh'nın yetiştiriciliği ve kimyasal bileşiminde meydana gelen değişimler. *Journal of Fisheries Sciences. com*, 4(4), 354.
- Clarkson, C., Maharaj, VJ, Crouch, NR, Grace, OM, Pillay, P., Matsabisa, MG, & Folb, PI (2004). Yerli veya Güney Afrika'da doğallaştırılmış tıbbi bitkilerin in vitro antiplazmodiyal aktivitesi. *Etnofarmakoloji Dergisi*, 92 (2-3), 177-191.
- Çoban, ÖE. & Patır, B. (2010). Antioksidan etkili bazı bitki ve baharatların gıdalarda kullanımı. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 5(2), 7-19.
- Cudalbeanu, M., Ghinea, I., Furdui, B., Dah-Nouvlessounon, D., Raclea, R., Costache, T. & Dinica, R. (2018). Exploring new antioxidant and mineral compounds from *Nymphaea alba* wild-grown in Danube Delta biosphere. *Molecules*, 23(6), 1247.
- Dandekar, R., Fegade, B. & Bhaskar, VH (2015). *Epiphyllum oxypetalum* yapraklarının alkol ekstraktındaki fito-bileşenlerin GC-MS analizi. *Farmakognozi ve Fitokimya Dergisi*, 4(1), 149-154.
- Demirel, Z., Yılmaz-Koz, FF., Karabay-Yavasoglu, UN., Ozdemir, G. & Sukatar, A. (2009). Antimicrobial and antioxidant activity of brown algae from the Aegean Sea. *Journal of the Serbian Chemical Society*, 74(6) 619–628.
- Demirpolat, A. (2017). Türkiye'de yetişen bazı *Scandix* L.(Apiaceae) türleri üzerinde biyosistematik araştırmalar. Doktora Tezi. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Elazığ.
- Dere, Ş., Dalkıran, N., Karacaoğlu, D., Yıldız, G., & Dere, E., (2003). The determination of total protein, total soluble carbohydrate and pigment contents of some macroalgae collected from Gemlik-Karacaali (Bursa) and Erdek-Ormanlı (Balıkesir) in the Sea of Marmara, Turkey. *Oceanologia*, 45(3), 453-471.
- Dere, Ş., Güneş, T., & Sıvacı, R. (1998). Spectrophotometric determination of chlorophyll-A, B and total carotenoid contents of some algae species using different solvents. *Turkish Journal of Botany*, 22(1), 13-18.
- Dinis, TC., Madeira, VM. & Almeida, LM. (1994). Action of phenolic derivatives (acetaminophen, salicylate, and 5-aminosalicylate) as inhibitors of membrane lipid peroxidation and as peroxy radical scavengers. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 315(1), 161-169.
- Döner, Ö., & İnci, H. (2021). Bingöl ilinin farklı bölgelerinden elde edilen propolislerin protein oranı ve kül miktarı açısından karşılaştırılması. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 5(2), 372-380.

- Dorman, HJD. & Deans, SG. (2000). Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. *Journal of Applied Microbiology*, 88(2), 308-316.
- Emsen, B. & Dogan, M. (2018). Evaluation of antioxidant activity of in vitro propagated medicinal *Ceratophyllum demersum* L. extracts. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, 17(1), 23-33.
- Eriksen, NT. (2008). Production of phycocyanin a pigment with applications in biology, biotechnology, foods and medicine. *Applied microbiology and biotechnology*, 80(1), 1-14.
- Ertürk, Ö. & Taş, B. (2011). Antibacterial and antifungal effects of some marine algae. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 17(Suppl A), 121-124.
- Ertürk, Ö., Taş, B. & Şen, Ş. (2019). Su çiçeğinin (*Ranunculus sphaerospermus* Boiss. & Blanche) antimikrobiyal ve antioksidan aktivitesinin incelenmesi. 3. Uluslararası UNİDOKAP Karadeniz Sempozyumu, "Sürdürülebilir Tarım ve Çevre", 21-23 Haziran 2019, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Sempozyum Kitabı, 411-418.
- Ertürk, Ö., Taş, B. (2011). Antibacterial and antifungal effects of some marine algae. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 17(Suppl A): 121–124.
- Ertürk, Ö., Taş, B. & Şahin, H. (2020). Antibacterial and antifungal activity of Eurasian water-milfoil collected from lentic and lotic water body in Central Black Sea Region, Turkey. *Acta Biologica Turcica*, 33(1), 12-19.
- Galczyńska M., Mańkowska N., Milke J., Buśko M. (2019). Possibilities and limitations of using *Lemna minor*, *Hydrocharis morsus-ranae* and *Ceratophyllum demersum* in removing metals with contaminated water. *Journal of Water and Land Development*, 40 (I–III), 161–173.
- Galczynska, M., Mankowska, N., Milke, J. & Busko, M. (2019). Possibilities and limitations of using *Lemna minor*, *Hydrocharis morsus-ranae* and *Ceratophyllum demersum* in removing metals with contaminated water. *Journal of Water and Land Development*, 40 (I–III), 161–173.
- Galketiya, C., Weeraratna, TS., Punchihewa, JC., Wickramaratne, MN. & Wickramaratne, DBM. (2017). Screening of edible plants in Sri Lanka for antioxidant activity. *Journal of Medicinal Plants Studies*, 5, 91–95.
- Giordano, P., Scicchitano, P., Locorotondo, M., Mandurino, C., Ricci, G., Carbonara, S., Gesualdo, M., Zito, A., Dachille, A., Caputo, P., Riccardi, R., Frasso, G., Lassandro, A., Di Mauro & Ciccone, MM., (2012). Carotenoids and Cardiovascular Risk. *Current pharmaceutical design*, 18(34), 5577-5589.
- Gomes, TA., Zanette, CM., & Spier, MR. (2020). An overview of cell disruption methods for intracellular biomolecules recovery. *Preparative biochemistry & biotechnology*, 50(7), 635-654.
- Goud, JV., Suryam, A. & Charya, MS. (2009). Biomolecular and phytochemical analyses of three aquatic angiosperms. *African Journal of Microbiology Research*, 3(8), 418-421.

- Grung, M., D'Souza, F. M., Borowitzka, M., & Liaaen-Jensen, S. (1992). Algal carotenoids 51. Secondary carotenoids 2. Haematococcus pluvialis aplanospores as a source of (3 S, 3' S)-astaxanthin esters. *Journal of Applied Phycology*, 4(2), 165-171.
- Gültekin, E. & Doğan, M. (2012). Sucul makrofitlerden, su mercimeği *Lemna minor* L.(Lemnaceae)'ün antibiyotik uygulamalarına fizyolojik yanıtları. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, 5(1), 75-78.
- Güner, H. & Aysel, V. (2011). Tohumuz Bitkiler Sistematığı. Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir, 245.
- Haas, P. & Hill, TG. (1933). Observations on the metabolism of certain seaweeds. *Oxford Journals*, 47, 55-67.
- Haryatfrehni, R., Dewi, SC., Meilianda, A., Rahmawati, S. & Sari, IZR., (2015). Preliminary study the potency of macroalgae in yogyakarta: extraction and enalysis of algal pigments from Common Gunungkidul Seaweeds. *Procedia Chemistry*, 14, 373–380.
- Hosikian, A., Lim, S., Halim, R. & Danquah, MK. (2010). Chlorophyll extraction from microalgae: A review on the process engineering aspects. *International Journal of Chemical engineering*, 2010, 1-11.
- Hosikian, A., Lim, S., Halim, R., & Danquah, M. K. (2010). Chlorophyll extraction from microalgae: a review on the process engineering aspects. *International Journal of Chemical Engineering*, 2010, Article ID 391632, p:11
- Hosseinzadeh, R., Khorsandi, K., & Hemmaty, S. (2013). Study of the effect of surfactants on extraction and determination of polyphenolic compounds and antioxidant capacity of fruits extracts. *PloS one*, 8(3), e57353.
- Hu, X., Tanaka, A., & Tanaka, R. (2013). Simple extraction methods that prevent the artifactual conversion of chlorophyll to chlorophyllide during pigment isolation from leaf samples. *Plant methods*, 9(1), 1-13.
- Hutchinson, G.E. (1975). A treatise on limnology. Vol. 3 Limnological botany, Wiley and Sons.
- Ihenetu, GU, Igwe, OU, Nnaji, JC ve Ejezie, MU (2020). *Baphia nitida* yapraklarından 1-eikosenin izolasyonu. *Nijerya Kimya Derneği Dergisi*, 45 (3).
- İrkin, LC. & Erduğan, H. (2015). Çanakkale Boğazı'nda yayılış gösteren *Cystoseira barbata* (Stackhouse) C. Agardh'nın kimyasal kompozisyonunun mevsimsel olarak incelenmesi. *Su Ürünleri Dergisi*, 31(4), 209-213.
- İrkin, LC. & Erduğan, H., (2014). Seasonal variation in the chemical composition of *Cystoseira barbata* (Stackhouse) C. Agardh distributed in the Strait of Çanakkale. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 31(4), 209-213.
- İşbilir, ŞS. (2008). Yaprakları salata-baharat olarak tüketilen bazı bitkilerin antioksidan aktivitelerinin incelenmesi. Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Ana Bilim Dalı, Edirne.

- Jebamalar, MJ. & Sumathy, VJHA. (2018). Comparartive analysis of the anticoagulant property of *Chaetomorpha antennina* and *Ceratophyllum Submersum*. *IOSR Journal of Biotechnology and Biochemistry*, 4(5), 6-14.
- Kacar, B. & İnal, A. (2010). Bitki Analizleri. Nobel Akademik Yayıncılık, 912.
- Kale, MV. (2015). GC-MS analysis of phytocomponents on whole plant extracts *Adiantum capillus-veneris* L.-a potential folklore medicinal plant. *Research Journal of Life Sciences, Bioinformatics, Pharmaceutical and Chemical Sciences*, 1(2) 116-121.
- Kaplan, Z. (2008). Asya'daki *Stuckenia* (Potamogetonaceae)'nın taksonomik bir revizyonu olup, dünya çapında bir cinsin çeşitliliği ve çeşitliliği hakkında notlar alır. *Folia Geobotanica*, 43(2), 159-234.
- Karaçuha, A. & Gönüloğlu, A. (2007). Sinop-Ayancık kıyıları üst-infralittoralinin alg florası. *Journal of Fisheries Sciences. com*, 1(1), 1-12.
- Kartal, M., Orhan, I., Abu-Asaker, M., Senol, FS., Atıcı, T. & Sener, B. (2009). Antioxidant and anticholinesterase assets and liquid chromatography-mass spectrometry preface of various fresh-water and marine macroalgae. *Pharmacognosy Magazine*, 5(20), 291.
- Kavaz, D., Umar, H. & Zimuto, T. (2019). Biosynthesis of Gold Nanoparticles using *Scytosiphon lomentaria* (Brown algae) and *Spyridia filamentosa* (Red algae) from Kyrenia Region and Evaluation of their antimicrobial and antioxidant activity. *Hacettepe Journal of Biology and Chemistry*, 47(4), 367-382.
- Kaya, AA., Üçüncü, O., İltis, Ş. M., Baltacı, C., Öztürk, S. & Karaköse, M. (2015). *Rhinanthus angustifolius* subsp. *grandiflorus* Bitkisinin Uçucu Yağ Bileşenleri ve Antimikrobiyal Aktivite Testleri. 3.İlaç Kimyası: İlaç Etkin Maddesi Tasarımı, Sentezi, Üretimi ve Standardizasyonu Kongresi, 20-22 Mart 2015, 208
- Kaya, GI., Somer, NU., Konyalıoğlu, S., Yalçın, HT., Yavaşoğlu, NÜK., Sarıkaya, B. & Onur, MA. (2010), “Antioxidant and antibacterial activities of *Ranunculus marginatus* var. *trachycarpus* and *R. sprunerianus*”, *Turkish Journal of Biology*, 34(2), 139-146.
- Kim, JH., Lam, SMN. & Kim, KY. (2013). Photoacclimation strategies of the temperate coralline alga *Corallina officinalis*: a perspective on photosynthesis, calcification, photosynthetic pigment contents and growth. *Algae*, 28(4), 355-363.
- Kırkım, F., Özcan, T., Sezgin, M., Çulha, M. & Katağan, T. (2014). Marine isopods (Crustacea) of Sinop Bay (Black Sea, Turkey). *Journal of Black Sea/Mediterranean Environment*, 20(3), 264-269.
- Kosanic, M., Rankovic, B. & Stanojkovic, T. (2015). Biological potential of marine macroalgae of the genus *Cystoseira*. *Acta Biologica Hungarica*, 66(4), 374-384.
- Kösesakal, T. (2013). *Azolla–Anabaena* ortaklığının biyolojisi. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, (2), 38-43.

- Kösesakal, T. (2014). Effects of seasonal changes on pigment composition of *Azolla filiculoides* Lam. *American Fern Journal*, 104(2), 58-66.
- Kuda, T., Tsunekawa, M., Hishi, T. & Araki, Y. (2005). Antioxidant properties of driedkayamo-nori', a brown alga *Scytosiphon lomentaria* (Scytosiphonales, Phaeophyceae). *Food Chemistry*, 89(4), 617-622.
- Kuria, KA, Chepkwony, H., Govaerts, C., Roets, E., Busson, R., De Witte, P. & Laekeman, G. (2002). Ajuga r emota'dan izolatların antiplazmodiyal aktivitesi. *Doğal Ürünler Dergisi*, 65 (5), 789-793.
- Lakshmanan, G., Bupesh, G., Vignesh, A., Sathiyaseelan, A. & Murugesan, K. (2016). Micropropagation and anticancer activity of methanolic extract of *Plumbago auriculata* Lam. *International Journal of Advanced Biotechnology and Research*, 7(4), 2001-2011.
- Lanfer-Marquez, UM., Barros, RM., & Sinnecker, P. (2005). Antioxidant activity of chlorophylls and their derivatives. *Food Research International*, 38(8-9), 885-891.
- Leblebici, Y. (2018). Tatlı Su Eğreltisi *Azolla filiculoides* Lam. Kullanılarak Ağır Metallerin Fitoremediasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Nevşehir.
- Lee, RE. (2018). Phycology. Cambridge University press.
- Lichtenthaler, HK. (1987). Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in Enzymology*, 148, 350-382.
- Limantara, L., P. Koehler, B. Wilhelm, RJ. Porra & H. Scheer. (2006). Photostability of bacteriochlorophyll a and derivatives: Potential Sensitizer for Photodynamic Tumor Therapy. *Photochemistry and Photobiology*, 82, 770-780.
- Liu, Y., Liu, N., Zhou, Y., Wang, F., Zhang, Y., & Wu, Z. (2019). Growth and physiological responses in *Myriophyllum spicatum* L. Exposed to Linear Alkylbenzene Sulfonate. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 38(9), 2073-2081.
- Lobo, V., Patil, A., Phatak, A., & Chandra, N. (2010). Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. *Pharmacognosy reviews*, 4(8), 118.
- Martin, JH., Gordon, M., & Fitzwater, SE. (1991). The case for iron. *Limnology and Oceanography*, 36(8), 1793-1802.
- MEB, 2016. Gıda Teknolojisi, *Gıdalardaki Pigment ve Fenolik Bileşikler*. T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara.
- Mehmetoğlu, İ., Ünlü, C. M., Gökçe, R. & Kurban, S. (2005). Çay, baharat ve bitki kaynaklı bazı gıda maddelerinin flavonoid içerikleri ve antioksidan özellikleri. *Türkiye Klinikleri Journal of Medical Sciences*, 25(3), 407-411.
- Mlodzinska, E., (2009). Survey of plant pigments: molecular and environmental determinants of plant colors. *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica*, 51 (1), 7-16.

- Munda, I. & Gubensek, F. (1976). The amino acid composition of some common marine algae from Iceland. *Botanica Marina*, 19, 85-92.
- Murathan, ZT. (2018). Kuzeydoğu Anadolu Bölgesi ekolojik koşullarında yetişen bazı tıbbi bitkilerin biyokimyasal içeriği ve antioksidan özelliklerinin belirlenmesi. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 20 (2), 51-60.
- Negreanu-Pirjol, T., Negreanu-Pirjol, B., Sirbu, R., Praschiv, GM. & Meghea, A. (2012). Comparative studies regarding the antioxidative activity of some therapeutic marine algae species along the Romanian Black Sea coast. *Journal of Environmental Protection and Ecology*, 13, 1744-1750.
- Nimse, SB., & Pal, D. (2015). Free radicals, natural antioxidants, and their reaction mechanisms. *RSC Advances*, 5(35), 27986-28006.
- Nyman, ES., & Hynninen, PH. (2004). Research advances in the use of tetrapyrrolic photosensitizers for photodynamic therapy. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 73(1-2), 1-28.
- Önenç, SS. & Açıkgöz, Z. (2005). Aromatik bitkilerin hayvansal ürünlerde antioksidan etkileri. *Hayvansal Üretim*, 46(1), 50-55.
- Oukarroum, A., Barhoumi, L., Pirastru, L. & Dewez, D. (2013). Silver nanoparticle toxicity effect on growth and cellular viability of the aquatic plant *Lemna gibba*. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 32(4), 902-907.
- Oyaizu, M. (1986). Studies on products of browning reaction. *The Japanese journal of nutrition and dietetics*, 44 (6), 307-315.
- Oyebode, OA., Erukainure, OL., Koorbanally, NA. & Islam, S. (2018). *Acalypha wilkesiana* ‘Java white’: Identification of some bioactive compounds by GCMS and their effects on key enzymes linked to type 2 diabetes. *Acta Pharmaceutica*, 68 (4), 425-439.
- Özbay, H. (2004). Kırmızı Eğrelti Azolla: Biyolojisi ve tarımda kullanımı. *Türk Sucul Yaşam Dergisi*, 3, 590-601.
- Özgün, S. & Turan, F. (2015). Biochemical composition of some brown algae from İskenderun Bay, the Northeastern Mediterranean coast of Turkey. *Journal of Black Sea / Mediterranean Environment*, 21(2), 125-134.
- Pajevic, S., Vuckovic, M., Stankovic, Z., Krstic, B., Kevresan, Z. & Radulovic, S. (2002). The content of some macronutrients and heavy metals in aquatic macrophytes of three ecosystems connected to the Danube in Yugoslavia. *Archiv für Hydrobiologie*, 13(1),73-83.
- Parveen, Z., Mazhar, S., Siddique, S., Manzoor, A. & Ali, Z. (2017). Chemical composition and antifungal activity of essential oil from *Xanthium strumarium* L. leaves. *Indian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 79(2), 316-321.
- Paul, A. & Jayaraj, R. (2020). Pesticidal properties of *Anamirta cocculus*, *Cardiospermum halicacabum*, *Cocculus laurifolius* and *Strychnos nux-*

- vomica* against *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae). *Indian Journal of Natural Products and Resources*, 11(4), 295-306.
- Piotrowska, A., Bajguz, A., Godlewska-Zylkiewicz, B. & Zambrzycka, E. (2010). Changes in growth, biochemical components, and antioxidant activity in aquatic plant *Wolffia arrhiza* (Lemnaceae) exposed to cadmium and lead. *Archives of environmental contamination and toxicology*, 58(3), 594-604.
- Polat, S., Boğa Küley, E. & Özoğul, Y. (2012). İskenderun Körfezi (Kuzeydoğu Akdeniz) kıyısında dağılım gösteren bazı kahverengi ve kırmızı makroalg türlerinin protein, lipit ve yağ asiti içerikleri. *Journal of Fisheries Sciences. com*, 6(2), 107-113.
- Polechońska, L., & Dambiec, M. (2014). Heavy metal accumulation in leaves of *Hydrocharis morsus-ranae* L. and biomonitoring applications. *Civil and Environmental Engineering Reports*, 12(1) 95–105.
- Prieto, P., Pineda, M. & Anguilar, M. (1999). Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a Phosphomolybdenum Complex: Specific application to the determination of vitamin E. *Analytical Biochemistry*, 269, 337-341.
- Pro, J., Ortiz, JA., Boleas, S., Fernandez, C., Carbonell, G. & Tarazona, J. V. (2003). Effect assessment of antimicrobial pharmaceuticals on the aquatic plant *Lemna minor*. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 70(2), 0290-0295.
- Ramaraj, R., Tsai, D. D., & Chen, P. H. (2013). Chlorophyll is not accurate measurement for algal biomass. *Chiang Mai Journal of Science*, 40(4), 547-555.
- Rao, MRK, Ravi, A., Narayanan, S., Prabhu, K., Kalaiselvi, VS, Dinakar, S. & Kotteeswaran, N. (2016). Ayurveda tıbbı *Talisapatradi choornam*'ın antioksidan çalışması ve GC-MS analizi. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, 36(1), 158-166.
- Ryabushko, VI., Prazukin, AV., Popova, EV. & Nekhoroshev, MV. (2014). Fucoxanthin of the brown alga *Cystoseira barbata* (Stackh.) C. Agardh from the Black Sea. *Journal of Black Sea/Mediterranean Environment*, 20(2), 108-113.
- Ryan, AA., & Senge, MO. (2015). How green is green chemistry? Chlorophylls as a bioresource from biorefineries and their commercial potential in medicine and photovoltaics. *Photochemical & Photobiological Sciences*, 14(4), 638-660.
- Saiz-Poseu, J., Mancebo-Aracil, J., Nador, F., Busqué, F. & Ruiz-Molina, D. (2019). Katekol bazlı yapışmanın arkasındaki kimya. *Angewandte Chemie Uluslararası Baskı*, 58 (3), 696-714.
- Sanchez-Moreno, C., Larrauri, JA. & Saura-Calixto, F. (1998). A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 76, 270-276.

- Sánchez-Muniz, FJ., de Juana, AB., Bastida, S. & Benedí, J. (2013). Algae and cardiovascular health. In *Functional ingredients from algae for foods and nutraceuticals* (pp. 369-415). Woodhead Publishing.
- Sanchez-Viveros, G., Ferrera-Cerrato, R. & Alarcon, A. (2011). Short-term effects of arsenate-induced toxicity on growth, chlorophyll and carotenoid contents, and total content of phenolic compounds of *Azolla filiculoides*. *Water, Air, & Soil Pollution*, 217(1-4), 455-462.
- Santaren, ID, Watkins, SM, Liese, AD, Wagenknecht, LE, Rewers, MJ, Haffner, SM. & Hanley, AJ (2014). Serum pentadecanoic acid (15:0), a short-term marker of dairy food intake, is inversely associated with incident type 2 diabetes and its underlying disorders. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 100(6), 1532-1540.
- Santhanakrishnan, M., Sujatha, K., Kavitha pushpam, A., Vellaikumar, S., Kokiladevi, E. & Senthil, N. (2017). GC-MS analysis of phytochemicals in seaweed product. *Proceedings of the National Conference on Innovations in Biotechnology*, 22(9), 90-93.
- Sarabil, U. (2018). Samsun 19 Mayıs Sahilinde dağılım gösteren *Ulva intestinalis* Linnaeus, 1753'in biyokimyasal içeriğindeki mevsimsel değişimler. Yüksek Lisans Tezi Sinop Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Temel Birimler Anabilim Dalı, Sinop.
- Sellimi, S., Kadri, N., Barragan Montero, V., Laouer, H., Haiji, M. & Nasri, M. (2014). Fucans from a Tunisian Brown seaweed *Cystoseira barbata*: Structural characteristics and antioxidant activity. *International Journal of Biology and Macromolecul*, 66, 281-288.
- Selvamangai, G. & Bhaskar, A. (2012). GC-MS analysis of phytochemicals in the methanolic extract of *Eupatorium triplinerve*. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 2(3), 1329-1332.
- Singleton, VL. & Rossi, JA. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144-158.
- Sivaci, A., Sivaci, ER. & Sökmen, M. (2007). Changes in antioxidant activity, total phenolic and abscisic acid constituents in the aquatic plants *Myriophyllum spicatum* L. and *Myriophyllum triphyllum* Orchard exposed to cadmium. *Ecotoxicology*, 16(5), 423-428.
- Smolders, AJP., Vergeer, LHT., Van der Velde, G., & Roelofs, JGM. (2000). Phenolic contents of submerged, emergent and floating leaves of aquatic and semi-aquatic macrophyte species: why do they differ?. *Oikos*, 91(2), 307-310.
- Sökmen, BB., Aydın, S., Sağkal, Y. & Akyurt, İ. (2016a). Giresun'dan toplanan *Cystoseira barbata* (Stackhouse) C. Agardh deniz yosununun antioksidan aktivitesinin incelenmesi. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 6(14), 66-76.
- Sökmen, BB., Aydın, S., Şahin, Y., & Akyurt, İ. (2016b). Üreaz ve elastaz aktivitelerine Giresun'dan toplanan *Cystoseira barbata* (Stackhouse) C.

- Agardh deniz yosununun inhibisyon etkisinin incelenmesi. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 6(14), 124-131.
- Sreenath, KB., Sundaram, S., Gopalakrishnan, VK. & Poornima, K., (2016). Quantitative phytochemical analysis, in vitro antioxidant potential and gas chromatography-mass spectrometry studies in ethanolic extract of *Azolla microphylla*. *Asian Journal Pharmaceutical and Clinical Research*, 9(2), 318-323.
- Srivastava, J., Gupta, A., & Chandra, H. (2008). Managing water quality with aquatic macrophytes. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 7(3), 255-266.
- Su, S., Zhou, Y., Qin, JG., Yao, W. & Ma, Z. (2010). Optimization of the method for Chlorophyll extraction in aquatic plants. *Journal of Freshwater Ecology*, 25(4), 531-538.
- Surendraraj, A., Farvin, KS. & Anandan, R. (2013). Antioxidant potential of water hyacinth (*Eichornia crassipes*): in vitro antioxidant activity and phenolic composition. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 22(1), 11-26.
- Suryadi, Y., Samudra, IM., Priyatno, TP., Susilowati, DN., Lestari, P. & Sutoro, S. (2015). Aktivitas anticendawan bacillus cereus 11UJ terhadap Rhizoctonia solani dan Pyricularia oryzae. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, 11(2), 35-35.
- Syed, I., Fatima, H., Mohammed, A. & Siddiqui, MA. (2018). *Ceratophyllum demersum* a free-floating aquatic plant: A Review. *Indian Journal of Pharmaceutical and Biological Research*, 6(2), 10-17.
- Şahin, H. (2020). Yeşilırmak Deltası'ndaki sulak alanlardan toplanan serbest yüzen yapraklı makrofitlerin biyolojik özelliklerinin ve antimikrobiyal etkilerinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Moleküler Biyoloji ve Genetik Anabilim Dalı, Ordu.
- Şarışen, Ö. & Çalışkan, D. (2005). Fitoterapi: Bitkilerle tedaviye dikkat (!). *Sted*, 14(8), 182-187.
- Şentürk, S. (2011). Porsuk Çayı Kanal 1 kolunda bulunan farklı hidrofıt türlerde makro ve mikro element seviyelerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji anabilim Dalı, Eskişehir.
- Taş, B. & Topaldemir, H. (2021). Assessment of aquatic plants in the Miliç Coastal Wetland (Terme, Samsun, Turkey). *Review of Hydrobiology*, 14(1-2), 1–23.
- Taş, B., Ertürk, Ö., Yılmaz, Ö., Çol Ayvaz, M. & Yurdakul Ertürk, E. (2015), Chemical components and biological activities of two freshwater green algae from Ordu, Turkey, *Turkish Journal of Biochemistry*, 40(6), 508–517.
- Taş, B., Ertürk, Ö., Yılmaz, Ö., Çol Ayvaz, M. & Yurdakul Ertürk, E. (2015). Chemical components and biological activities of two freshwater green algae from Ordu, Turkey. *Turkish Journal of Biochemistry*, 40(6), 508–517.
- Taş, B., Şahin, H. & Ertürk, Ö. (2018). Antimicrobial features of submerged macrophyte *Myriophyllum spicatum* L. collected from two different locations in Turkey. *Journal of Medicinal Plants Research*, in press, 33(1), 12-19.

- Taş, B., Ertürk, Ö., Yonat, H. & Topaldemir, H. (2019). Son yıllarda Yeşilirmak Deltası'ndaki sulak alanlarda istilacı bir su bitkisi: "yeşil altın madeni" kızıl eğrelti (*Azolla filiculoides* Lam.). 3. Uluslararası ÜNİDOKAP Karadeniz Sempozyumu, 21-23 Haziran 2019, Tokat, Sempozyum Kitabı, 424-436.
- Topuz, OK., Gokoglu, N., Yerlikaya, P., Ucak, I. & Gümüş, B. (2016). Optimization of antioxidant activity and phenolic compound extraction conditions from red 67 seaweed (*Laurencia obtuse*). *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 25(3), 414-422.
- Tosun, İ. & Karadeniz, B. (2005). Çay ve çay fenoliklerinin antioksidan aktivitesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 20(1), 78-83.
- Trifan, A., Bucur, L., Sava, D., Cioanca, O., Hancianu, M. & Miron, A. (2015). In vitro antioxidant activity, phenolic content and profile of *Cystoseira barbata* from Romanian Black Sea. *Planta Medica* 81, 180.
- Tursun, N. (2012). Bazı Su Yabancı Otlarının Bazı Kimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi*, 15(4), 37-46.
- Üçüncü, O., Baltacı, C., Karataş, ŞM., Muslu, A., Büyükçekiç, D., Ejderha, H. & Özdemir, EE. (2019). *Galanthus ikariae* baker bitkisinin toprak üstü kısımlarının uçucu yağının kimyasal bileşimi ve biyolojik aktiviteleri. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(4), 674-680.
- Ünüböl, HA. (2008). Gemlik Körfezi makro alglerinin bazı biyokimyasal özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Bursa.
- Vardanyan, LG., & Ingole, BS. (2006). Studies on heavy metal accumulation in aquatic macrophytes from Sevan (Armenia) and Carambolim (India) lake systems. *Environment international*, 32(2), 208-218.
- Venketeswaran, S. (1965). Studies on the isolation of green pigmented callus tissue of tobacco and its continued maintenance in suspension cultures. *Physiol Plant*, 1965(18)776-789.
- Venn-Watson, S., Lumpkin, R. & Dennis, EA. (2020). Efficacy of dietary odd-chain saturated fatty acid pentadecanoic acid parallels broad associated health benefits in humans: could it be essential? *Scientific reports*, 10(1), 1-14.
- Vidgren, J., Svensson, LA. & Liljas, A. (1994). Crystal structure of catechol O-methyltransferase. *Nature*, 368(6469), 354-358.
- Wang, TC., Weissman, JC., Ramesh, G., Varadarajan, R., & Benemann, JR. (1998). Heavy metal binding and removal by Phormidium. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 60(5), 739-744.
- Wellburn, A. R. (1994). The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. *Journal of Plant Physiology*, 144(3), 307-313.

- Wright, SW., Jeffrey, SW., & Mantoura, RFC. (Eds.). (2005). Phytoplankton Pigments in Oceanography: Guidelines to Modern Methods. *Unesco Publication*.
- Wu, Ming-Jiang., Wu Yue., Chang-Qing, TONG., Qiao, JIN., & Wei, LI. (2016). Antibacterial total phenolic compounds from a brown alga *Hizikia fusiformis*. Joint International Conference on Social Science and Environmental Science (SSES 2016) and International Conference on Food Science and Engineering (ICFSE 2016), 418-425.
- Xi, Y., Jiang, T., Yu, Y., Yu, J., Xue, M., Xu, N. & Webster, TJ. (2019). Dual targeting curcumin loaded alendronate-hyaluronan-octadecanoic acid micelles for improving osteosarcoma therapy. *International Journal of Nanomedicine*, 14, 6425-6437.
- Ya, V. B. (2015). Aquatic plants of the Far East of Russia: a review on their use in medicine, pharmacological activity. *Bangladesh Journal of Medical Science*. 14(1), 9-13.
- Yi, Y., Sun, J., Xie, J., Min, T., Wang, LM. & Wang, HX. (2016). Phenolic profiles and antioxidant activity of lotus root varieties. *Molecules*, 21(7), 863.
- Yiğitarıslan, D., Azdural, K., Yavuz, U. & Turan, F. (2011). Alabalıklarda fitoterapi uygulamaları. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 4(1), 63-68.
- Yiğitkurt, S., Kırtık, A., Uğur, S. & Durmaz, Y. (2020). İzmir Körfezi Kıyılarından toplanan makroalglerin pigment potansiyeli. *Menba Kastamonu Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 6(2), 45-52.
- Yıldız, Ş. & Özdemir, C. (2005). *Ranunculus sphaerospermus*, *Phragmites australis*, *Carex otrubae* bitkilerinin ve Gölarmara Suyunun bazı ekolojik özelliklerinin mevsime bağlı olarak karşılaştırılması. *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 1(2), 73-79.
- Yıldıztuğay, E. (2011). Endemik *Centaurea tuzgoluensis* Aytaç & H. Duman ve *Centaurea lycaonica* Boiss. & Heldr.'nın fizyolojik ve biyokimyasal özellikleri üzerine tuz stresinin etkileri. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Konya.
- Yücel, E., Edirnelioğlu E., Soydam, S., Celik, S. & Colak, G. (2010). *Myriophyllum spicatum* (Spiked water-milfoil) as a biomonitor of heavy metal pollution in Porsuk Stream/Turkey. *Biological Diversity and Conservation*, 3(2), 133-144.
- Zeren, I., Cantürk, U. & Yaşar, M. O. (2017). Bazı peyzaj bitkilerinde klorofil miktarının değişimi. *Journal of Bartın Faculty of Forestry*, 19(2), 174-182.
- Zucchi, MR., & Necchi JO., (2001). Effects of temperature, irradiance and photoperiod on growth and pigment content in some freshwater red algae in culture. *Phycological Research*, 49(2), 103–114.

EKLER

EK 1: GC/MS Analizi Yapılan Su Bitkilerinin Biyokimyasal İçerikleri (Alg Türleri)

FONKSİYONEL GRUPLAR	1		2		3	
ALKOL	Ret Time	%Area	Ret Time	%Area	Ret Time	%Area
3,7,11,15-Tetramethyl-2-hexadecen-1-ol	16.279	0.74				
Phytol	18.840	6.43	18.837	2.42		
DI-(9-OCTADECENOYL)-GLYCEROL			22.083	0.57		
DOYMAMIŞ ALKOL(ALKENOL)						
Cholest-5-en-3-ol, 24-propylidene-, (3.beta.)-	28.702	53.75	28.733	54.21		
3,7,11,15-Tetramethyl-2-hexadecen-1-ol			16.275	1.10	16.475	0.91
(25S)-26-Methyl-24-methylene-cholest-5-en-3.beta.-ol			27.922	6.27		
9,19-Cycloergost-24(28)-en-3-ol, 4,14-dimethyl-, acetate, (3.beta.,4.alpha.,5.alpha.)-			28.448	1.04		
2-Hexadecen-1-ol, 3,7,11,15-tetramethyl-, [R-[R*,R*-(E)]]- (CAS)					18.836	2.45
E,E,Z-1,3,12-Nonadecatriene-5,14-diol					28.391	0.81
LAKTOMİK ALKOL						
(-)-Loliolide			15.451	0.56		
AROMATİK ALKOL						
Phenol, 3,5-bis(1,1-dimethylethyl)-					12.196	0.76
ALKEN						
1-Dodecene	7.671	2.21				
1-Tridecene	10.543	3.97			10.542	4.88
Spiro[2.5]oct-4-ene, 1-acetyl-1,4,8,8-tetramethyl-	14.194	0.89				
Neophytadiene	16.012	3.18	16.011	3.95	16.010	2.65
Squalene	24.812	0.74	24.810	1.59		
1-TETRADECENE			10.542	0.80		
2-Hexadecene, 3,7,11,15-tetramethyl-, [R-[R*,R*-(E)]]-			16.084	0.63		
Pseudoosarsapogenin-5,20-dien			21.377	0.83		
Cholest-5-en-3-ol, 24-propylidene-, (3.beta.)-			28.733	54.21		
1-Dodecene (CAS)					7.668	2.64
Tetradecane					10.644	0.61

EK 1: GS/MS sonuçları devamı (Alg Türleri)

Dotriacontane (CAS)					11.945	1.04
9-Eicosene, (E)-					13.145	4.47
Heneicosane					14.424	12.28
ESTER						
Pentadecanoic acid, 14-methyl-, methyl ester (CAS)	16.933	0.90				
Hexadecanoic acid, ethyl ester (CAS)	17.628	3.71	17.626	1.88		
9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester	18.714	1.12				
9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-, methyl ester (CAS)	19.299	0.85				
ETHYL OCTADEC-9-ENOATE	19.341	1.78			19.345	0.54
Hexadecanoic acid, 1-(hydroxymethyl)-1,2-ethanediyl ester	20.532	0.48				
5,8,11,14-Eicosatetraenoic acid, ethyl ester, (all-Z)-	20.790	0.81	20.788	0.50		
Benzenepropanoic acid, 3,5-bis(1,1-dimethylethyl)-4-hydroxy-, octadecyl ester	30.948	2.25	30.944	0.79	30.948	3.27
Tetradecanoic acid, ethyl ester (CAS)			15.509	1.10		
Methyl 6,9,12,15,18-heneicosapentaenoate			18.189	3.22		
9-Octadecenoic acid, ethyl ester			19.340	2.02		
9,12,15-Octadecatrienoic acid, methyl ester, (Z,Z,Z)- (CAS)			19.370	0.86		
Ethyl 5,8,11,14,17-icosapentaenoate			20.861	1.25		
Methyl 8,11,14,17-eicosatetraenoate			21.995	0.63		
Oleyl alcohol, trifluoroacetate					15.344	0.57
Methyl 8,10-dimethyl-hexadecanoate or 8,10-dimethyl-16:0					16.926	0.42
Ethyl 14-methyl-hexadecanoate					17.617	1.98
Octadecanoic acid, ethyl ester					19.559	4.01
Cholestane-3,5-diol, 5-acetate, (3.beta.,5.alpha.)-					27.160	39.25
AROMATİK ESTER						
Toluene-4-sulfonic acid, 2,7-dioxatricyclo[4.3.1.0(3,8)]dec-10-yl ester					12.635	0.61
KETON						
2-Pentadecanone, 6,10,14-trimethyl-	16.090	0.67			16.090	2.44

EK 1: GS/MS sonuçları devamı (Alg Türleri)**DOYMAMIŞ KETON(ALKENDİON)**

Stigmasta-4,24(28)-dien-3-one, (24E)-	29.992	2.38	29.990	1.46		
Cholest-4-en-3-one					28.174	1.53

KARBOKSİLİK ASİT

Arachidonic acid	18.122	3.03				
n-Hexadecanoic acid			17.287	1.55	17.280	0.79
Octadecanoic acid			19.271	6.17	19.257	3.02

DOYMAMIŞ KARBOKSİLİK ASİT

Doconexent	18.190	1.02	23.466	0.56		
------------	--------	------	--------	------	--	--

ALDEHİT

Tridecanal (CAS)					14.640	0.91
Pentadecanal-					17.923	0.55
Palmitaldehyde, diallyl acetal (CAS)					19.137	0.94

DOYMAMIŞ ALDEHİT

E-14-Hexadecenal	13.145	3.46				
E-15-Heptadecenal	15.489	2.41			15.487	2.71
Z-7-Hexadecenal					27.082	2.42

1. *Cystoseira barbata*, 2. *Scytosiphon lomentaria*, 3. *Corallina officinalis*

EK 1: GC/MS analizi yapılan su bitkilerinin biyokimyasal içerikleri (Hidrofit Türleri)

FONKSİYONEL GRUPLAR	4		5		6		7		8		9		10	
ALKOL	Ret Time	%Area	Ret Time	%Area	Ret Time	%Area	Ret Time	%Area	Ret Time	%Area	Ret Time	%Area	Ret Time	%Area
3,7,11,15-Tetramethyl-2-hexadecen-1-ol					16.276	1.19								
Phytol					18.835	4.27	18.835	5.10	18.835	3.28			18.833	3.79
dl-.alpha.-Tocopherol	27.062	0.54	27.060	0.63	27.060	0.43			27.058	1.35				
.gamma.-Sitosterol	28.697	25.02					28.673	6.42	28.697	28.09				
.beta.-Sitosterol			28.702	19.12										
1-Heneicosanol					22.155	2.32								
6-Tridecanol, 3,9-diethyl- (CAS)									25.278	0.73				
1-Hexadecanol, 3,7,11,15-tetramethyl-									29.794	5.13				
Catechol											7.787	0.57		
Cholesterol											27.155	0.74		
DOYMAMIŞ ALKOL(ALKENOL)														
Cholest-5-en-3-ol, 24-propylidene-, (3.beta.)-									28.825	2.48				
3,7,11,15-Tetramethyl-2-hexadecen-1-ol	16.278	2.50	16.278	1.46			16.276	2.22	16.275	0.99	16.275	0.52	16.274	1.36
2-Hexadecen-1-ol, 3,7,11,15-tetramethyl-, [R-[R*,R*-(E)]]- (CAS)			18.839	3.93							18.835	1.55		
Cholesta-4,6-dien-3-ol, (3.beta.)- (CAS)	26.858	0.47												
Ergost-5-en-3-ol, (3.beta.,24R)- (CAS)	27.964	3.52	27.961	2.29										
Stigmasta-5,22-dien-3-ol, (3.beta.,22E)- (CAS)	28.202	8.36	28.208	9.33	28.204	23.68					28.203	9.45	28.200	15.25
Ergost-5-en-3-ol, (3.beta.)-					27.959	1.82	27.958	2.34	27.961	6.31	27.961	1.04		
(Z)6,(Z)9-Pentadecadien-1-ol													22.056	0.42
LAKTOMİK ALKOL														
(-)-Loliolide							15.447	0.41						
AROMATİK ALKOL														
Phenol, 3,5-bis(1,1-dimethylethyl)-													12.195	0.51
Phenol, 2,4-bis(1,1-dimethylethyl)- (CAS)	12.198	0.53	12.198	0.38	12.196	0.61			12.196	0.36				
STEROİDAL ALKOL														
.beta.-Sitosterol			28.702	19.12	28.679	6.94								

EK 1: GC/MS sonuçları devamı (Hidrofit T.)

.gamma.-Sitosterol										28.697	28.09		
POLİALKOL													
1,2,3-Propanetriol (CAS)	4.422	0.75					4.417	1.27					
ALKEN													
1-Tridecene	10.541	0.39	10.540	0.25	10.540	0.39	10.538	0.68					
Neophytadiene	16.012	12.45	16.012	7.51	16.009	6.61	16.008	12.1	16.008	5.56	16.007	2.40	16.006 6.67
Squalene			24.808	0.28	24.807	0.47							
2-Hexadecene, 3,7,11,15-tetramethyl-, [R-[R*,R*-(E)]]-									16.080	0.39			
Cholest-5-en-3-ol, 24-propylidene-, (3.beta.)- Heneicosane													28.822 4.99 18.644 0.40
1-Pentadecene	13.144	0.34	13.143	0.21									
Heptadecane, 2,6,10,15-tetramethyl- Cetene							14.425	0.56					
							15.483	0.40					
3-Hexadecene, (Z)- (CAS)													10.538 0.38
Heptadecane (CAS)													14.419 1.15
ALKAN													
Heptadecane, 2,6,10,15-tetramethyl- Heneicosane							14.425	0.56					
							20.489	1.66	14.421	0.92			20.488 1.19
Dodecane, 1-cyclopentyl-4-(3-cyclopentylpropyl)- 1,1,6-trimethyl-3-methylene-2-(3,6,9,13-tetramethyl-6-ethenyl-10,14-dimethylene-pentadec-enyl)cyclohexane										23.808	0.37		
										30.724	1.30		
ESTER													
Hexadecanoic acid, ethyl ester (CAS)							17.623	1.31	17.624	1.03			
9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester												18.709	1.02
9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-, methyl ester (CAS)												18.660	2.00
9,12,15-Octadecatrienoic acid, methyl ester, (Z,Z,Z)- (CAS)	19.370	2.17							19.370	1.09			
Methyl 8,11,14,17-eicosatetraenoate							22.130	0.52					
Octadecanoic acid, ethyl ester							19.557	0.78					

EK 1: GC/MS sonuçları devamı (Hidrofit T.)

Cholestane-3,5-diol, 5-acetate, (3.beta.,5.alpha.)-	27.158	1.95	27.154	1.02	27.152	0.79						27.155	8.23		
HEXADECANOIC ACID, ETHYL ESTER	17.627	1.74	17.626	0.60	17.624	1.16					17.624	1.04			
Hexadecanoic acid, 2-hydroxy-1,3-propanediyl ester (CAS)	20.530	0.82	20.530	0.38	20.527	1.35	20.526	0.87	20.527	1.65	20.528	1.14	20.525	0.74	
Methyl (Z)-5,11,14,17-eicosatetraenoate	22.137	0.41													
Hexadecanoic acid, 2-hydroxy-1-(hydroxymethyl)ethyl ester	22.357	0.57					22.355	0.75			22.354	0.86	22.348	0.78	
9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-, 2-hydroxy-1-(hydroxymethyl)ethyl ester	23.813	0.54									23.809	1.39			
Octadecanoic acid, 2,3-dihydroxypropyl ester	23.989	0.72									23.986	0.73			
Cholesta-4,6-dien-3-ol, benzoate, (3.beta.)- (CAS)	26.855	0.87													
Ethyl 9,12,15-octadecatrienoate					19.368	1.83					19.370	1.86	19.370	1.08	
Octadecanoic acid, 2-hydroxy-1,3-propanediyl ester					22.263	0.53									
Triacetyl acetate						23.700	0.43								
9,19-Cycloergost-24(28)-en-3-ol, 4,14-dimethyl-, acetate, (3.beta.,4.alpha.,5.alpha.)-					29.038	3.95									
9,19-Cyclolanostan-3-ol, acetate, (3.beta.)- (CAS)					29.969	2.74									
Phytol, acetate							19.801	6.85							
Octacosyl heptafluorobutyrate									26.654	0.64					
9,19-Cyclolanost-24-en-3-ol, acetate, (3.beta.)-									29.398	3.70					
Formic acid, 2-propenyl ester (CAS)											4.775	0.74			
Methyl 2-hydroxy-octadeca-9,12,15-trienoate											22.134	0.49			
Ethyl 9-hexadecenoate														17.429	0.45
Octadecanoic acid, ethyl ester (CAS)													19.556	0.47	
KETON															
2-Pentadecanone, 6,10,14-trimethyl-	16.089	1.27	16.086	0.55	16.086	1.28							16.082	0.65	
Stigmasta-3,5-dien-7-one			29.583	0.34											
Stigmast-4-en-3-one			29.966	0.68	29.964	0.62									
Cyclohexanone, 2-(4,4,4-trichlorobutyl)-			20.716	0.22											

EK 1: GC/MS sonuçları devamı (Hidrofit T.)

4,22-Stigmastadiene-3-one	29.389	4.57													
Cholest-4-en-3-one (CAS)								29.963	2.55						
Stigmastane-3,6-dione, (5.alpha.)-								31.767	2.52						
(+)-(S)-5-Hydroxymethylxolan-2-one										7.680	0.92				
Phytol, acetate										22.873	1.34				
DOYMAMIŞ KETON(ALKENDİON)															
4,22-Stigmastadiene-3-one							29.387	1.38							
Stigmast-4-en-3-one								29.962	0.97						
6-Nitro-cylohexadecane-1,3-dione							31.036	1.04							
KARBOKSİLİK ASİT															
n-Hexadecanoic acid	17.300	6.95	17.324	12.12	17.287	4.23		17.293	8.19	17.299	6.48	17.315	14.85	17.292	9.54
Octadecanoic acid	19.289	19.49	19.320	29.07	19.273	14.69	19.281	21.5	19.288	16.87	19.305	34.65	19.278	21.01	
Tetradecanoic acid	15.119	0.34	15.122	0.73											
9-Octadecenoic acid (Z)- (CAS)			19.072	1.33									19.060	3.33	
Quinic acid									13.331	0.67					
9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-													19.018	1.83	
DOYMAMIŞ KARBOKSİLİK ASİT															
9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-											19.026	1.54			
ALDEHİT															
Tetradecanal	14.638	0.70													
DOYMAMIŞ ALDEHİT															
E-14-Hexadecenal							14.194	0.48							
Tetradecanal (CAS)			14.636	0.24											
7,11-Hexadecadienal						31.038	4.24								
cis,cis,cis-7,10,13-Hexadecatrienal									22.134	1.01			22.136	1.50	
cis-9-Hexadecenal												17.102	0.58		
ASİT KLORÜR															
9,12-Octadecadienoyl chloride, (Z,Z)-	22.061	0.72			22.056	0.53	22.056	1.21	22.057	0.56	22.059	4.94			

EK 1: GC/MS sonuçları devamı (Hidrofit T.)

STEROL

Fucosterol	29.074	0.75		
.beta.-Sitosterol			28.676	3.25
Desmosterol				27.456 2.47
Campesterol				27.956 3.33
.gamma.-Sitosterol				28.675 4.35

STEROİDAL LİPİT

Cholesterol	27.156	0.68
-------------	--------	------

4. *Ceratophyllum demersum*, **5.** *Ceratophyllum submersum*, **6.** *Hydrocharis morsus-ranae*, **7.** *Myriophyllum spicatum*, **8.** *Azolla filiculoides*, **9.** *Ranunculus sphaerospermus*, **10.** *Stuckenia pectinata*

EK 2: GC/MS Sonuçlarına Göre Tüm Numunelerde Ortak Bulunan Maddeler (Alg Türleri)

FONKSİYONEL GRUPLAR	1		2		3	
	Ret Time	%Area	Ret Time	%Area	Ret Time	%Area
DOYMAMIŞ ALKOL(ALKENOL)						
3,7,11,15-Tetramethyl-2-hexadecen-1-ol			16.275	1.10	16.475	0.91
ALKEN						
Neophytadiene	16.012	3.18	16.011	3.95	16.010	2.65
KARBOKSİLİK ASİT						
n-Hexadecanoic acid			17.287	1.55	17.280	0.79
Octadecanoic acid			19.271	6.17	19.257	3.02

1. *Cystoseira barbata*, 2. *Scytosiphon lomentaria*, 3. *Corallina officinalis*

EK 2: GC/MS Sonuçlarına Göre Tüm Numunelerde Ortak Bulunan Maddeler (Hidrofit Türleri)

FONKSİYONEL GRUPLAR	4		5		6		7		8		9		10	
	Ret Time	%Area	Ret Time	%Area	Ret Time	%Area	Ret Time	%Area	Ret Time	%Area	Ret Time	%Area	Ret Time	%Area
DOYMAMIŞ ALKOL(ALKENOL)														
3,7,11,15-Tetramethyl-2-hexadecen-1-ol	16.278	2.50	16.278	1.46			16.276	2.22	16.275	0.99	16.275	0.52	16.274	1.36
ALKEN														
Neophytadiene	16.012	12.45	16.012	7.51	16.009	6.61	16.008	12.17	16.008	5.56	16.007	2.40	16.006	6.67
KARBOKSİLİK ASİT														
n-Hexadecanoic acid	17.300	6.95	17.324	12.12	17.287	4.23	17.293	8.19	17.299	6.48	17.315	14.85	17.292	9.54
Octadecanoic acid	19.289	19.49	19.320	29.07	19.273	14.69	19.281	21.55	19.288	16.87	19.305	34.65	19.278	21.01

4. *Ceratophyllum demersum*, 5. *Ceratophyllum submersum*, 6. *Hydrocharis morsus-ranae*, 7. *Myriophyllum spicatum*, 8. *Azolla filiculoides*, 9. *Ranunculus sphaerospermus*, 10. *Stuckenia pectinata*

EK 3: GC/MS Sonuçlarına Göre Tüm Numunelerde Farklı Bulunan Maddeler (Alg Türleri)

FONKSİYONEL GRUPLAR	1	2	3			
DOYMAMIŞ ALKOL(ALKENOL)	Ret Time	%Area	Ret Time	%Area	Ret Time	%Area
(25S)-26-Methyl-24-methylene-cholest-5-en-3.beta.-ol			27.922	6.27		
9,19-Cycloergost-24(28)-en-3-ol, 4,14-dimethyl-, acetate, (3.beta.,4.alpha.,5.alpha.)-			28.448	1.04		
E,E,Z-1,3,12-Nonadecatriene-5,14-diol					28.391	0.81
ALKEN						
1-Dodecene	7.671	2.21				
Spiro[2.5]oct-4-ene, 1-acetyl-1,4,8,8-tetramethyl-	14.194	0.89				
1-TETRADECENE			10.542	0.80		
Pseudosarsasapogenin-5,20-dien			21.377	0.83		
1-Dodecene (CAS)					7.668	2.64
Tetradecane					10.644	0.61
Dotriacontane (CAS)					11.945	1.04
9-Eicosene, (E)-					13.145	4.47
ESTER						
Pentadecanoic acid, 14-methyl-, methyl ester (CAS)	16.933	0.90				
Hexadecanoic acid, 1-(hydroxymethyl)-1,2-ethanediyl ester	20.532	0.48				
Tetradecanoic acid, ethyl ester (CAS)			15.509	1.10		
Methyl 6,9,12,15,18-heneicosapentaenoate			18.189	3.22		
9-Octadecenoic acid, ethyl ester			19.340	2.02		
Ethyl 5,8,11,14,17-icosapentaenoate			20.861	1.25		
Oleyl alcohol, trifluoroacetate					15.344	0.57
Methyl 8,10-dimethyl-hexadecanoate or 8,10-dimethyl-16:0					16.926	0.42
Ethyl 14-methyl-hexadecanoate					17.617	1.98

EK 3: GC/MS Farklı Bulunan Mad. Devamı (Alg Türleri)

AROMATİK ESTER

Toluene-4-sulfonic acid, 2,7-dioxatricyclo[4.3.1.0(3,8)]dec-10-yl ester 12.635 0.61

DOYMAMIŞ KETON(ALKENDİON)

Cholest-4-en-3-one 28.174 1.53

KARBOKSİLİK ASİT

Arachidonic acid 18.122 3.03

ALDEHİT

Tridecanal (CAS) 14.640 0.91

Pentadecanal- 17.923 0.55

Palmitaldehyde, diallyl acetal (CAS) 19.137 0.94

DOYMAMIŞ ALDEHİT

Z-7-Hexadecenal 27.082 2.42

1. *Cystoseira barbata*, 2. *Scytosiphon lomentaria*, 3. *Corallina officinalis*

EK 3: GC/MS Sonuçlarına Göre Tüm Numunelerde Farklı Bulunan Maddeler (Hidrofit Türleri)

FONKSİYONEL GRUPLAR	4		5		6		7		8		9		10	
	Ret Time	%Area	Ret Time	%Area	Ret Time	%Area	Ret Time	%Area	Ret Time	%Area	Ret Time	%Area	Ret Time	%Area
ALKOL														
.beta.-Sitosterol			28.702	19.12										
1-Heneicosanol					22.155	2.32								
6-Tridecanol, 3,9-diethyl- (CAS)									25.278	0.73				
1-Hexadecanol, 3,7,11,15-tetramethyl-									29.794	5.13				
Catechol											7.787	0.57		
Cholesterol											27.155	0.74		
DOYMAMIŞ ALKOL(ALKENOL)														
Cholesta-4,6-dien-3-ol, (3.beta.)- (CAS)	26.858	0.47												
(Z)6,(Z)9-Pentadecadien-1-ol													22.056	0.42
STEROİDAL ALKOL														
.gamma.-Sitosterol									28.697	28.09				
ALKEN														
Heptadecane, 2,6,10,15-tetramethyl-								14.425	0.56					
Cetene								15.483	0.40					
3-Hexadecene, (Z)- (CAS)													10.538	0.38
Heptadecane (CAS)													14.419	1.15
ALKAN														
Heptadecane, 2,6,10,15-tetramethyl-								14.425	0.56					
Dodecane, 1-cyclopentyl-4-(3-cyclopentylpropyl)-										23.808	0.37			
1,1,6-trimethyl-3-methylene-2-(3,6,9,13-tetramethyl-6-ethenyl-10,14-dimethylene-pentadec-4-enyl)cyclohexane										30.724	1.30			
ESTER														
Methyl (Z)-5,11,14,17-eicosatetraenoate	22.137	0.41												
Cholesta-4,6-dien-3-ol, benzoate, (3.beta.)- (CAS)			26.855	0.87										
Octadecanoic acid, 2-hydroxy-1,3-propanediyl ester					22.263	0.53								
Triacetyl acetate					23.700	0.43								
9,19-Cycloergost-24(28)-en-3-ol, 4,14-dimethyl-, acetate, (3.beta.,4.alpha.,5.alpha.)-					29.038	3.95								

EK 3: GC/MS Farklı. Devamı (Hidrofit T.)

9,19-Cyclolanostan-3-ol, acetate, (3.beta.)- (CAS)	29.969	2.74								
Phytol, acetate					19.801	6.85				
Octacosyl heptafluorobutyrate							26.654	0.64		
9,19-Cyclolanost-24-en-3-ol, acetate, (3.beta.)-							29.398	3.70		
Formic acid, 2-propenyl ester (CAS)								4.775	0.74	
Methyl 2-hydroxy-octadeca-9,12,15-trienoate								22.134	0.49	
Ethyl 9-hexadecenoate									17.429	0.45
Octadecanoic acid, ethyl ester (CAS)									19.556	0.47
KETON										
Stigmasta-3,5-dien-7-one	29.583	0.34								
Stigmast-4-en-3-one	29.966	0.68	29.964	0.62						
Cyclohexanone, 2-(4,4,4-trichlorobutyl)-			20.716	0.22						
4,22-Stigmastadiene-3-one			29.389	4.57						
Cholest-4-en-3-one (CAS)							29.963	2.55		
Stigmastane-3,6-dione, (5.alpha.)-							31.767	2.52		
(+)-(S)-5-Hydroxymethyloxolan-2-one									7.680	0.92
Phytol, acetate									22.873	1.34
DOYMAMIŞ KETON(ALKENDİON)										
4,22-Stigmastadiene-3-one					29.387	1.38				
Stigmast-4-en-3-one					29.962	0.97				
6-Nitro-cylohexadecane-1,3-dione					31.036	1.04				
KARBOKSİLİK ASİT										
Quinic acid							13.331	0.67		
9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-									19.018	1.83
DOYMAMIŞ KARBOKSİLİK ASİT										
9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-									19.026	1.54
ALDEHİT										
Tetradecanal	14.638	0.70								

EK 3: GC/MS Farklı. Devamı (Hidrofit T.)

DOYMAMIŞ ALDEHİT

Tetradecanal (CAS)	14.636	0.24				
7,11-Hexadecadienal			31.038	4.24		
cis-9-Hexadecenal					17.102	0.58

STEROL

Fucosterol			29.074	0.75			
.beta.-Sitosterol					28.676	3.25	
Desmosterol						27.456	2.47
Campesterol						27.956	3.33
.gamma.-Sitosterol						28.675	4.35

STEROİDAL LİPİT

Cholesterol	27.156	0.68		
-------------	--------	------	--	--

4. *Ceratophyllum demersum*, **5.** *Ceratophyllum submersum*, **6.** *Hydrocharis morsus-ranae*, **7.** *Myriophyllum spicatum*, **8.** *Azolla filiculoides*, **9.** *Ranunculus sphaerospermus*, **10.** *Stuckenia pectinata*

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı Şeydanur ŞEN
Doğum Yeri Ordu/ Perşembe
Doğum Tarihi 03.11.1994
Uyruğu ✓ T.C. □ Diğer:
E-Posta Adresi seydaasenn3@gmail.com

Eğitim Bilgileri

Lisans

Üniversite Samsun Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Fakülte Eğitim Fakültesi
Bölümü Biyoloji Öğretmenliği
Mezuniyet Yılı 01.06.2017

Yüksek Lisans

Üniversite Ordu Üniversitesi
Enstitü Adı Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı Moleküler Biyoloji ve Genetik Anabilim Dalı
Mezuniyet Yılı 24.08.2021

Yayımlar

Taş, B., Ertürk, Ö., Şen, Ş. (2019). Su Çiçeğinin (*Ranunculu sphaerospermus* Boiss. & Blanche) Antimikrobiyal ve Antioksidan Aktivitesinin İncelenmesi. 3. Uluslararası ÜNİDOKAP Karadeniz Sempozyumu, "Sürdürülebilir Tarım ve Çevre", 21-23 Haziran 2019, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Sempozyum Kitabı, ISBN: 978-605-80568-1-7, 437-443.