

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BALIKÇILIK TEKNOLOJİSİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DOĞU KARADENİZ *Treptacantha barbata* POPÜLASYONLARININ
ANTİOKSİDAN VE GELİŞME ÖZELLİKLERİNİN EKOLOJİK DURUM SINIFI
GÖZETEREK ARAŞTIRILMASI

DOKTORA TEZİ

Bal. Tek. Yük. Müh. Ümit DOKUZPARMAK

EKİM 2022
TRABZON



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BALIKÇILIK TEKNOLOJİSİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**DOĞU KARADENİZ *Treptacantha barbata* POPÜLASYONLARININ ANTİOKSİDAN VE
GELİŞME ÖZELLİKLERİNİN EKOLOJİK DURUM SINIFI GÖZETEREK
ARAŞTIRILMASI**

Ümit DOKUZPARMAK

ORCID : - - -

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
DOKTOR (BALIKÇILIK TEKNOLOJİSİ MÜHENDİSLİĞİ)
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 14 / 09 / 2022

Tezin Savunma Tarihi : 26 / 10 / 2022

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Nigar ALKAN
ORCID : - - -

Trabzon 2022

ÖNSÖZ

“Doğu Karadeniz *Treptacantha barbata* Popülasyonlarının Antioksidan ve Gelişme Özelliklerinin Ekolojik Durum Sınıfı Gözeterek Araştırılması” adlı bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Deniz Ekolojisi Anabilim Dalında Doktora tezi olarak hazırlanmıştır.

Tez çalışmam boyunca yardım ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyip, bilgi birikimini benimle çekinmeden paylaşan saygıdeğer danışmanım Prof. Dr. Nigar ALKAN’a teşekkürlerimi sunarım. Laboratuvarının kapılarını sonuna kadar açarak, çalışmalarında bana her türlü desteği sağlayan sayın hocam Prof. Dr. Sevgi KOLAYLI’ya ve deneysel çalışmalarda bana özveriyle yardımcı olan Arş. Gör. Yakup KARA’ya, Numunelerin toplanmasında bana yardımcı olan iş arkadaşım Arş. Gör. Dr. Yahya TERZİ’ye istatistiksel analizlerin yapımında bulunduğu katkılardan dolayı iş arkadaşım ve aile dostum Dr. Öğr. Üyesi Umar Khan DURRANI’ye ve tezimin şekillenmesinde verdiği önemli destekten dolayı Doç. Dr. Ali ALKAN’a teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Doktora çalışmalarım boyunca her türlü maddi ve manevi desteğini esirgemeyen, akademik bilgi ve tecrübelerini benimle sonuna kadar paylaşan sevgili eşim Öğr. Gör. Dr. Çiğdem DOKUZPARMAK’a, çalışmamı bitirmemde en önemli motivasyon kaynağım olan sevgili kızım DEFNE ve sevgili oğlum DORUK’a ve son olarak, bugünlere gelmemde emeği geçen başta annem Hülya PEKER olmak üzere ailemin diğer fertlerine sonsuz şükranlarımı sunarım.

Ümit DOKUZPARMAK
Trabzon, 2022

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Doktora Tezi olarak sunduğum “Doğu Karadeniz *Treptacantha barbata* Popölasyonlarının Antioksidan ve Gelişme Özelliklerinin Ekolojik Durum Sınıfı Gözeterek Araştırılması” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Nigar ALKAN’ın sorumluluğuunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 26/10/2022

Ümit DOKUZPARMAK

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
TABLolar DİZİNİ.....	X
SEMBOLLER DİZİNİ	XI
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş	1
1.2. Algler.....	2
1.3. Makroalgler	4
1.3.1 Makroalg-Çevre İlişkisi.....	6
1.3.2. Alglerde Oksidatif Stress.....	8
1.3.3. Alglerde Antioksidan Özellikler.....	9
1.4. Fenolik Bileşikler	9
1.5. Antioksidan Ölçüm Yöntemleri	11
1.6. Önceki Çalışmalar	12
1.7. Çalışmanın Amacı	18
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	20
2.1. Örnekleme İstasyonlarının Tespiti	20
2.2. Numunelerin Toplanması	22
2.3. Su Kalitesi Fiziksel Parametrelerinin Ölçümü	23
2.4. Antioksidan Madde Analizleri	23
2.4.1. Ekstraksiyon	23
2.4.2. Toplam Fenolik Madde Miktarı Tayini (TP).....	24
2.4.3. Toplam Flavonoid Madde Miktarı Tayini	24
2.4.4. Demir (III) İndirgeme Antioksidan Kapasite (FRAP) Tayini	25

2.4.5.	DPPH Radikal Temizleme Aktivitesi Tayini	25
2.4.6.	HPLC ile Fenolik Madde İçeriği ve Miktarı Tayini	26
2.4.6.1.	Makroalg Ekstraktlarının Analizler İçin Hazırlanması	26
2.4.6.2.	RP-HPLC-PDA Analiz Koşulları.....	26
2.4.6.3.	Kullanılan Standart Fenolik Maddeler	27
2.5.	Verilerin Değerlendirilmesi ve İstatistiksel Analizler	27
3.	BULGULAR	29
3.1.	İstasyonların Ekolojik Sınıf Değerlendirme Sonuçları.....	29
3.2.	Deniz Suyu Fizikokimyasal Parametreleri	30
3.3.	Antioksidan Madde Düzeyleri.....	34
3.3.1.	Toplam Fenolik (TP) Madde Düzeyleri	34
3.3.2.	Flavonoid Madde Düzeyleri	37
3.3.3.	Demir (III) İndirgeme Antioksidan Kapasite (FRAP) Düzeyleri.....	38
3.3.4.	DPPH Düzeyleri	41
3.4.	Fenolik Madde Düzeyleri	44
3.5.	Korelasyon Analizleri.....	44
3.6.	Çok Değişkenli Veri Analizleri	45
3.6.1.	Hiyerarşik Kümeleme Analizi	45
3.6.2.	Temel Bileşen Analizi (TBA)	46
4.	TARTIŞMA.....	49
5.	SONUÇLAR.....	57
6.	ÖNERİLER	58
7.	KAYNAKLAR	59
8.	EKLER	69
ÖZGEÇMİŞ		

Doktora Tezi

ÖZET

DOĞU KARADENİZ *Treptacantha barbata* POPÜLASYONLARININ ANTIOKSİDAN VE GELİŞME ÖZELLİKLERİNİN EKOLOJİK DURUM SINIFI GÖZETEREK ARAŞTIRILMASI

Ümit DOKUZPARMAK

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Nigar ALKAN
2022, 68 Sayfa

Bu tez, Ekolojik Değerlendirme İndeksi (EEI) gözetilerek, *Treptacantha barbata* (TB)'nin antioksidan özelliklerinin çevresel faktörler ile ilişkisini mevsimsel olarak ortaya koymaktadır. Bu amaçla, 1 ila 2 yaş aralığındaki TB numunelerinin bazı in vitro antioksidan özellikleri (FRAP ve DPPH süpürme aktiviteleri) TP (toplam fenolik içerik), TF (toplam flavonoid, içerik) ve bazı fenolik içerikler (HPLC) araştırılmıştır. İstasyonlara ait deniz suyu fizikokimyasal parametreleri (sıcaklık, pH, çözünmüş oksijen, elektriksel iletkenlik ve tuzluluk) in situ olarak ölçülmüştür. Çalışılan antioksidan özellikler, mevsimler ve istasyon faktörü gözetilerek karşılaştırıldıklarında TP içeriği, FRAP ve DPPH aktivite değerlerinin bazı istatistiksel farklılıklar gösterdiği (ANOVA, $p<0,05$) tespit edilmiştir. Sıcaklığın TP ve FRAP aktivitesi ile negatif, DPPH aktivitesi ile pozitif ilişki gösterdiği tespit edilmiştir. TB'nin üreme sezonunun başlangıcı olan ilkbahar sonu-yaz başı döneminde antioksidan özellik varyasyonlarının yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu durum St2 istasyonunun coğrafik konumuyla ilişkilendirilmiştir. Çalışılan standart fenolik bileşiklerden en yüksek konsantrasyona sahip bileşiğin sonbahar döneminde Krisin flavonoid'inin olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca veri setlerinin TBA (Temel Bileşen Analizi) skor grafiklerinde yer alan ikinci bileşendeki yüksek miktardaki FRAP katkısının temel nedeninin TB'nin döllenen üreme organlarıyla ilişkisi olabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Makroalg, *Treptacantha barbata*, Doğu Karadeniz, Ekolojik Değerlendirme İndeksi, Antioksidan, Fenolik bileşik.

PhD. Thesis

SUMMARY

INVESTIGATION OF SOME ANTIOXIDANT AND DEVELOPMENT
CHARACTERISTICS OF EASTERN BLACK SEA *Treptacantha barbata*
POPULATIONS REGARDING ECOLOGICAL STATUS CLASS

Ümit DOKUZPARMAK

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Fisheries Technology Engineering Graduate Program
Advisor: Prof. Dr. Nigar ALKAN
2022, 68 Pages

This project, regarding to Ecology Evaluation Index (EEI), presents antioxidant properties of *Treptacantha Barbara* (TB) and the relation between environmental and seasonal factors on the properties of TB. For this purpose, some in vitro antioxidant properties (FRAP and DPPH scavenging activities), TP (total phenolic content), TF (total flavonoid content) and some phenolic contents (HPLC) of TB samples aged 1 to 2 years were investigated. Also, physicochemical parameters of sea water from the identified stations (temperature, pH, dissolved oxygen, conductivity and salinity) were analysed *in situ*. The antioxidant properties of TB, according to seasonal and stations factors, show a statistical difference in TP, FRAP and DPPH activity (ANOVA, $p<0.05$). It has been observed there is a negative relation between temperature and TP and FRAP, but a positive relation with temperature and DPPH activity. In the beginning of reproduction period of TB (late spring-early summer), it has been determined the variation of antioxidant properties were quite high. This situation is associated with the geographical location of St2 station. Chrysin flavonoid showed the highest concentration in autumn season among all the phenolic components in the project. Moreover, it is thought that the main reason of high level of FRAP contribution in the second component of the TBA (Principal Component Analysis) score graphics is due to fertilised reproductive organs of TB.

Key Words: Macroalgae, *Treptacantha barbata*, Eastern Black Sea, Ecology Evaluation Index, Antioxidant, Phenolic compound.

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Numunelerin toplanması	21
Şekil 2. <i>Treptacantha barbata</i> morfolojisi.....	23
Şekil 3. Örnekleme istasyonları	29
Şekil 4. Mevsim ve istasyon arasındaki TP gücü konsantrasyonunun değerlerinin varyans analizi.....	35
Şekil 5. İstasyonlar arasındaki TP gücü konsantrasyonunun varyans analizi	36
Şekil 6. Mevsimler arasındaki TP gücü konsantrasyonunun varyans analizi	37
Şekil 7. Mevsim ve istasyon arasındaki FRAP gücü konsantrasyonunun değerlerinin varyans analizi.....	39
Şekil 8. İstasyonlar arasındaki FRAP gücü konsantrasyonunun varyans analizi.....	40
Şekil 9. Mevsimler arasındaki FRAP gücü konsantrasyonunun varyans analizi sonuçları kutu grafiği.....	41
Şekil 10. Mevsimsel ve istasyonlara bağlı olarak DPPH SC ₅₀ değerlerinin varyans analizi	42
Şekil 11. İstasyonlar arasındaki DPPH SC ₅₀ değerlerinin varyans analizi.	43
Şekil 12. Mevsimler arasındaki DPPH SC ₅₀ değerlerinin varyans analizi sonuçları kutu grafiği.....	43
Şekil 13. Deniz suyu fizikokimyasal ve numune antioksidan özellikleri arasındaki korelasyon ilişkileri.....	45
Şekil 14. Ekolojik durumlara ait HCA dendogramı	46
Şekil 15. İstasyon ve mevsim özelliklerinin birlikte değerlendirildiği ekolojik durumlara ait temel bileşen skor grafikleri.....	48
Şekil 16. Ekolojik durumlara ait mevsim (A) ve istasyonlar (B) için temel bileşen skor grafikleri.....	48

TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1. Alglerin kabul edilebilir ve kapsamlı düzeyde ilk olarak F. Fritsch, (1935) tarafından tanımlanması ve sınıflandırılması.....	3
Tablo 2. Fenolik bileşiklerin karbon zincirlerine göre sınıflandırılması	10
Tablo 3. Ekolojik durum sınıfları	20
Tablo 4. HPLC-PDA gradient programı	26
Tablo 5. İstasyon tür kompozisyonları ve ekolojik sınıf değerlendirilmesi	30
Tablo 6. Mevsim ve istasyonlar için fizikokimyasal parametre sonuçları	32
Tablo 7. Numune fenolik madde içerikleri	44
Tablo 8. Ekolojik Sınıfların Temel Bileşen Yükleri	47
Tablo 9. Farklı ekolojik durumlar için TBA özdeğer, varyans ve kümülatif varyans değerleri	47

SEMBOLLER DİZİNİ

%	Yüzde
‰	Binde
µS/cm	Mikrosiemens bölü saniye
µg	Mikrogram
µL	Mikrolitre
µM	Mikromolar
ANOVA	Tek yönlü varyans analizi
CAPE	Kafeik asit fenetil ester
cm	Santimetre
DAD	Diode array dedektör
DPPH	2,2-difenil-1-pikrilhidrazil
EC ₅₀	Radikal nokta absorbansında %50 azalmaya neden olan antioksidan konsantrasyonu.
EEI	Ekolojik Değerlendirme İndeksi
ESG	Ekolojik durum grubu
Fe	Demir
FRAP	Ferrik indirgeyici antioksidan gücü
g	Gram
GAE	Gallik asit eşdeğeri
HAT	Hidrojen-atom transferi
HKA	Hiyerarşik Kümeleme Analizi)
HPLC	Yüksek performanslı sıvı kromatografisi
IC ₅₀	Aktivitede %50 azalmaya neden olan inhibitör konsantrasyonu
İn vitro	Canlı hücre dışında
İn vivo	Canlı hücre içinde
İn situ	Yerinde
LC	Sıvı kromatografisi
M	Molarite
mg	Miligram
mL	Mililitre
mm	Milimetre

mM	Milimolarite
MS	Kütle spektrumu
nm	Nano metre
N	Normalite
PCA	Temel bileşen analizi
PDA	Fotodiyot Array
R	Korelasyon katsayısı
SC ₅₀	Radikal miktarını yarıya indiren numune konsantrasyonu
SÇD	Su Çerçeve Direktifleri
SET	Tek elektron transferi
TB	<i>Treptacantha barbata</i>
TF	Toplam flavonoid
TP	Toplam fenolik
TPTZ	(2,4,6-tris (2-piridil)-S-triazin)
ROS	Reaktif oksijen türleri

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Değerli biyolojik moleküllerden oluşan yosunlar, doğal besinsel ve tıbbi içeriği ile insan ihtiyacının olağanüstü bir kaynağı olarak görülmektedir [1] Günümüzde yosunlar, bir diğer adıyla alglerden üretilen biyomedikal ürün niteliğindeki doğal metabolitlerin kullanımları, insan ihtiyaçlarına bağlı olarak gün geçtikçe daha fazla önem kazanmaktadır [1, 2].

1695 km uzunluğundaki ülkemiz Karadeniz kıyıları, yüksek tür çeşitliliği ile bol miktarda deniz makroalgi doğal kaynaklarına sahiptir [3]. Literatürde Türkiye Karadeniz kıyılarında 257 farklı deniz makroalg bulunduğu bildirilmektedir. (142 Rhodophyta, 57 Phaeophyta, 58 Chlorophyta) [4].

Alglerden elde edilen ve antioksidan özellik gösteren çeşitli bileşikler, biyomedikal moleküller olarak yaygın bir kullanıma sahiptir. Bu bileşiklerin doğal ortamda oluşumu algleri; enfeksiyonlara, yaralanmalara ve çevresel saldırılara karşı koruma işlevi görerek doğal ortamdaki normal büyüme ve gelişmelerini sağlamaktadırlar [5]. Bu bileşikler, diğer birçok biyoaktif metebolitin üretiminde olduğu gibi, bulunduğu ortamın değişen şartlarında bir makroalg türünde sabit değildir. Ancak, sıcaklık, ışık, mevsimler, olgunluk durumları, rekabet ve coğrafi koşullar gibi bazı çevresel faktörlerin etkisi ile bu bileşiklerin miktarını ve kompozisyonu değiştirmektedir [6].

Literatürde ülkemiz biyolojik kaynakları için önemli bir bileşen olan makroalglerin ekolojik ve biyomedikal özellikleri üzerine çevre-makroalg etkileşimi temelli çalışmalar incelendiğinde çalışmaların hemen hemen hepsinin ya yerinde rastgele örnekleme metodu ile belli bir coğrafi ortamındaki içeriğin tespiti ya da yapay kültür ortamlarındaki biyomedikal özelliklerin tespiti aşamasından öteye gitmediği görülmektedir [7-9].

Mevcut olan bu yöntem ve yaklaşım biçimi makroalglerin biyoaktif metabolit üretim yeteneği kapsamında oldukça yetersiz kalmaktadır. Özellikle yerinde yapılan çalışmalarda mevcut coğrafi ortamın tabakalı örnekleme yöntemi ile karşılaştırmalı ifadesi, hem biyoaktif özellikli bileşiklerin içerik ve miktarı yelpazesinde hem de ekolojik açıdan farklı bölgelerin biyobelirteç özellikli türlerinin tespiti bakımından önem arz etmektedir.

Ülkemizin kıyı (littoral) deniz alanlarının farklı ekolojik durumlarında yayılım gösterebilen *Cystoseira* spp. *Treptacantha barbata* (TB) türü Karadeniz ekolojik durum koşullarını yansıtan biyolojik özellikleri ile Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifleri (2000/60/EC)'ye göre biyoindikatör tür olarak nitelendirilmektedir [10]. Karadeniz ekolojisi açısından bu özelliğinin yanı sıra literatürde yer alan birçok çalışma ile türün farklı biyotik ve abiyotik etki altındaki fizyolojik süreçlerde antioksidan içeriğinin ve miktarının değişimi birçok çalışma ile gösterilmektedir. Ancak yer aldığı ekolojik işlevleri göz önüne alındığında Karadeniz ekosisteminde özel bir yere sahip türün potansiyel antioksidan ve biomarker özellikleri yeterince kapsamlı çalışılmadığı görülmektedir.

1.2. Algler

Algler, kabul edilebilir ve kapsamlı düzeyde ilk olarak Fritsch (1935) tarafından tanımlanmış ve sınıflandırılmıştır (Tablo 1) [11]. Fritsch, algleri, arkegonit bitkilerin daha yüksek farklılaşma karakteristiğine ulaşamayan holofitik organizmaları olarak tanımlamıştır. Algleri sınıflandırırken kullandığı karakterler başlıca şöyledir:

- (1) Bitki gövdesinin yapısı
- (2) Habitatı veya nerde geliştiği
- (3) Fotosentetik pigment doğası
- (4) Rezerv besin tipi
- (5) Üreme yöntemi.

Bu özelliklere göre sınıflandırılmış olsa da alglerin diğer bazı organizma grupları ile önemli benzerlikler göstermesi, günümüze kadar bilim insanlarınca çok farklı tanım ve sınıflandırma yapmalarına neden olmuştur. Alglerin taksonomik sınıflandırması, polifiletik bir grup olmaları ve birçok sınıflandırma kriteri nedeniyle oldukça karmaşıktır [12]. Bu nedenle algleri tanımlarken genel olarak belirgin özelliklerinden bahsetmek daha doğru olur. Bu hususa göre algler, su ortamlarında ototrof yaşayan Prokaryotik/Ökaryotik hücre özelliğine sahip tallofitler (gerçek kökler, yapraklar ve gövdeden yoksun) olarak ifade edilebilir [13].

Tablo 1. Alglerin kabul edilebilir ve kapsamlı düzeyde ilk olarak Fritsch (1935) tarafından tanımlanması ve sınıflandırılması [11]

Sınıf	Sıra
Chlorophyceae (Yeşil Algler)	Volvocales, chlorococcales, ulotrichales, cladophorales, chaetophorales, oedogoniales, conjugales, siphonales, charales
Xanthophyceae (Yeşil -Sarı Algler)	Heterochloridales, heterococcales, heterotrichales, heterosiphonales
Chrysophyceae (Turuncu Algler)	Chrysomonadeles, chrysophaerales, chrysotrichales
Bacillariophyceae (Diatomlar)	Centrales, pennales
Cryptophyceae (Açık Kahve Rengli Algler)	Cryptomonadeles, cryptococcales
Dinophyceae (Koyu Sarı Algler)	Desmomonadales, thecatales, dinophysiales, dinoflagellata, dinococcales, dinotrichales
Chloromonadineae (Parlak Yeşil Algler)	Chloromonadales
Euglenophyceae (Kamçılı Algler)	The class has been divided into three families: Euglenaceae, astasiaceae, peranemaceae
Phaeophyceae (Kahve Rengli Algler)	Estocarpales, tilopteridales, cutariales, sporochneales, desmarestiales, laminariales, sphacelariales, dictyotales, fucales
Rhodophyceae (Kırmızı Algler)	Bangiales, nemalionales, gelidiales, cryptonemiales, gigartinales, rhodymeniales, ceramiales
Myxophyceae (Cyanophyceae, Mavi Yeşil Algler)	Chroococcales, chamaesiphonales, pleurocapsales, nostocales, stigonemales

Literatürde kullanım kolaylığı açısından algler, hücre sayıları ve yapısı bakımından genel olarak mikro ve makro olmak üzere iki grupta toplanmaktadır. Bu iki grup dünya üzerinde bulunan tür çeşitliliğinin önemli bir kısmını içinde barındırmaktadır [14]. Bu zamana kadar yapılan çalışmalarda, denizlerde yaklaşık 35 bin tür tespit edilmesine rağmen gerçekte 200 ila 800 bin alg türünün olduğu tahmin edilmektedir [15]. Deniz ve okyanuslarda alg çeşitliliğinin çok daha fazla olmasının en önemli nedenlerinden biri, yaşam alanlarını oluşturan su kaynaklarının %97'sinin okyanuslarda ve denizlerde olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir [16].

Algler bir diğ er adıyla yosunlar, sucul ekosistemlerdeki habitat ve besin zincirinin temelini oluşturan en önemli ana bileşenlerdendir. Bu organizmalar sucul ekosistemdeki herbivor organizmalar (fotosentetik olmayan bakteriler, protistler, omurgasızlar ve balıklar) için besin kaynağı ve yaşam alanı sağırlarlar [12, 17]. Dünya  zerindeki fotosentetik aktivitenin %90'ından fazlası, deniz ortamında ise birincil üretim neredeyse tamamı alğler tarafından gerçekleşir [15].

1.3. Makroalgler

Makroalgler, alğlerin makrobentik formlarıdır ve dünya üzerinde tatlı su kaynaklarından, deniz ve okyanusların kıyıs al alanlarına kadar bulunabilirler. Bu gurubun  yeleri  oğ nlukla denizel ortamlarda genellikle sığ gelgit arası bölgelerde ve fotosentetik ışığın %0.01'lere kadar mevcut olduğu derin alanlarda yayılım gösterir [18, 19]. Makroalgler üzerinde yapılan taksonomik, biyokimyasal, fizyolojik ve elektron mikroskobu çalışmaları sonucunda, karakteristik özellikleri bakımından, üç büyük gruba ayrılabilceği görülmüştür. Bu üç gruptan ikisini içeren yeşil (Chlorophyta) ve kırmızı (Rhodophyta) alğler Plantae krallığına aitken üçüncü gurubu  oğ nlukla Phaeophyceae sınıfında bulunan Ochrophytas gurubu temsil etmektedir [19, 20]. Dünya üzerinde 1901'i yeşil, 7083'  kırmızı ve 2033'  kahverengi olmak üzere 11017 makroalg türünün olduğu bilinmektedir [21].

Denizlerde bulunan makroalg türleri Fritsch (1935)'e göre bazı istisnalar dışında yeşil, kırmızı ve kahverengi alğler olmak üzere üç sınıfta toplanmaktadır [11]. Bu sınıflardan yeşil alğler (Chlorophyceae), basit bir bitki yapısına sahip; farklılaşmış kök, gövde ve yaprak olmayan thallus yapısında bitkisel organizmalardır. Rezerv besin maddesi nişastadır. Hücre duvarı sel loziktir. Bu grup  yeleri alğler için ayırt edici bir özellik niteliğindeki klorofil a dışında yardımcı aksesuar pigment olarak klorofil b bulundurur. Thallus organizasyonu substratum üzerinde kabuklaşmış, filementer yapıda dallanmış veya dallanmamış formda ve yaprak şeklinde yassı formda olabilir. Dünya çapında ılıman bölgelerden tropik bölgelere ve hatta yaz aylarında kutup altı denizlerinde taşlara, kayalara vb. bağlı olarak meydana geldiği kayalık kıyılarda bulunmaktadırlar [22, 23]. Diğ er bir alg sınıfı olan kırmızı alğlerin (Rhodophyceae) karakteristik rengi, suda çözünür fikobilin pigmentlerinin varlığından kaynaklanmaktadır. Fikobilin pigmentlerden Fikoeritrin ve fikosiyanin içerir. Klorofil a yanında aksesuar pigment olarak klorofil d ve türevlerini de içerir. Hücre duvarının dışı

pektik ve iç yapısı selüloziktir. Depolama ürünü florideae nişastasıdır. Kırmızı alglerin tallus yapıları basit tek hücreliden karmaşık çok eksenli forma kadar olabilir. Birkaç tek hücreli form (Porphyridium) dışında, kırmızı alglerin büyük çoğunluğu filamentli (Goniotrichum, Gracilaria, Kappaphycus), pseudoparankiyamatik (Dumontia ve Helminthocladia) veya parankiyamatik (Porphyra) formlardır [22, 24]. Üçüncü ve son sınıf olan kahverengi algler (Phaeophyceae), karakteristik rengini ayırt edici bir aksesuar pigment olan kloroplastlarındaki fukoksantin'den almaktadır. Ayrıca kloroplastlarda klorofiller a, c1 ve c2, β -karoten, diatoksantin ve violaksantin bulunabilmektedir. Hücre duvarları selüloz, alginik asit ve fusinik asitten oluşur. Yedek gıda malzemesi laminarin, mannitol ve yağlardır. Tallus mikroskobik boyutlarda veya birkaç metre uzunluğunda makroskobik olabilir. Makroskobik formlar genelde tutucu kısım, sap kısmı ve yaprak kısmı olarak üç ayrı kısımdan meydana gelir. Bu kısmi farklılaşma sınıflandırılma aşamasında büyük kolaylık sağlamaktadır. Kahverengi alglerin çoğu, tutunmak için kararlı sert alt tabakalar gerektiren litofitlerdir. Bazı diğer türleri ise filamentli, daha küçük epifitlerdir. Phaeophyceae 'de tek hücreli, koloniyal ve dallanmamış filamentler yoktur [22, 24].

Kahverengi makroalgler (Phaeophyceae) denizlerde tür çeşitliliği ve yayılımı yüksek olan gruplar arasında ilk sıralarda yer almaktadır. Sargassaceae familyasına ait *Cystoseira* spp. (Fucales, Phaeophyceae) gurubu dünya üzerinde doğu Atlantik'in sıcak ılıman bölgesindeki Akdeniz, Adriyatik Denizi ve Macaronezya takımadaları baskın ve ekolojik olarak anahtar makrofitler arasındadır [25]. Önemli sayıda tür için barınak ve yaşam alanları sağlayan bu grup üyeleri, Akdeniz kıyısı ekosisteminde besin ağlarında önemli bir bağlantı ve benzersiz habitat ve biyotopların temelidir. *Cystoseira* cinsi Akdeniz ve bağlantılı olduğu Karadeniz havzasında deniz ortamlarında birer ekosistem mühendisi görevi üstlenirler [26]. *Cystoseira* gurubu, çoğunlukla korunaklı kayalık alanlarda ve dalgaların etkin olduğu litoral alanlarda yaygınlık gösterirken 50 m'ye kadar derin bölgelerde de oluşum gösterebilmektedir [25]. Literatüre göre *Cystoseira* spp. genel olarak substrata konik bir disk veya hepta (haptera) ile bağlanan, 2 m'lere kadar ulaşabilen soliter veya caespitose türlerdir. *Cystoseira* spp. bitki ana eksenine apeksi düz veya dikenlidir. Ana ekseninde dalları ya radial şekilde ya da birbirine zıt yönlü şekilde düzenlenir. Bazen küçük dikensi uzantılar ya da dalcıklar bulunabilir. Bazı türlerde yanar döner dallar da görülebilir. Ana eksen *C. baccata* hariç bu grubun türlerinde terete özellik taşır. Bazı türler, eksen boyunca düzenlenmiş veya apikal bölgede gruplanmış konik veya tophules (oval yumrular) vardır. Bazı türlerde terminal dalcıkların tepelerinde zincirler halinde düzenlenmiş veya izole edilmiş aerokistler

(hava kesesi) bulunur. Receptacles (makro üreme organ boşlukları) genellikle dalcıkların üst kısımlarında geliştirilir, ancak şekil olarak türden türe değışkendirler. Grup üyelerinin conceptacles (mikro üreme organları) genellikle hermafrodittir, ancak en azından yılın bazı dönemlerinde tek cinsiyetli olabilirler. Üreme yeteneği olmayan tüylü yapısıyla özelleşmiş Kriptostomatalar çoğu türde bulunur. Normalde bu yapılar dalcıkların içine gömülür ve çok nadir saplı hale geçer [27, 28]. Günümüze kadar *Cystoseira* spp.'nin yaklaşık 40 türü tespit edilmiştir. Bu grup kendi içinde *Carpodesmia*, *Treptacantha* ve *Cystoseira* olmak üzere 3 ana genusa ayrılır. *Cystoseira* spp. türlerinin gruplara ayrılması için kullanılan morfolojik kriterler arasında eksen morfolojisi (1), tofule oluşumu (2), uzantıların (yapraklar) oluşumu ve morfolojisi (3), apikal yapı (4), yan dal sistemini temel alan morfolojinin kullanımı (5), üreme morfolojisi ve sitolojisi (6), kriptostomaların oluşumu ve dağılımı (7), aerokistlerin düzenlenmesi (8), üreme özellikleri ve yapılarının konumunu (9) ve ekolojik tercihleri (10) içermektedir [28, 29].

Treptacantha barbata ((Stackhouse) Orellana & Sansón, 2019) geniş spektrumda ekolojik şartlara adaptasyon yeteneği nedeniyle makrofit kalite değerdendirme indekslerinde indikatör tür olarak değerdendirilen önemli bir *Cystoseira* spp. türüdür. Genel görünüşü tek ana dal gövde üzerinde (non-caespitose), substratuma tutunma disk şeklindeki tutunaçla yapılır. Toful ve dikensi oluşumlar yoktur. Tallus gövde yüksekliği maksimum 170 cm. bazal kısımda bulunan gövde, 3.5-12 mm çapında, 10-60 cm uzunluğundadır Ana gövdedeki çıkıntılar pürüzsüz ve düz, üzerinde ise dikensi yapılar yoktur. Uç dalcıklar silindirik ve ipliksidir. Cryptostomata tüm dallarda çok sayıda, aerokistler (hava keseleri) sık, basit, oval veya ip şeklinde, çıkıntısız ve zincirler halinde sıralanmış. Receptacle şekli silindirik veya düz pürüzsüz. Receptacle üzerinde dikensi yapılar bulunmaz. Dış görünüş olarak yanar dönerlilik özelliği göstermezler [25, 26].

1.3.1. Makroalg Çevre İlişkisi

Makroalgler, sucul ortamlarda kısıtlı miktarlarda olan ışık, substrat ve besin elementleri gibi doğal kaynakların kontrolü için daima tür içi ve türler arası düzeyde rekabet içindedirler. Bu rekabetçi ilişkiler makroalglerin, organizasyonlarının tüm seviyelerinde kendini göstermektedir. Bir makroalg topluluğunun yapısı, diğer makroalg topluluğunun yapısal faktörleri nedeniyle doğrudan veya dolaylı olarak bu rekabetten etkilenmektedir.

Diğer bir deyişle makroalglerin morfolojik özellikleri, yerel dağılımını güçlü bir şekilde etkileyebilecek olan stres faktörlerine dayanma kabiliyetiyle doğrudan ilişkilidir [30, 31]. Bu hususu gözeterek günümüzde mevcut makrofloranın (angiosperm ve makroalg) biyoçeşitlilik ve biyokütlesi üzerinden, bulunduğu ekosistemdeki ekolojik durumunun değerlendirilmesi önemli bir araç olarak kullanılmaktadır. Avrupa Birliği SÇD (Su Çerçeve Direktifleri) (2000/60/EC) tarafından kıyı sularının ve geçiş sistemlerinin ekolojik kalite durumunu değerlendirmek için Avrupa ülkeleri tarafından geliştirilen SÇD kapsamında su kaynaklarının yapısı ve bölgelerarası tipolojik farklılıklar göz önüne alınıp referans ortam kriterleri bu kuruluş tarafından kalibre edilmekte ve belirlenmektedir.

Ayrıntılar, ülkeler ve bölgeler arasında farklılığı gösterse de SÇD kapsamında uygulanan makrofitlerin indikatör türler olarak kullanıldığı tüm izleme ve değerlendirme yöntemleri bu kavramsal çerçevededir [32, 33].

SÇD kapsamında bu zamana kadar birçok makrofit indeks geliştirilmiştir. Literatürde ülkemiz denizlerinde en yaygın kullanımı olan makrofit indeksi Ekolojik Değerlendirme İndeksi'dir (EEI) [34]. EEI indeksi çeşitli tipolojilerdeki denizlerimizin kıyı ve geçiş sularının tümünde uygulanabilmektedir. Türk denizleri kıyı ve geçiş sularında uygulanabilecek diğer indisler arasında Makrofit Biyotik İndeksleri, Makrofit Kalite İndeksi (MaQI) [35], Littoral Kartografi İndeksi (CARLIT) [36], Yabancı Biyotik İndeks (ALEX) [37], Denizel Floristik Ekolojik İndeks (DENFEİ) [38], *Posidonia oceanica* çok değişkenli indeksi (POMI) [39], *Posidonia oceanica* Hızlı-Kolay İndeksi (PREI) [40] ve *Posidonia oceanica* biyotik indeksi (BiPo) [41] yer almaktadır.

Ülkemizde ve dünyada makroalgler kullanılarak ekolojik durum belirleme ve indis uygulama çalışmalarında algler; morfolojik ve ekolojik davranış özellikleri bakımından iki temel grup altında değerlendirilmektedir. ESG I olarak ifade dilen ilk grup kalın veya kalkerli thallusu yapılı, düşük büyüme oranlı ve uzun yaşam döngüleri olan türleri içerir. Bu grup üyesi türlerin varlığı genel olarak ekolojik durumun ideal şartlar altında olduğu çevresel durumlarla ilişkilidir. Bu grup üyeleri kendi içinde kalın, çok yıllık türler (IA), az da olsa plastisite özellikli çok yıllık türler (IB) ve gölgelik ortamlarda bulunan kalkerli türler (IC), olmak üzere 3 alt grupta toplanır. ESG II olarak adlandırılan ikinci grup ise yüksek büyüme oranlarına sahip kısa yaşam döngülü, yaprak benzeri ve filamentli fırsatçı türleri içerir. Bu türler genel olarak bozulmuş ekolojik dengenin işaretçisidir. Buradaki alt gruplar, orta derecede bozulmuş ortamlarda hızlı büyüme özellikli türler (IIA), güneş ve gölgeye uyum sağlayan hızlı büyüme özellikli ipliksi türler (IIB) ve oldukça kısa yaşam süreli ve olabilecek

tüm ortamlarda gelişebilen ancak kötü ortamlarda baskın hale geçen türler (IIC)'den oluşmaktadır [42, 43].

1.3.2. Alglerde Oksidatif Stres

Oksijenli solunum yapan organizmalar için oksijen, fizyolojik faaliyetlerin yürütülmesini sağlayan en önemli kaynaktır. Bu organizmalarda moleküler oksijen normal fizyolojik koşulda mitokondri ve kloroplast gibi organellerde solunum sonucu tam olarak indirgenemediği radikal özellikli reaktif oksijen türleri (ROS) oluşabilmektedir. Yüksek derecede reaktif özellikler barındıran bu moleküler (süperoksit anyonu (O_2^-), hidroksil radikali ($OH^\cdot$), hidrojen peroksit (H_2O_2) ve singlet oksijen ($\uparrow\downarrow O_2$) hücre içindeki hücresel bileşenlerle reaksiyona girebilir [44, 45].

Normal fizyolojik koşuldaki hücrelerde az miktarlarda bulunan ROS türleri bazı hücre içi nötralizasyon mekanizmaları tarafından bertaraf edilerek bir denge içinde tutulmaktadır. Ancak organizma için normal olmayan fizyolojik şartlarda ROS türleri aşırı üretilerek 'oksidatif stress' olarak ifade edilen hücresel durum oluşmaktadır [45, 46]. Birçok bilim insanı tarafından bu durum, bitkisel organizmalar tarafından en az 2,7 milyon yıldır gezegenimizde gerçekleşen en eski stres mekanizmalarından biri olarak görülmektedir [44].

Algler gibi bitkisel organizmalarda ROS üretiminin ana kaynağı mitokondrilerden ziyade fotosentetik elektron taşıma sistemlerinin yer aldığı klorofil gibi yapılardır [47]. Normal fizyolojik koşulda dahi fotosentez ve solunum sırasında elektron taşıma sistemlerinin eşlik eden bir süreci olarak algler bu yapılar yoluyla ROS birikimi yapmaktadır [48]. Homeostasis dengenin tamamen bozulduğu ortam sıcaklıklarındaki ani değişiklikler, normal fizyolojik durumun bozulabildiği düşük ve yüksek sıcaklıklar, besin eksikliği, uygun olmayan ışık yoğunluğu ve radyasyon koşulları gibi durumlarda ise genel bir stres tepkisi olarak hücrelerde ROS birikimi aşırı düzeyde artmaktadır [49].

ROS türlerinin etkilerine yönelik organizmalar, fizyolojik ve biyokimyasal olarak bazı savunma mekanizmaları geliştirmiştir. Fizyolojik düzeyde bu organizasyon dokulardaki moleküler oksijen seviyesinin korunmasına yönelik işlevli olan mikrovasküler yapılar tarafından üstlenir. Biyokimyasal düzeyde ise enzimatik veya enzimatik olmayan antioksidan moleküller tarafından sağlanmaktadır [50]. ROS türlerinin oksidatif etkilerine karşı elektron ve/veya hidrojen atomu transfer etme yeteneği sergileyen bu antioksidan

moleküller biyokimyasal nötralizasyon mekanizmaları ile bu ROS'ları azaltabilmektedir [51, 52].

1.3.3. Alglerde Antioksidan Özellikler

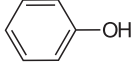
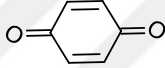
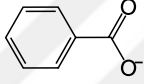
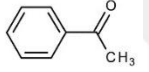
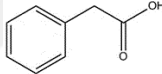
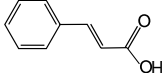
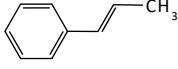
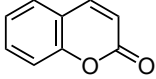
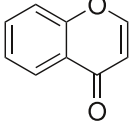
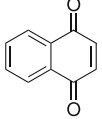
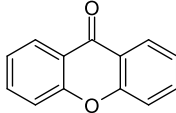
Oksijenli solunum yapan diğer organizmalarda olduğu gibi alg hücreleri de oksidatif hasarın üstesinden gelmek için enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidan mekanizmaları vardır. Hücrelerdeki Enzimatik antioksidanlar, birincil ve ikincil enzimatik savunma sistemleri olarak kendi içinde ikiye ayrılmaktadır. Birincil savunma sisteminde glutatyon peroksidaz (GPx), süperoksit dismutaz (SOD) ve katalaz (CAT) enzimlerini içeren üç önemli enzimin serbest radikallerin bertaraf ve nötralize edilmesinde direkt etkili olduğu enzimleri içerir. İkincil savunma olarak nitelendirilirken enzimatik savunma ise, glutatyon redüktaz ve glukoz-6-fosfat dehidrojenaz enzimini içerir ve birincil enzimatik savunmayı destekleyerek indirekt savunma gösterir [53]. Alglerdeki Enzimatik olmayan savunma mekanizmasını askorbik asit (AsA), β -karoten, (indirgenmiş glutatyon (GSH), polisakkaritler, fenolik asitler, flavonoidler ve polifenoller gibi antioksidan özellik gösteren biyomoleküller tarafından gerçekleşir [54]. Bu biyomoleküller arasında fenolik bileşikler, oksidatif strese karşı temel bir rol oynamaktadır [55]. Florotaninler olarak adlandırılan polifenolik bileşikler özellikle kahverengi alglerin enzimatik olmayan antioksidan savunma sistemlerinde önemli ölçüde yer alabilmektedir. Literatürde florotaninler kuru alg kütlelerinin %25'ine kadar oluşturabilmektedir. Kahverengi alglerin biyolojisi ve ekolojisi için büyük bir öneme sahip florotanninlerin, biyokimyasal ve moleküler mekanizmaları bu zamana kadar tam olarak ortaya konmuş değildir [56].

1.4. Fenolik Bileşikler

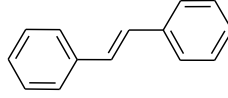
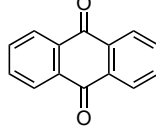
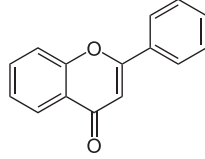
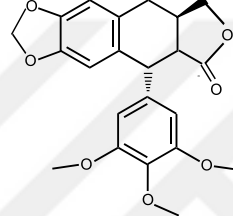
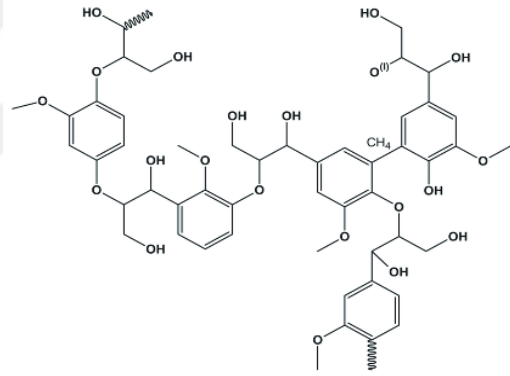
Fenolik bileşikler genel olarak iki karakteristik yapıya sahiptir. Birincisi hidroksil gurubu içeren en az bir aromatik halka içermeleridir. İkincisi ise genellikle diğer moleküllere, sıklıkla şekerlere (glikosil kalıntısı) ve proteinlere bağlı olarak bulunmalarıdır [57]. Fenolik bileşiklerin yapılarındaki aromatik halka üzerindeki hidroksil gruplarının kararsız bir özellik göstermesi bu bileşiklere zayıf asit özelliği vermektedir. Bir fenolik bileşiğin gösterecek olduğu antioksidan aktivite aromatik halka içerisindeki hidroksil

gruplarının sayısına ve düzenlenmesine bağlıdır. Hidroksil gruplarının orto pozisyonu, radikal nötralizasyon işleminden sonra oluşan radikale yüksek stabilite verir [52]. Fenolik bileşikler yapılarındaki karbon zincirine göre 16 ana sınıfta değerlendirilir Tablo 2. Bu bileşikler karbon zincirine göre basit iskeletli yapılardan yüksek düzede polimerize olmuş çok sayıda heterojen gruplar barındırır [57].

Tablo 2. Fenolik bileşiklerin karbon zincirlerine göre sınıflandırılması

Sınıf	Basit iskelet	Temel yapı
Basit fenoller	C ₆	
Benzokinonlar	C ₆	
Fenolik asitler	C ₆ -C ₁	
Asetofenonlar	C ₆ -C ₂	
Fenilasetikasitler	C ₆ -C ₂	
Hidroksisinamik asitler	C ₆ -C ₃	
Fenilpropenler	C ₆ -C ₃	
Kumarinler, izokumarinler	C ₆ -C ₃	
Kromonlar	C ₆ -C ₃	
Naftokinonlar	C ₆ -C ₄	
Ksantonlar	C ₆ -C ₁ -C ₆	

Tablo 2'nin devamı

Sınıf	Basit iskelet	Temel yapı
Stilbenler	$C_6-C_2-C_6$	
Antrakinonlar	$C_6-C_2-C_6$	
Flavonoidler	$C_6-C_3-C_6$	
Lignanlar ve neolignanlar	$(C_6-C_3)_2$	
Ligninler	$(C_6-C_3)_n$	

1.5. Antioksidan Ölçüm Yöntemleri

Literatürde bugüne kadar bitkisel ekstraktlardan pek çok farklı in vitro ve in vivo teknikle antioksidan ölçüm yöntemleri geliştirilmiştir ve uygulanmaktadır. Bitkisel ekstraktlardan yaygın olarak in vitro antioksidan ölçüm teknikleri kullanılmaktadır. Antioksidan aktivitenin ölçümü için serbest radikalle karşı süpürme aktivitesi, indirgeme gücü ve metal şelasyonu gibi çeşitli mekanizmalar kullanılarak antioksidan aktivitenin ölçüm ve değerlendirme analizi yapılmaktadır [58]. Bu ekstraktların antioksidan aktivitenin ölçülebilmesi için birçok yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemler uygulanan bileşiklerin zincir kırma reaksiyonlarını durdurduğu etki mekanizmasına dayalı olarak iki temel prensipte uygulanmaktadır. Birincisi, hidrojen atomu transferi reaksiyonlarına dayalı HAT (hidrojen-

atom transferi) yöntemleridir. Bunların ölçülmesinde kullanılan bazı testler şu şekildedir: Karotenoid (Krosin) ağartma yöntemi (CBA), Toplam Reaktif Antioksidan Potansiyel Testi (TRAP), Toplam oksiradikal süpürme kapasitesi (TOSC) testi, Oksijen radikali absorban kapasitesi (ORAC) testidir. İkincisi ise bir antioksidandan elektron transferi yoluyla bileşik indirgeme reaksiyonları kullanılarak yapılan tek elektron transferine (SET) dayalı yöntemler: (1,1-Difenil-2-pikrilhidrazil radikali (DPPH) testi radikal temizleme kapasitesi testi, Demir (III) iyonu indirgeme antioksidan gücü(FRAP) testi, Trolox eşdeğer antioksidan kapasitesi (TEAC or ABTS)testi, Bakır(II) İndirgeyici Antioksidan Kapasite (CUPRAC) testi, Zolin-Ciocalteu ayırıcı ile toplam Fenolik yöntemi (FCR) ve İndirgeme Gücü Tayini (RP) dir [59].

1.6. Önceki Çalışmalar

Biyomedikal önemi olan yeni bileşiklerin keşfi için büyük potansiyele sahip *Cystoseira* makroalg genusunun, antioksidan özellikleri ekolojik faktörlerin medikal içerik ve kapsama etkisi bakımından değerlendirilmekte ve araştırmacılar tarafından en çok antibakteriyel, antiprotozoal, antiviral, antitümöral ve antifungal aktivite özellikleri gibi farklı medikal özellikleri de incelenmektedir [29].

Ruberto vd. (2001) tarafından yürütülen çalışmada, *Cystoseira* genusuna ait 8 farklı türün lipid ekstraksiyon yöntemi ile antioksidan aktivite çalışmaları karşılaştırmalı olarak incelemiştir [60]. Çalışmada güney doğu Sicilya kıyılarından elde edilen TB türünün diğer genus üyeleri ile birlikte yer alması günümüze ışık tutması açısından önem teşkil etmektedir. Çalışmada antioksidan aktivite değerleri bağıl etkinlik olarak α -tocopherol ile kıyaslanarak incelenmiştir. Bu yöntemde α -tocopherol antioksidan aktivite 1 kabul edilerek TB türünün antioksidan aktivite değeri 0,58 olarak belirlenmiştir. Elde edilen değerler incelendiğinde aralarında TB'nin da olduğu 8 adet alg türünün kozmetik ve gıda sektörlerinde potansiyel antioksidan bileşen olarak kullanılabileceği yönünde veriler elde edilmiştir.

Abdala-Díaz vd. (2006) tarafından yürütülen çalışmada, yüksek güneş radyasyonunun *Cystoseira tamariscifolia* (Hudson) türündeki fenolik bileşik konsantrasyonunun yıllık ve günlük döngüleri üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir [61]. Bunun için güneş radyasyonunun, bu türdeki in vivo klorofil floresan olarak tahmin edilen fenolik bileşik konsantrasyonları ve fotosentetik aktivite üzerindeki etkileri incelenmiştir. Yapılan

incelemeler sonucunda *C. tamariscifolia*'nın dokusundaki fenolik bileşik konsantrasyonunun yıllık ve günlük dalgalanmalar gösterdiği gözlemlenmiştir. Günlük döngü sırasında ışınlama dozunun artması dokudan çevreye fenolik bileşiklerin kaybını arttırdığı gözlenmiştir. Dokulardaki bu azalmanın yüksek ışınlımlarla düzenlenebileceği düşünülmüştür. Yıllık döngüde ise, fenolik bileşiklerdeki artış, yılın ilk yarısında, yılın ikinci yarısındaki düşüşe göre iki kat daha fazla olmuştur. Mevsimsel olarak incelendiğinde, yaz ayları yaklaştıkça fenolik bileşiklerin artması, fenolik bileşiklerin yüksek radyasyon dozajlarına sahip ekosistemlerde, fotokoruyucu bir mekanizma olarak hizmet edebileceğini ortaya koymuştur.

Zubia vd. (2009) tarafından yürütülen çalışmada, Britanya kıyılarından toplanan 10 farklı kahve rengi (Phaeophyta) alg türünün ham ekstraktları hazırlanmış ve antioksidan aktiviteleri üç farklı yöntemle (DPPH, indirgeyici aktivite ve b-karoten-linoleik asit sistemi) değerlendirilmiş ve fenolik içerikleri incelenmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda *Bifurcaria bifurcata*, *Cystoseira tamariscifolia*, *Fucus ceranoides* ve *Halidrys siliquosa* türlerinin yüksek antioksidan aktivite sergilediği görülmüştür. Çalışmada yüksek antioksidan aktivite ile yüksek fenolik içerik arasında önemli bir korelasyon bulunmuştur. Ayrıca DPPH ve indirgeyici aktivite yöntemleri arasında anlamlı bir korelasyon da görülmüştür. Bunun sebeplerinin her iki yöntemin temelini bir elektron/hidrojen bağıışı mekanizmasına dayanması gerçeğiyle açıklanmaktadır. Burada lipid, oksidasyon sürecini etkileyebilecek ek değişkenlerin ortaya çıkma durumunun önemli bir parametre olarak dikkate alınması gerekliliği vurgulanmıştır. Bu durumdan yola çıkarak antioksidan aktivitenin sonuçları değerlendirilirken sonuç analizinin sistemi ve kullanılan analitik yöntemi etraflıca incelenmesi gerekliliği ortaya konmuştur [62].

Sadati vd, (2011) tarafından yürütülen çalışmada, üç farklı kahverengi alg türünün (*Sargassum swartzii*, *Cystoseira myrica*, *Colpomenia sinuosa*) antioksidan aktiviteleri ve toplam fenolik içerikleri incelenmiştir [63]. Bunun için türlerin dört farklı çözücü (n-Hekzan, kloroform, etilasetat ve metanol) ile ekstraktları hazırlanmıştır. Toplam fenolik içeriğinin belirlenmesinde Folin-Ciocalteu metodu kullanılırken, antioksidan içeriğinin belirlenmesinde FRAP yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada *Sargassum swartzii* türü metanolik ekstraktında en yüksek antioksidan aktivite görülmüştür. Antioksidan aktivitesi ve toplam fenolik içeriğinde görülen yüksek korelasyon sonucu, bu türün, doğal antioksidan kaynağı olabileceği ortaya konmuştur.

Sellimi vd. (2014) tarafından yürütülen çalışmada, TB'den yapısında L-fukoz ve sülfatlanmış ester grubu içeren fukan polisakkaritini (CBSP) izole edip, in vitro antioksidan özellikler açısından incelemiştir [64]. Bu çalışmada CBSP'nin, önemli DPPH radikal süpürme, dikkate değer demir indirgeme potansiyeli ve orta düzeyde antioksidan aktivitesi gösterdiği gözlenmiştir. Bu nedenle, CBSP'ler gıda endüstrisinde veya farmasötik alanında güçlü bir doğal antioksidan olarak kullanılabileceği ortaya konmuştur.

Güner vd. (2015) tarafından yürütülen çalışmada, Ege Denizi'nde Urla Sahili'nden elde edilen *Cystoseira compressa* (Esper) Gerloff & Nizamuddin'in metanol, hekzan ve kloroform ekstraktlarının biyolojik aktivitelerini değerlendirilmiştir [65]. Çalışmada *C. compressa* ekstraktlarının antimikrobiyal ve antioksidan aktiviteleri test edilmiştir. Hekzan ekstraktının diğer ekstraktlardan daha yüksek toplam flavonoid ve fenolik içeriğine sahip olduğu ve diğer ekstraktlardan daha yüksek antioksidan aktivite uyguladığı bulunmuştur. Sonuç olarak, kahverengi alg *C. compressa* 'nın doğal bir antioksidan kaynağı olabileceği ortaya konmuştur.

Kosanic vd. (2015) tarafından yürütülen çalışmada, *Cystoseira* genusuna ait 3 farklı (*Cystoseira amentacea*, *Treptacantha barbata* ve *Cystoseira compressa*) türünden aseton ekstraktları hazırlanmış ve antioksidan potansiyeli DPPH radikal temizleme aktivitesi, süperoksit anyon temizleme aktivitesi, toplam fenolik ve flavonoid içeriği cinsinden test edilmiştir [7]. Ayrıca sitotoksik etki test edilen tüm hücre hatlarının inhibe ettiği minimal inhibitör konsantrasyonu (MIC) olarak verilmiştir. Çalışma sonucunda, *C. amentacea* özütünün diğer makroalg özütlerinden daha güçlü serbest radikal süpürücü ve süperoksit anyon temizleme aktivitesine sahip olduğu görülmüştür. Bu sonuçlara dayanarak, test edilen makroalglerin potansiyel doğal antioksidanlar olarak kullanılabileceği ifade edilmiştir.

Berber vd. (2015) tarafından yürütülen çalışmada, Karadeniz'in Sinop Yarımadası kıyılarında yaygın olarak bulunan iki deniz yosunu türünün (*Cystoseira crinita* ve *Ulva intestinalis*) antioksidan ve antimikrobiyal aktivitesi araştırılmıştır [66]. Deniz yosunu örneklerinin antioksidan potansiyeli DPPH, toplam fenolik içeriği ise Folin-Ciocalteu yöntemi ile belirlenmiştir. Çalışmada *Cystoseira crinita* yüksek antioksidan aktivite göstermiştir. Antioksidan aktivite ve toplam fenol içerikleri arasında pozitif bir doğrusal korelasyon ($r = 0.86$) olduğu doğrulanmıştır. Elde edilen bulgulardan yola çıkılarak *C. crinita* ve *U. Intestinalis* türlerinin, antimikrobiyal etkinliği ve yüksek serbest radikal temizleme aktivitesi nedeniyle potansiyel bir doğal deniz ürünü kaynağı olarak kullanılabileceğini gösterilmiştir.

Mannino vd. (2016) tarafından yürütülen çalışmada, *Cystoseira amentacea* makroalgine ait toplam fenolik içeriğinin (TP) sıcaklık üzerindeki etkilerinin anlaşılabilmesi ve küresel ısınmanın *Cystoseira*'nın baskın olduğu sistemler üzerindeki olası etkilerin anlaşılabilmesi amaçlanmıştır [8]. Bu amaçla *C. amentacea* mevsimsel olarak toplanmış ve fenolik içeriğine bakılmıştır. Ayrıca toplanan numuneler laboratuvarında uygun şartlarda farklı sürelerde iki farklı (25°C ve 30°C) sıcaklığa maruz bırakılmıştır. TPC, Folin-Ciocalteu reaktifi ile kolorimetrik olarak belirlenmiştir. En yüksek TPC değerleri kış ve ilkbahar mevsimlerinde görülmüş olup yaz mevsimine geçişle birlikte sıcaklık yükselmiş ve TPC miktarında belirgin bir düşüş gözlemlenmiştir. Laboratuvar çalışmaları mevsimsel çalışma ile paralellik göstermiştir. Yüksek sıcaklıkta artan bekleme süresi ile birlikte TPC değerlerinde belirgin bir düşüş gözlemlenmiştir. Sonuç olarak bu türün fenolik içeriği, su sıcaklığından doğrudan veya dolaylı olarak (büyüme döngüsü yoluyla) önemli ölçüde etkilenmiştir. Bu durum, artan küresel ısınmanın bu alglerin kimyasal savunmaları ve trofik etkileşimleri üzerinde etkileri olabileceğini ilişkisi kurulmuştur.

Celis-Plá vd. (2016) tarafından yürütülen çalışmada, Güney İspanya'dan elde edilen *Cystoseira tamariscifolia* popülasyonlarının bazı biyokimyasal süreçleri incelenerek fotofizyolojik değişimin mevsimsel etkisi analiz edilmiştir [67]. Bu amaçla, toplam karbon ve azot içerikleri, fenolik bileşik içerikleri, antioksidan ve fotosentetik aktiviteler iki yıl boyunca mevsimsel olarak belirlenmiştir. İlkbaharda artan ışınlama ile birlikte antioksidan aktivite ve foto koruyucu fenolik içeriğin arttığı gözlemlenmiştir. Fakat yaz aylarında kıyı sularının termal tabakalaşmasından dolayı besin maddesinin tükenmesi, fotosentetik aktiviteyi ve *C. tamariscifolia*'nın fotokoruyucu kapasitesini azaltmıştır. Bu çalışma ile, ticari kullanım amacıyla *C. tamariscifolia*'dan fotokoruyucuların ve antioksidanların elde edilebilmesi için en uygun mevsimin ilkbahar olduğu ortaya konulmuştur.

Sellimi vd. (2017) tarafından yürütülen çalışmada, araştırmacılar, daha güvenli gıda koruyucuları geliştirmek amacıyla TB gliko-konjugatlarının (CBG'ler) antioksidan ve antimikrobiyal aktivitelerini incelemiştir [68]. CBG'lerin fenolik fraksiyonunun LC-QTOF-MS (Sıvı Kromatografisi-Uçuş Zamanlı Kütle Spektrometresi) analizi sonucunda, flavonoidler, florotaninler ve antrakınon gliko-sidler dahil olmak üzere çeşitli fenolik bileşiklerin varlığı tespit edilmiştir. CBG'ler, güçlü antioksidan aktiviteler (radikal temizleme aktivitesi, şelatlama yeteneği ve indirgeme gücü) sergilemiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde TB deniz yosunundan elde edilen gliko-konjugatların yeni, çevre

dostu ve güvenli gıda koruyucu olarak kullanılabileceği yönünde umut verici çıktılar elde edilmiştir.

Celis-Plá vd. (2017) tarafından yürütülen çalışmada, Güney İspanya'da bulunan oligotrofik ve ultraoligotrafik sulardan toplanan *Cystoseira tamariscifolia* türünün yüksek CO₂ (1200-1300 ppm) stresi ihtiva eden ortamdaki inkübasyonu sonucunda antioksidan değerlerindeki değişimler incelenmiştir [69]. Fenolik bileşen ve antioksidan aktivite çalışmaları için *Cystoseira sauvageauana* türünün %80 etanolde ekstraksiyonu yapılmıştır. Artan CO₂ değeri ile fenolik bileşen değerlerinin (yaklaşık %33) yükselebildiği tespit edilmiştir. Ayrıca buna paralel şekilde çalışmada bazı antioksidan aktivite değerlerinde de bir artış olduğu ortaya konulmuştur.

Sellimi vd. (2018) tarafından yürütülen çalışmada, TB türünün (Kerkennah adası, Tunus) yaraları iyileştirici özelliğe sahip laminaran polisakkariti açısından zengin olduğunu tespit edilmiş ve TB laminaran (TBL) total fenolik bileşen konsantrasyonu 207,95 mg/g olarak belirlenmiştir [70]. Katı-sıvı ekstraksiyon yöntemi ile TBL molekülü saflaştırılarak antioksidan ve anti bakteriyel değerleri incelenmiştir. TBL antioksidan değerlerini DPPH· radikali (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) üzerinden aktivite tayini yöntemiyle analiz etmişlerdir. Çalışmada araştırmacılar TBL EC₅₀ değerini endüstriyel kullanım açısından yeterli bulmuştur. TBL'nin canlı hücrelerinin oksidatif hasara karşı koruma düzeyinin ve yaraların iyileşmesinde oldukça başarılı olduğu, yüksek miktarda antioksidan kaynağı olduğu ve endüstriyel amaç ile kullanım için yüksek potansiyele sahip olduğu ortaya konulmuştur.

Ak ve Turker (2018) tarafından yürütülen çalışmada, içlerinde TB türünün de olduğu Çanakkale Dardanel bölgesinden elde edilen üç farklı kahverengi makroalg türünün bazı antioksidan özellikleri çalışılmıştır [71]. Örnek makroalg türleri üzerinde etanol ekstraksiyonu yöntemi uygulanmıştır. Antioksidan çalışmalarında numuneler toplam fenolik içerik, toplam karotenoid, toplam flavonoid içeriği, toplam tannin içeriği ve DPPH radikal temizleme aktivitesi özellikleri bakımından incelenmiştir. Çalışmada, TB için IC₅₀ değeri 3,57±0,04 mg/g olarak belirlenirken, toplam fenolik içerik 433,24±4,29 µg/g GAE olarak belirlenmiştir. TB antioksidan sonuçları diğer üç tür ile karşılaştırıldığında genel olarak *Scytosiphon lomentaria* türü antioksidan değerlerinin TB'den daha yüksek bulunurken, *Padina pavonica* türünden bu değerlerin kısmen daha düşük olduğu görülmüştür. Araştırmacılar tarafından gıda sektöründe doğal gıda katkısı olarak kullanım potansiyeli ayrıca vurgulanmıştır.

Trifan vd. (2019) tarafından yürütülen çalışmada, Romanya'nın Karadeniz kıyı bölgelerinden elde edilen TB numunelerinin aseton (%70), metanol ve sulu ekstraksiyonları hazırlanarak fenolik bileşenler ve antioksidan aktivite ölçümleri yapılmıştır [72]. Çalışmada antioksidan aktivite ölçümleri dört farklı yöntem üzerinden değerlendirilmiştir; ABTS radikal süpürücü aktivite (EC_{50} değerleri) Trolox eşdeğer antioksidan kapasite (TEAC) değerleri, DPPH süpürme potansiyeli (DPPH değerleri) ve Demir (III) İyonu İndirgeyici Antioksidan Gücü (FRAP). Fenolik bileşenler, toplam fenolik içerik ve HPLC-DAD (diode array) ve MS (kütle spektrumu) dedektörleri ile analizleri uygulanarak fenolik kompozisyonu ifade edilmiştir. Çalışmada, 18 tip florotanin türevi içeriği saptanmıştır. Aynı zamanda %70 aseton ekstraksiyonunun en yüksek fenolik içeriğin tespit edildiği çözücü tipi olduğu görülmüştür. Araştırmacılar, literatürde farklı bölgelerden toplanan TB türlerinin toplam fenolik bileşen değerleri açısından farklılık göstermesinin ana sebebinin uygulanan farklı ekstraksiyon yöntemleri ve çalışılan türlerin, tuzluluk, sıcaklık, iklim ve sezon gibi koşullarının fenolik bileşen içeriğine etkisi olduğunu yönünde veriler bulunmuştur.

Cadar vd. (2019) tarafından yürütülen çalışmada, Karadeniz'in Romanya sahilinden toplanan TB numunelerinin etanolik ekstraksiyonu biyoaktivite potansiyeli antioksidan ve fenolik bileşenler yönünden araştırılmıştır [73]. Çalışmada TB toplam fenolik içerik miktarı $385,6 \pm 1,85$ mg GAE /100 g örnek olarak saptanmıştır. TB fenolik bileşenlerinin kompozisyonu için HPLC-DAD analizi yapılmıştır. Fenolik bileşenler bakımından vanilik asittin (%25,8) en yüksek yüzdeye sahip olduğu, ardından benzoik asit (%17,00) ve ferulik asit (%14,13) geldiğini en düşük fenolik bileşenin ise gallik asit olduğu saptanmıştır. Antioksidan aktivite ölçümlerinde DPPH radikal süpürme aktivitesi ve ferrik indirgeme/antioksidan güç testi yöntemleri kullanılmıştır. TB'nin DPPH radikal süpürme aktivitesi IC_{50} değeri $942,92 \pm 2,56$ μ g/mL olarak tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar ışığında TB'nin insan patojenlerine karşı koruma sağlayabileceği ve toksik olmayan koruyucu olarak kullanılabileceği vurgulanmıştır.

Benslima vd. (2021) tarafından yürütülen çalışmada, farklı sezon aralıklarında (Aralık, Nisan, Haziran ve Eylül) Tunus adalarından toplanan *Cystoseira schiffneri*'den elde edilen sodyum alginat ürünü bazı antioksidan özellikler bakımından incelenmiştir [74]. Yapılan bu çalışmayla FRAP (Demir (III) İyonu İndirgeyici Antioksidan Gücü Yöntemi), ferrik indirgeme/antioksidan güç testi ve DPPH radikal süpürme aktivitesi yöntemleri ile türün antioksidan özellikleri ortaya konulmuştur. Ayrıca *Cystoseira schiffneri* alginat özelliklerini ATR-FTIR (Zayıflatılmış Toplam Yansıma-Fourier Dönüşümlü Kızıl Ötesi Spektrometresi)

ve NMR (Nükleer Manyetik Rezonans Spektroskopisi) ile yapısal olarak aydınlatılmıştır. Bu çalışma ile araştırmacılar sodyum alginat antioksidan aktivite ölçümlerinin bir polisakkarit yapısı olmasından antioksidan potansiyelinin tek bir faktör tarafından değil, birkaç ilgili faktörün kombinasyonu ile belirlenmesi gerektiğini vurgulamışlardır. Bu çalışmayla araştırmacılar mevsime bağlı türün yapısal özelliklerinin antioksidan aktiviteye etkisini de göstermiştir.

Çagalj vd. (2022) tarafından yürütülen çalışmada, Adriyatik denizi kıyılarından dönemsel olarak (mayıs ayından eylül ayına kadar) toplanan *Cystoseira compressa* türünün antioksidan ve antimikrobiyal değerleri etanol ekstraksiyonu uygulanarak incelenmiştir [75]. Yapılan çalışmada antioksidan özellikler Oksijen radikali absorban kapasitesi (ORAC) yöntemi, 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) radikal temizleme yeteneği ve FRAP (demir azaltıcı/antioksidan güç) aktivite ölçümleri ile yapılmıştır. Toplam fenolik içerik (TPC) ve Toplam tanen İçeriği (TTC) de ayrıca çalışılmıştır. En yüksek TPC, TTC ve FRAP değerleri haziran ayı içerisinde saptanmıştır. En yüksek ORAC değeri ise ağustos numunelerinde gözlemlenmiştir. Çalışmadaki tüm numunelerin son derece yüksek ve DPPH serbest radikal süpürme aktivitesi inhibisyonu (>%80) gösterdiği bulunmuştur. Dönemsel olarak toplanan *C. compressa* örneklerinin fenolik bileşen ve antioksidan içeriklerinde değişim gözlenmiştir. Sıcaklık ve tuzluluk değerleri ile antioksidan ve fenolik bileşen değerleri arasında doğrudan bir ilişki olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca *Cystoseira compressa*'nın yiyecek içeriklerinde endüstriyel olarak kullanımının potansiyeli ortaya konulmuştur.

1.7. Çalışmanın Amacı

İnsanların endüstriyel ihtiyaçlarının karşılanmasına yönelik faaliyetlerin ekolojik sistemler üzerindeki olumsuz etkileri gün geçtikçe daha fazla önem kazanmaya başlamıştır. İhtiyaçlarının tedarikine yönelik yapılan faaliyetler, beraberinde istenilmeyen çevresel sorunlar getirmektedir. Bu da ekolojik ortamlarda direkt ya da dolaylı olarak insan yaşamını ve kalitesini olumsuz olarak değiştirmektedir. Günümüzde sürdürülebilir bir çevre için her tür su kütlelerinin takibi ve iyileştirilmesi zorunlu hale gelmiştir. Avrupa Birliği ülkeleri SÇD (Su Çerçeve Direktifleri) kapsamında geniş boyutta iş birlikleri ile ekolojik felaketlerin önceden tespiti ve çözümü üzerine kapsamlı çalışmalar yürütmektedir.

Makrofitler, bir ölçüt kriteri olarak çeşitli ekolojik modellerde ve deniz izleme çalışmalarında sıklıkla kullanılmaktadır [76]. Bu organizmaların içinde bulunduğu ortamlara yüksek adaptasyonu (plastitesi) ekosisteme dair değişimlerin kolayca saptanmasına imkân vermektedir. Bu çerçevede alglerin birer indikatör olarak kullanılıp sucul ortamların kalite ve kirlilik düzeyleri tespiti birçok çevresel kurum ve kuruluşlar tarafından da yürütülmekte ve desteklenmektedir [77]. Ancak sucul kaynakların yönetimi ve kontrolü hususunda makroalg türlerinin ekolojik özelliği yanında biyokimyasal etkileşimin ve ilişkilerin yer aldığı allopatik ve fiziksel çevre etki temelli çalışmalar oldukça sınırlıdır.

Bu çalışmada, sucul ortam için her geçen gün, ekolojik ve ekonomik önemi artan makroalglerden biri olarak ülkemiz deniz ekosistemleri littoral sahalarında yer alan *Treptacantha barbata* (Stackhouse) (TB) türünün, Doğu Karadeniz şartlarında çeşitli çevresel etkilere maruziyetinin farklı ekolojik durum koşullarındaki antioksidan özelliklerinin ortaya konulması amaçlanmıştır.

Bu bilgiler ışığında çalışmadaki hedefler:

1. Farklı ekolojik durumların ve mevsimsel süreçlerin, TB'nin antioksidan özelliklerini nasıl etkilendiğini belirlenmesi,
2. TB'nin antioksidan fenolik bileşik yelpazesinin hangi doğal koşullar altında değiştiğini ortaya konulması,
3. Gelecekte, TB'nin kültür ve üretim çalışmaları için ekofizyolojik davranış özelliklerine ışık tutulması,
4. Yoğun antropojenik etkiye maruz kalmış TB popülasyonlarının günümüzde var olan restorasyon ve geliştirme çalışmalarına kaynak sağlanması olarak belirlenmiştir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Örnekleme İstasyonlarının Tespiti

İstasyon tespiti ön çalışmalarında Doğu Karadeniz bölgesi Trabzon kıyılarında 3-4 metre derinliğe kadar kayalık substratum özellik gösteren bölgeler dalış yapılarak taranmıştır. İstasyonların ön değerlendirmeye tabi tutulmasında, kayalık alanlarda, öncelikli olarak mümkün olduğu kadar farklı çevresel kategoriye yansıtabilecek örtü kompozisyonu baskınlık özelliği göz önüne alınarak belirlenmiştir. Ayrıca TB türünün deneysel çalışmalarda kullanılacak boyutlarda varlığı da dikkate alınmıştır. Daha sonra, yerinde araştırma yapılacak istasyonların gözle muayene değerlendirmesi, ortam makroalg örtü özellikleri Chlorophyceae + Rhodophyceae (Hassas türler) / Rhodophyceae + Phaeophyceae (Toleranslı türler) not alınarak 5 sınıfta değerlendirilmiştir.

İlk aşamayı geçen kalitatif özellikleri makrofit kompozisyonu göz önüne alınarak indeksleme ile istasyon parametreleri ölçülmüştür ve kategorize edilmiştir. İstasyonların çevre parametrelerinin esas tespitinde Tablo 3’de yer alan ekolojik durum sınıfları Avrupa Birliği Su Direktifleri kapsamında yer alan kıyısız alanlar için kullanımı olan makrofit kompozisyonu indeksi uygulanmıştır [78].

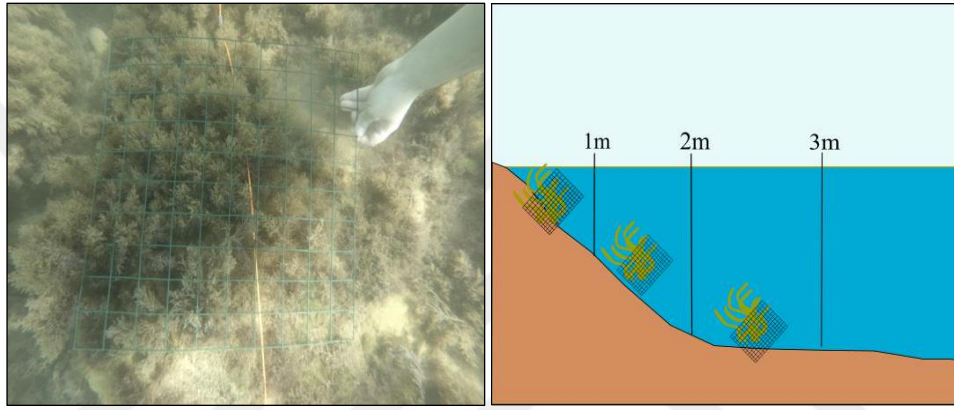
Tablo 3. Ekolojik durum sınıfları [79]

Biyomas Oranı (ESG1/ESG2)	Eİ	Ekolojik Durum Sınıfı
80-100% ESG1	7,8-10	Yüksek
60-80% ESG1	6-7,8	İyi
40-60% ESG1	4-6	Orta
0-40% ESG1	2-4	Kötü
0% ESG1	<2	Çok Kötü

İstasyonların ekolojik durumları için Ekolojik İndeks (Eİ) değerleri serbest dalış ile kayalık alanlardan ve 0-3 m arası derinlikten, alanı temsil edecek şekilde dar, Doğu Karadeniz kıyı sahası içinde derinliğin ve kıyı uzantısının el verdiği ölçüde (10x10 m alanda)

0-1, 1-2, 2-3 m derinlik aralıklarından yapılmıştır. Bu yöntemde ölçülecek alan kuadrat (çerçeve örtü skalası) 50x50 cm (2500 cm²) olarak uygulanmıştır [78].

Her bir derinlik aralığı için kıyıya paralel minimum 3 hat alınmıştır. Hatların analizlerinde derinlik gradyanları boyunca makroalg topluluklarının incelenmesi için tabakalı rastgele örnekleme yöntemi uygulanmıştır [80]. Her bir örnekleme istasyonunda incelenen kesitler boyunca, dalış yapılarak 3-6 rastgele kuadrat numunesi toplanmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Numunelerin toplanması

Sahada toplanan örnekler tür tayini yapıldıktan sonra biyokütleleri ağırlık (g) cinsinden alınmıştır ve tayin edilecek Hassas türler (ESGI) ve Toleranslı türler (ESGII) olarak sınıflandırılmıştır. Buna göre aşağıdaki hesaplamalar kullanılmıştır:

$$\text{ESGI (Hassas Tür Değeri)} = \text{ESGIA} * 1 + \text{ESGIB} * 0.8 + \text{ESGIC} * 0.6$$

$$\text{ESGII (Toleranslı Tür Değeri)} = \text{ESGIIA} * 0.6 + \text{ESGIIIB} * 0.8 + \text{ESGIIIC} * 1$$

EI Hesaplama

Eğer ESGI = 0, ESGII (A +B) = 0 ise

EI- çok kötü (0-1) = [ESGII Ca/ESGII] ile hesaplanır.

Eğer ESGI = 0, 0% > ESGII(A+B) ≤ 100% ise

EI- çok kötü (1-2) = $[(ESGIIA/(ESGIIA+ESGIIB+ESGIIC)) * 0.6 + (ESGIIB/(ESGIIA+ESGIIB+ESGIIC)) * 0.8] + 1$ 'le hesaplanır.

Eğer ESGI 0- 40% ise

EI kötü (2-4) = $[(ESGIA/(ESGI+ESGII)) * 1 + (ESGIB/(ESGI+ESGII)) * 0.8 + (ESGIC/(ESGI+ESGII)) * 0.6] * 5 + 2$ ile hesaplanır.

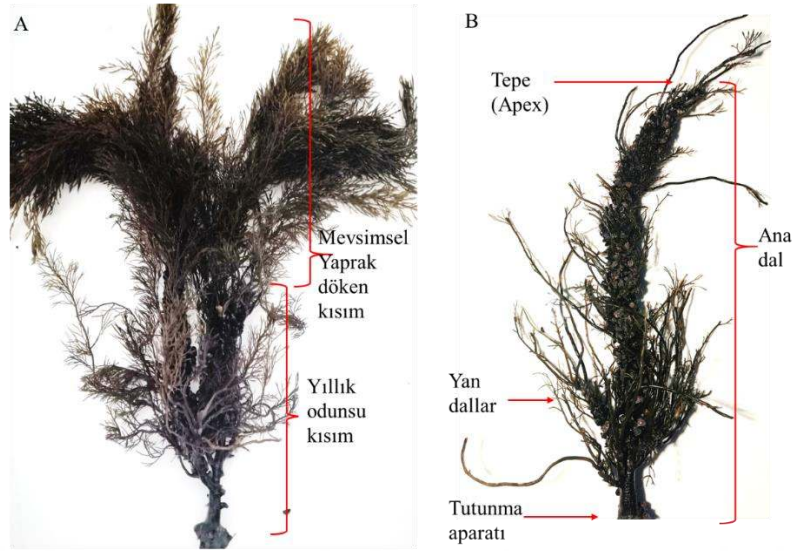
Eğer ESGI 40- 100% ise

EI çok iyi, iyi, orta (4-10) = $[(ESGIA/(ESGI+ESGII)) * 1 + (ESGIB/(ESGI+ESGII)) * 0.8 + (ESGIC/(ESGI+ESGII)) * 0.6] * 10$ ile hesaplanır [78].

2.2. Numunelerin Toplanması

Treptacantha barbata örneklemeleri belirlenmiş olan istasyonlarda mevsimsel periyotlarla olmak üzere şubat, mayıs, ağustos ve kasım aylarında gerçekleştirilmiştir. *Treptacantha barbata*'nın ontogenik (gelişimsel) özelliklerinin çevre ilişkisini azaltmak adına örnek seçimleri belli yaş aralığında tutulmaya çalışılmıştır. Bu amaçla yaş tahmini için Parchevski ve Parçuk (1979) tarafından geliştirilen regresif analiz yöntemi kullanılmıştır [81]. $T=0,132+0,352 Lm$ (burada Lm, TB'nin cm cinsinden ana gövdesinin uzunluğudur) (Şekil 2).

Yaş aralığı literatürde fenolik içeriğin maksimum olduğu $1 < T < 2$ olarak tutulmuştur. TB örnekleri her istasyondan üçer adet olacak şekilde belli yaş aralıklarında seçilmiştir ve tutundukları hepta kısımlarından iskarpela ve spatula (kazıyarak) yardımıyla çıkarılmıştır. Ardından deniz suyu ile mevcut epifitleri dikkatlice temizlenmiştir. TB'nin üzerinde bulunan olası kalıntılardan ve içerdiği tuzdan arındırmak için saf su ile yıkanmış ve kurutma için kâğıt havlularda bekletilerek fazla suyu uzaklaştırılmıştır. Ardından 42 °C'de sabit bir ağırlığa kadar kurutulmak üzere etüvde tutulmuştur [82].



Şekil 2. *Treptacantha barbata* morfolojisi [83]

2.3. Su Kalitesi Fiziksel Parametrelerinin Ölçümü

Treptacantha barbata örnekleri toplanmadan hemen önce her istasyonda 2 m derinlikten alınan deniz suyu numunelerinde fizikokimyasal parametreler (sıcaklık, pH, çözülmüş oksijen, elektriksel iletkenlik ve tuzluluk) Hach Lange HQ40D model su analiz seti (Şekil 10) ile elektrometrik olarak yerinde ölçülmüştür.

2.4. Antioksidan Madde Analizleri

2.4.1. Ekstraksiyon

Yaklaşık 2 g makroalg örneği 50 mL hacimli falkon tüplere alınarak 20 mL %99,9'luk metanol ilave edildikten sonra ağzı parafilmle ile sıkı şekilde kapatılarak çalkalayıcıda 24 saat 200 rpm'de inkübe edilmiştir. Ekstraktlar önce adi süzgeç kağıdından daha sonra mavi süzgeç kağıdından süzülerek antioksidan ve fenolik madde analizleri için karanlık ortamda 2-8 °C'de muhafaza altına alınmıştır.

2.4.2. Toplam Fenolik (TP) Madde Miktarı Tayini

Örneklerin TP analizleri, doğal ürünlerin fenolik içeriğinin ölçümü için yaygın olarak kullanılan Slinkard vd. (1977) metodu optimize edilerek yapılmıştır [84]. Buradaki prensipten hareketle fenolik madde konsatrasyonu, Folin-Ciocalteu indikatör reaktifinin, numunedeki fenolik madde konsantrasyonu ölçütünde bir dizi redoks tepkimesine sokulması ve reaksiyon sonucunda oluşan indirgenmiş formdaki mavi renkli kompleksin 760 nm'deki absorbansının kolorimetrik olarak ölçülmesi ile belirlenmiştir. Örneklerin TP değerleri gallik asit cinsinden hesaplanacağından, gallik asidin (0,5; 0,25; 0,125; 0,0625; 0,03125 ve 0,015625 mg/mL) farklı konsantrasyonları kullanılarak standart kalibrasyon eğrisi çizilmiştir. Burada bir tüpe her bir konsantrasyondaki gallik asit çözeltisi (20 µL), distile su (680 µL) ve 0,2 N Folin Reaktifi (400 µL) ilave edilerek vortekslenmiştir. Üç dakika inkübasyondan sonra 400 µL Na₂CO₃ (%10'luk) eklenerek 760 nm'de absorbans değerleri ölçülmüştür. Standart eğri grafiğinin elde edilmesinden sonra fenolik içeriği belirlenecek her bir örnek için aynı pipetlemeler yapılmıştır. Spektrofotometrede okunan absorbans değerleri kalibrasyon eğrisi vasıtasıyla seyreltme faktörleri de dikkate alınarak asıl numunenin mg GAE (Gallik asit eşdeğeri) / 100 g numune olarak fenolik madde miktarı bulunmuştur.

2.4.3. Toplam Flavonoid (TF) Madde Miktarı Tayini

Flavonoid madde miktarı kolorimetrik olarak belirlenirken Fukumoto ve Mazza (2000)'nın yaptıkları çalışma esas alınmıştır [85]. Burada absorbans değerleri hesaplanırken Toplam Fenolik (TP) analizlerinden farklı olarak normal körle birlikte renk körü de ek olarak kullanılmıştır. Standart madde olarak Kuersetin flavonolü kullanılmıştır. Kuersetinin farklı konsantrasyonlardaki çözeltileri kullanılarak (0,25; 0,125; 0,0625; 0,03125; 0,015625 mg/mL) absorbans değerleri okunmuş ve standart kalibrasyon grafiği oluşturulmuştur. Bu grafik kullanılarak makroalg ekstraktlarının toplam flavonoid madde miktarı bulunmuş, seyreltme faktörleri de hesaba katılarak mg QAE (Kuersetin eşdeğeri) / 100 g makroalg olarak ifade edilmiştir.

Çalışmadaki pipetleme işlemleri şu şekilde gerçekleştirilmiştir: Renk körü hariç tüm tüplere 0,1 mL (1 M) NH₄.CH₃COO ve 0,1 mL (%10'luk) Al(NO₃)₃ eklenmiştir. Yine flavonol içeren-içerebilecek madde (standart veya numune) kör hariç tüm tüplere 0,5 mL

eklenmiştir. Toplam hacim 5 mL olacak şekilde tüm tüpler metanol ile tamamlanmıştır. Ardından 40 dakika inkübe edilerek 415 nm’de renk körü ve normal köre göre karşı okumalar yapılmıştır.

2.4.4. Demir (III) İndirgeme Antioksidan Kapasite (FRAP) Tayini

Demir (III) İndirgeme Antioksidan Kapasite tayini yapılırken Benzie ve Strain, (1999)’nin çalışmaları esas alınmıştır [86]. Antioksidanların varlığında Fe^{+3} TPTZ (2,4,6-tris (2-piridil)-S-triazin) kompleksinin indirgenmesi sonucunda mavi renkli ve 593 nm’de maksimum absorbans veren Fe^{+2} -TPTZ kompleksi oluşmaktadır.

Demir (III) İndirgeme Antioksidan Kapasite tayinin gerçekleştirilmesi için aşağıdaki işlemler yapılmıştır.

- Kalibrasyon grafiği çizmek için farklı konsantrasyonlarda $FeSO_4.7H_2O$ ’un bir seri çözeltisi hazırlanmıştır (31,25- 62,5- 125- 250-500- 1000 μM).
- 100 μL numune veya $FeSO_4.7H_2O$ çözeltisi içeren tüplere 3 mL FRAP reaktifi [300 mM pH 3,6 asetat tamponu: 10 mM TPTZ: 20 mM $FeCl_3$ (10: 1: 1)] eklenmiştir.
- 4 dakika beklenerek 593 nm’de absorbanslar ölçülmüştür.

Elde edilen sonuçlar standart $FeSO_4.7H_2O$ ’la karşılaştırılmalı olarak bulunmuş ve μM $FeSO_4.7H_2O$ eşdeğeri antioksidan güç olarak ifade edilmiştir.

2.4.5. DPPH Radikal Temizleme Aktivitesi Tayini

Standart olarak kullanılan DPPH $\cdot$ radikali (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) metanolde çözülerek 100 μM ’lık çözeltisi hazırlanmıştır. Metanol ile hazırlanmış olan makroalg ekstraktları farklı konsantrasyonlarda olacak şekilde seyreltilerek bir seri çözelti elde edilmiştir. Daha sonra oda sıcaklığında 50 dakika inkübe edilmek üzere eşit hacimde (750 μL) numune ve DPPH $\cdot$ radikali karıştırılmıştır. Süre sonunda 517 nm’de absorbanslar okunmuş ve konsantrasyonlara karşı grafiğe geçirilerek SC_{50} (radikal miktarını yarıya indiren numune konsantrasyonu) değerleri hesaplanmıştır [87].

2.4.6. HPLC ile Fenolik Madde İçeriği ve Miktarı Tayini

2.4.6.1. Makroalg Ekstraktlarının Analizler İçin Hazırlanması

İçerisindeki fenolik bileşenlerin tayin edilebilmesi için, numuneler HPLC cihazına verilmeye uygun hale getirilmiştir. Bu işlem için öncelikle önceden hazırlanan 10 mL alkollü ekstraktların alkolü 40 °C’de evaporatör yardımı ile uçurulmuştur. Geriye kalan kısım 10 mL safsu ile (HCl ile pH’sı 2’ye ayarlanmış) çözünmüştür. Daha sonra ikişer defa (sırasıyla 10 mL ve 5 mL) dietileter ve etil asetat kullanılarak sıvı-sıvı ekstraksiyon işlemi yapılmıştır (oda sıcaklığında, 15 dk., 200 rpm). Ekstraksiyon işlemleri sonrasında elde edilen organik fazlar darası alınmış balona toplanmış ve çözücüsünün uzaklaştırılması için 40 °C’de evaporasyon yapılmıştır. İşlem sonrası balonlarda kalan kalıntı üzerine 2 mL metanol ilave edildikten sonra gözenek çapı 0,45 µm olan filtreden geçirilerek HPLC cihazına okunmak üzere hazır hale getirilmiştir [88].

2.4.6.2. RP-HPLC-PDA Analiz Koşulları

Çalışmamızda Shimadzu Corporation LC 20AT HPLC sistemi ve Kara vd. tarafından validasyonu yapılan [89] ve geliştirilen metot kullanılmıştır [88]. Analiz için gradient program uygulanmıştır (Tablo 4). Hareketli faz olarak asetonitril, asetik asit ve ultra saf su, sabit faz olarak ise ters faz C18 (250 mm x4.6 mm, 5µm; GL Sciences) kolonu kullanılmıştır. A rezervuarına %70-30 asetonitril-ultra saf su, B rezervuarına ise %2 asetik asitli ultra saf su konulmuş çalışmanın optimizasyonu için kolon fırınının sıcaklığı 30 °C, enjeksiyon hacmi 20 µl ve mobil akış hızı 1,0 ml/dk olarak ayarlanmıştır [88].

Tablo 4. HPLC-PDA gradient programı

Zaman (dk)	A (%70-30 asetonitril-ultra saf su)	B (%2 asetik asitli ultra saf su)
3	5	95
8	15	85
10	21	79

Tablo 4'ün devamı

Zaman (dk)	A (%70-30 asetonyitril-ultra saf su)	B (%2 asetik asitli ultra saf su)
20	52	48
35	67	33
50	90	10
50,01	5	95
60	5	95

2.4.6.3. Kullanılan Standart Fenolik Maddeler

RP-HPLC-PDA cihazı ile tek seferde 4 farklı dalga boyunda 25 farklı fenolik madde tayini yapılmıştır. 250 nm dalga boyunda; m-OH benzoik, p-OH benzoik asit, ellagik asit, daidzein, rutin ve protokatekuik asit, 280 nm dalga boyunda; t-sinamik asit, pinosebrin, hesperetin, şiringik asit, krisin, epikateşin ve galik asit, 320 nm dalga boyunda; CAPE, apigenin, resveratrol, p-kumarik asit, kafeik asit, klorojenik asit ve ferulik asit ve 360 nm dalga boyunda; luteolin, kurkumin, kuersetin, ramnetin, myrisetin standart maddeleri çalışılmıştır [88].

Örneklere ait fenolik içerik analizinin değerlendirilmesinde hem alıkonma zamanları hem de PDA (Fotodiyot Array) Dedektörü ile her bir standardın spektrumları karşılaştırılmıştır. Bu sayede daha kesin sonuçlar elde edilmiştir.

2.5. Verilerin Değerlendirilmesi ve İstatistiksel Analizler

Antioksidan ve fizikokimyasal parametrelerin mevsim ve ekolojik durum özellikleri göz önüne alınarak kendi içinde farklılıklar gösterip göstermediği ANOVA testi uygulanarak belirlenmiştir. ANOVA testi yapılmadan önce normal dağılım özelliklerine aykırı değerleri kaldırmak için verilerin ($\log + 1$) dönüşümü uygulanmıştır. Ayrıca homojenlik göstermeyen varyans parametreleri için bir nonparametrik test olan Dunn testi kullanılmıştır. Benzer şekilde herhangi iki antioksidan ve fizikokimyasal parametre arasındaki pozitif veya negatif ilişkiyi değerlendirmek için normal dağılım özelliği göstermeyen veriler için $\log+1$ dönüşümü yapılarak Pearson korelasyon analizi uygulanmıştır. İstasyon ve mevsimler

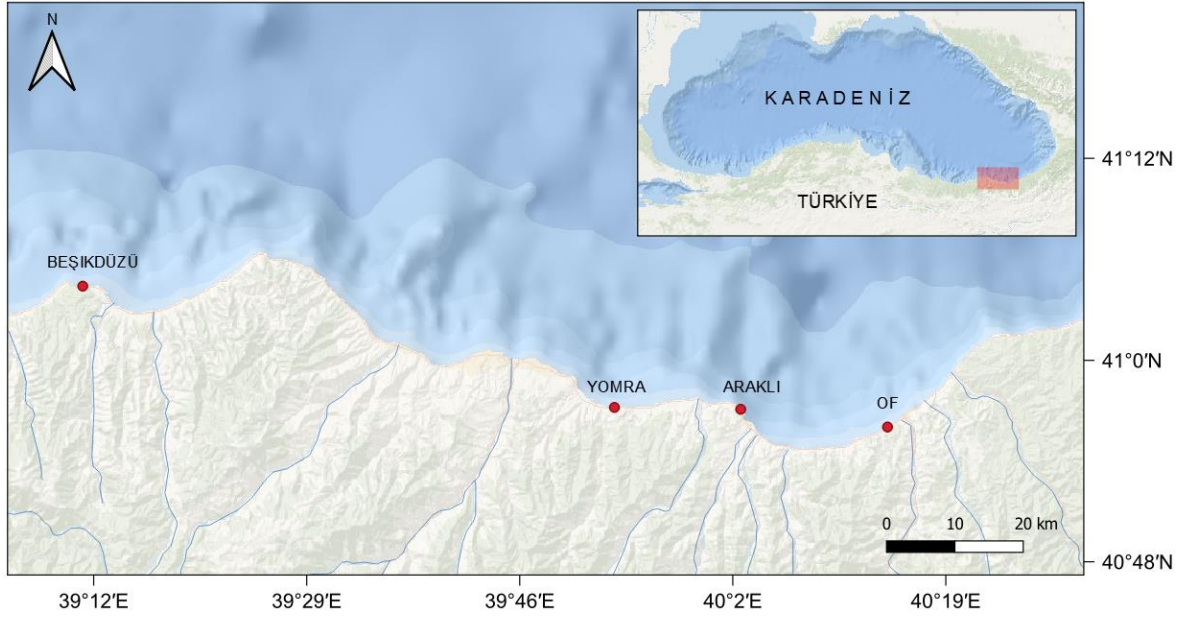
arasındaki kümelenme yapılarını belirlemek için temel bileşen analizi (PCA) ve dendrogram analizleri (HKA) R istatistik yazılımı ile (v. 4.2.1) kullanılmıştır. R’da uygulanan tüm analizler için “factoextra”, “FactoMineR”, “FSA”, “ggplot2”, “ggpubr”, “PerformanceAnalytics”, “rcompanion”, “rstatix” ve “tidyverse” paketlerini kullanılmıştır. Tüm parametrelerin tanımlayıcı istatistik değerleri Excel 2011 paket programı kullanılarak belirlenmiştir.



3. BULGULAR

3.1. İstasyonların Ekolojik Sınıf Değerlendirme Sonuçları

İstasyonların nihai değerlendirilmesi amacıyla makro alg tür kompozisyonları ve mevcut türlerin % yaş ağırlık oranları dikkate alınmış ve hassas türler bakımından ekolojik sınıfları aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 5). İstasyon sınıfları, ulaşım yakınlığı ve örnekleme kolaylığı bakımından incelenerek mevcut tüm sınıfları barındıracak şekilde; St1 (Sürmene), St2 (Araklı), St3 (Yomra), St4 (Beşikdüzü) olarak belirlenmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Örnekleme istasyonları

Tablo 5. İstasyon tür kompozisyonları ve ekolojik sınıf değerlendirmesi

Türler (ESG Sınıfı)	İstasyonların Ağırlıkça Tür Yüzdesi									
	T0 (%)	T1 (%)	T2 (%)	T3 (%)	T4 (%)	T5 (%)	T6 (%)	T7 (%)	T8 (%)	T9 (%)
<i>Treptacantha barbata</i> (IB)	18,62	14,12	14,94	33,60	36,66	39,90	65,82	43,45	10,68	48,14
<i>Antithamnion cruciatum</i> (IIB)			2,49							
<i>Callithamnion corymbosum</i> (IIB)			1,66							
<i>Ceramium rubrum</i> (IIB)				4,80	7,72		6,77	2,37	3,56	
<i>Ceramium virgatum</i> (IIB)				16,32		9,50	2,90	6,32	2,67	9,96
<i>Chaetomorpha aerea</i> (IIC)								0,39		
<i>Cladophora albida</i> (IIC)			26,56	6,72	0,94	4,75	9,58			
<i>Corallina elongata</i> (IC)	0,39	2,15		5,72	1,88	1,90			1,78	1,00
<i>Corallina officinalis</i> (IC)									1,78	
<i>Cystoseira crinita</i> (IA)	70,56	76,02		23,04	6,58	17,10	9,68	13,43	65,86	7,47
<i>Ectocarpus siliculosus</i> (IIB)										0,83
<i>Haliptilon virgatum</i> (IC)			4,15		5,64	3,80	2,90	17,38	2,67	
<i>Halopteris scoparia</i> (IIA)		4,70			2,82	11,40	3,87	4,74		0,42
<i>Hypnea musciformis</i> (IIA)								0,77		
<i>Jania rubens</i> (IC)	5,88	1,30					1,16		8,01	4,21
<i>Pterocladia capillacea</i> (IIA)	0,69	1,71	3,32		13,16	1,90				
<i>Ulothrix flacca</i> (IIC)										0,81
<i>Ulva intestinalis</i> (IIC)			4,98	1,92						
<i>Ulva linza</i> (IIC)			4,15	2,88	3,76		4,84	10,27	3,11	6,81
<i>Ulva rigida</i> (IIC)			6,64	4,80	20,68	4,75	1,35	0,79	1,34	9,96
<i>Womersleyella setacea</i> (IIB)										1,08
Ekolojik Durum Sınıfları	Yüksek	Yüksek	Kötü	İyi	Orta	İyi	İyi	İyi	Yüksek	İyi
EI	9,953 (1.)	9,333	3,347 (4.)	6,710	5,892 (3.)	6,627	7,407	7,509	9,066	6,712 (2.)

3.2. Deniz Suyu Fizikokimyasal Parametreleri

Bu çalışmada ortalama deniz suyu sıcaklığı $17,4 \pm 5,96$ °C olarak belirlenmiş olup sıcaklık değerlerinin 8,9- 24,9 °C aralığında değiştiği tespit edilmiştir. En düşük sıcaklık kış mevsiminde St4 istasyonunda 8,9 °C iken en yüksek sıcaklık değeri ise yaz mevsiminde St2 istasyonunda 24,9 °C olarak ölçülmüştür.

Ortalama deniz suyu elektriksel iletkenlik $25,3556 \pm 3,1790$ °C olarak belirlenmiş olup iletkenlik değerlerinin 20,94- 31 µS/cm aralığında değiştiği tespit edilmiştir. Deniz suyu elektriksel iletkenlik değerlerinin en küçük değeri kış mevsimi St4 istasyonunda 20,94

$\mu\text{S/cm}$ olarak ölçülmüştür. İstasyonların en yüksek iletkenlik değeri ise ilk bahar mevsimi St3 istasyonunda $31 \mu\text{S/cm}$ olarak tespit edilmiştir.

Ortalama deniz suyu çözünmüş oksijen $10.93 \pm 1.39 \text{ mg/L } ^\circ\text{C}$ olarak belirlenmiş olup iletkenlik değerlerinin $8.62 - 13.11 \text{ mg/L}$ aralığında değiştiği tespit edilmiştir. Örnekleme istasyonlarındaki deniz suyu çözünmüş oksijen değerlerinin en küçük değeri yaz mevsimi St3 istasyonunda 8.62 mg/L olarak ölçülmüştür. İstasyonların en yüksek çözünmüş oksijen değeri ise kış mevsimi St1 istasyonunda 13.11 mg/L olarak tespit edilmiştir.

Ortalama deniz suyu tuzluluk $\%18.43 \pm 0.31$ olarak belirlenmiş olup tuzluluk değerlerinin $\%17.66 - \%18.92$ aralığında değiştiği tespit edilmiştir en küçük değeri ilk bahar mevsimi St3 istasyonunda $\%17.66$ olarak ölçülmüştür. İstasyonların en yüksek tuzluluk değeri ise kış mevsimi St1 istasyonunda $\%18.92$ olarak tespit edilmiştir.

Ortalama deniz suyu pH 8.25 ± 0.16 olarak belirlenmiş olup tuzluluk değerlerinin $7.82 - 8.46$ aralığında değiştiği tespit edilmiştir. Örnekleme istasyonlarındaki deniz suyu pH değerlerinin en küçük değeri kış mevsimi St4 istasyonunda 7.82 olarak ölçülmüştür. İstasyonların en yüksek tuzluluk değeri ise ilkbahar mevsimi St1 istasyonunda 8.46 olarak tespit edilmiştir. Ayrıca tüm istasyon ve mevsimler için ortalama deniz suyu fizikokimyasal parametreleri Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Mevsim ve istasyonlar için fizikokimyasal parametre sonuçları

Mevsimler	İstasyon Kodu	Oksijen (mg/L)	Tuzluluk (‰)	İletkenlik (µS/cm)	Sıcaklık (C°)	pH
İlkbahar	St1	12,97±0,06	17,76±0,02	26,37±0,06	20,73±0,06	8,39±0,08
	St2	10,83 ±0,10	18,36±0,06	26,50±0,00	19,57±0,12	8,23±0,06
	St3	12,00±0,11	18,15±0,46	29,97±1,62	24,47±0,40	7,99±0,08
	St4	11,95±0,21	18,65±0,15	26,93±0,12	19,67±0,15	8,33±0,05
Mevsim Ortalaması	-	11,94±0,80	18,23±0,40	27,44±1,69	21,11±2,09	8,24±0,17
Yaz	St1	8,74±0,03	18,49±0,02	29,43±0,06	24,33±0,06	8,14±0,04
	St2	8,81±0,01	18,39±0,04	29,50±0,00	24,63±0,12	8,25±0,06
	St3	8,62±0,01	17,94±0,01	28,90±0,00	24,77±0,06	8,23±0,03
	St4	9,64±0,04	18,45±0,02	27,40±3,03	23,93±0,06	8,39±0,02
Mevsim Ortalaması	-	8,96±0,42	18,32±0,23	28,81±1,57	24,42±0,34	8,25±0,10
Sonbahar	St1	11,40±0,03	18,39±0,05	24,17±0,06	15,37±0,06	8,31±0,04
	St2	10,35±0,16	18,54±0,01	23,90±0,00	14,70±0,17	8,25±0,05
	St3	10,77±0,02	18,35±0,01	23,80±0,00	14,77±0,06	8,37±0,03
	St4	10,46±0,01	18,47±0,02	23,33±0,06	14,23±0,12	7,84±0,03
Mevsim Ortalaması	-	10,75±0,43	18,44±0,08	23,80±0,32	14,77±0,43	8,19±0,22

Tablo 6'nın devamı

Mevsimler	İstasyon Kodu	Oksijen (mg/L)	Tuzluluk (‰)	İletkenlik (μS/cm)	Sıcaklık (C°)	pH
Kış	St1	13,10±0,02	18,92±0,02	21,70±0,01	9,77±0,15	8,42±0,03
	St2	11,80±0,01	18,66±0,03	21,33±0,01	9,43±0,21	8,30±0,01
	St3	11,83±0,11	18,86±0,01	21,51±0,02	9,13±0,12	8,35±0,00
	St4	11,70±0,14	18,64±0,05	20,95±0,01	9,00±0,10	8,16±0,09
Mevsim Ortalaması	-	12,11±0,60	18,76±0,12	21,37±0,29	9,33±0,33	8,31±0,11
İstasyon Ortalamaları	St1	10,79±1,48	18,44±0,31	24,79±3,17	16,52±6,20	8,26±0,15
	St2	10,64±1,35	18,35±0,28	26,27±2,81	19,28±4,98	8,23±0,16
	St3	10,70±1,37	18,39±0,31	25,43±3,34	17,65±6,21	8,23±0,16
	St4	10,71±1,38	18,38±0,29	25,84±3,15	18,46±5,70	8,23±0,16

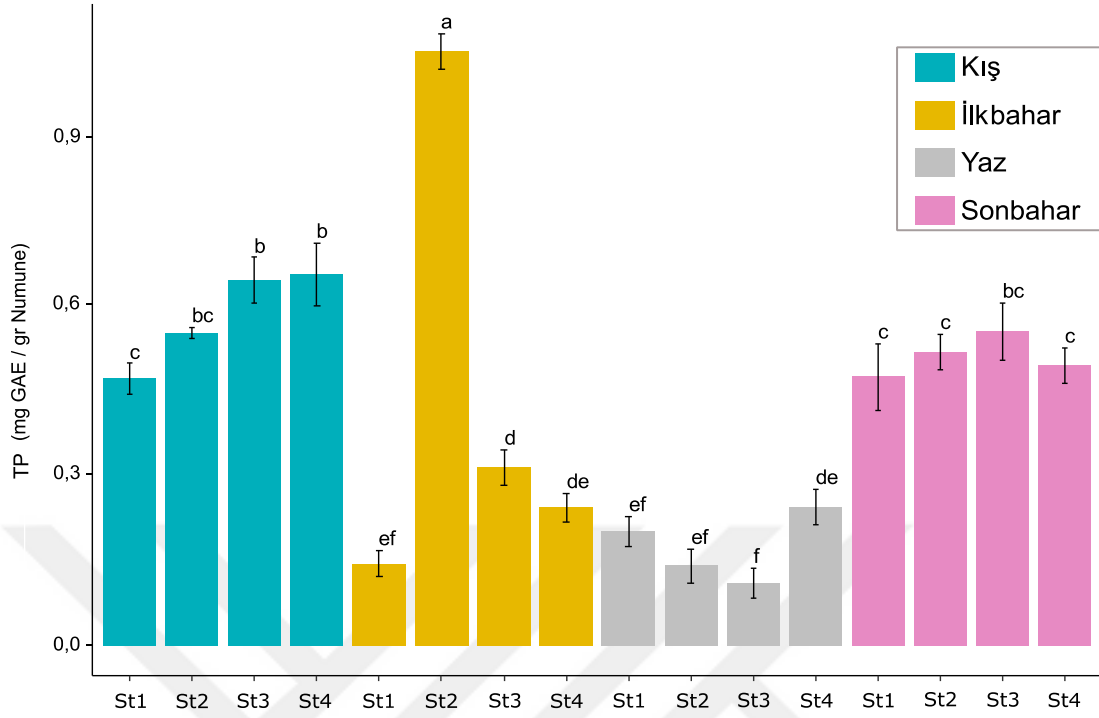
3.3. Antioksidan Madde Düzeyleri

3.3.1. Toplam Fenolik (TP) Madde Düzeyleri

TP Tayini çalışmalarında numune toplam fenolik bileşik konsantrasyonu gallik asit eş değeri olarak standart kalibrasyon grafiği kullanılarak hesaplanmıştır. Kalibrasyon çalışma eğrisi içerisine girmesi adına gerekli seyreltme faktörleri ile seyreltilen numuneler üzerinden fenolik madde miktarları seyreltme faktörleri hesaba katılarak sonuçlar gram örnek başına mg gallik asit eşdeğeri (mg GAE / g numune) olarak verilmiştir (Lineer Kalibrasyon Eğrisi R²:0,96- ie R²: 0,98 arasında değişim göstermiştir (p<0,05).

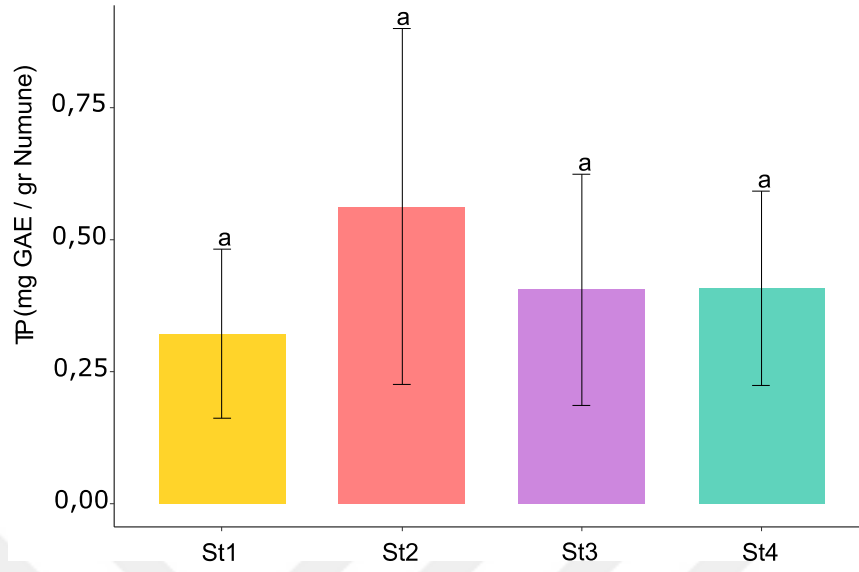
TP tayini çalışmaları sonucu gallik asit cinsinden gücünün en düşük konsantrasyonu yaz döneminde St3 istasyonunda 0,0946 mg/g olarak tespit edilmiştir. En yüksek TP konsantrasyonu ise ilkbahar döneminde St2 istasyonunda 1,0754 mg/g olarak belirlenmiştir. Tayin gücünün ortalama konsantrasyonu $0,4250 \pm 0,2443$ mg/g olarak bulunmuştur.

Mevsim ve istasyon farkı gözetmeksizin numunelerin gallik asit cinsinden TP değerlerinin değişim gösterip göstermediğini gözlemlenmek amacıyla gruplar arasında tek yönlü varyans analizi (ANOVA testi) uygulanmıştır. Şekil 4'te görüldüğü üzere numunelerin TP tayini değerlerinin arasında istatistiksel olarak önemli farklar bulunmuştur.



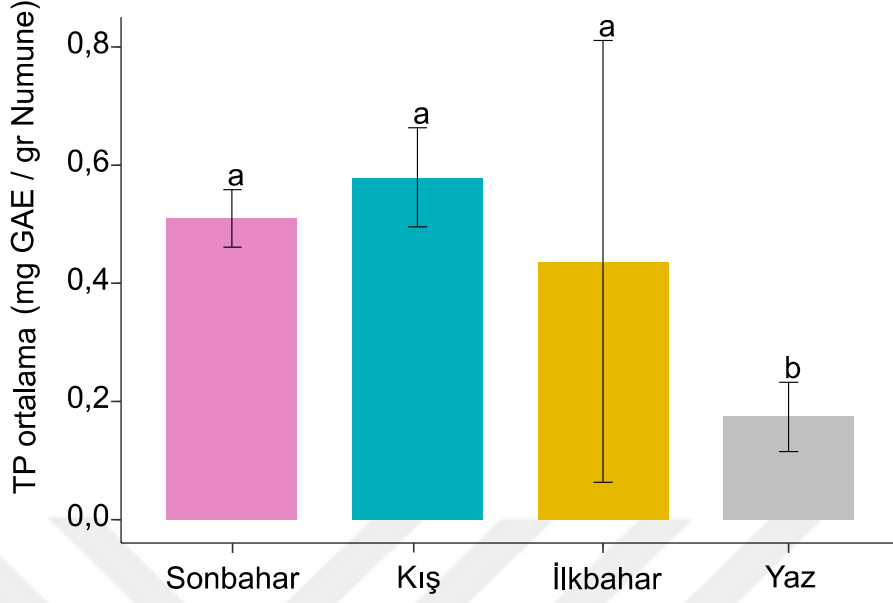
Şekil 4. Mevsim ve istasyon arasındaki TP gücü konsantrasyonunun değerlerinin varyans analizi. Aynı küçük harflerle gösterilen değerlerin arasında fark yoktur. Ortalamalarının varyans analizi Duncan testine göre ($p < 0,05$) yapılmıştır.

İstasyonlar arasında mevsim gözetmeksizin numune TP tayini değerlerinin değişim gösterip göstermediğini gözlemlenmek amacıyla Şekil 5'te gruplar arasında yapılan tek yönlü varyans analizi sonucu istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır.



Şekil 5. İstasyonlar arasındaki TP gücü konsantrasyonunun varyans analizi. Aynı küçük harflerle gösterilen değerlerin arasında fark yoktur. Ortalamalarının varyans analizi Duncan testine göre ($p < 0,05$) yapılmıştır.

Mevsimler arasında istasyon gözetmeksizin numune TP tayini değerlerinin değişim gösterip göstermediğini gözlemlenmek amacıyla Şekil 6'da gruplar arasında yapılan tek yönlü varyans analizi sonucu istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmuştur.



Şekil 6. Mevsimler arasındaki TP gücü konsantrasyonunun varyans analizi. Aynı küçük harflerle gösterilen değerlerin arasında fark yoktur. Ortalamalarının varyans analizi Duncan testine göre ($p < 0,05$) yapılmıştır.

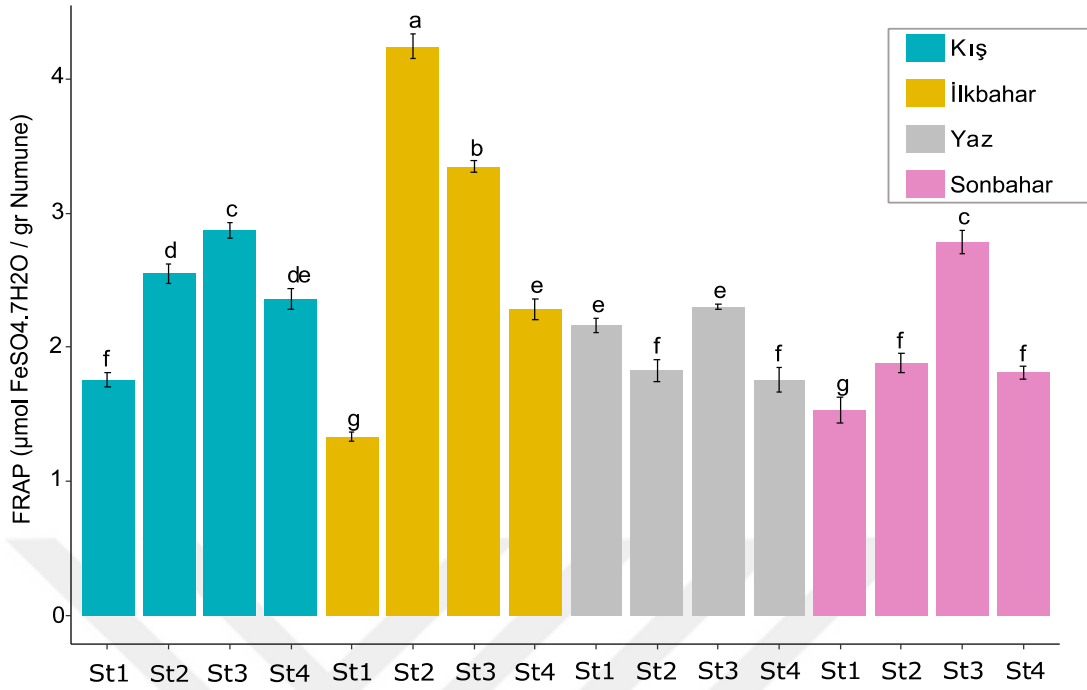
3.3.2. Flavonoid Madde Düzeyleri

Numunelerin flavonoid tayini, Toplam fenolik (TP) analizlerinden farklı olarak normal körle birlikte renk körü de ek olarak kullanılmıştır. Standart madde olarak kuarsetin flavanolü kullanılmıştır. Çalışmada numune başına kuarsetin eşdeğeri (mg QE/g Numune) olarak verilmiştir. (Lineer Kalibrasyon Eğrisi R^2 değerleri :0,95-0,99 arasında değişim göstermiştir ($p < 0,05$)). Numuneler üzerinde yapılan flavonoid madde tayini çalışmaları sonucu kuarsetin cinsinden gücünün en düşük konsantrasyonunu birçok istasyonda ve mevsimde tespit edilememiştir. Tayin gücünün en yüksek konsantrasyonu ise sonbahar döneminde St3 istasyonunda 0,03449 olarak gözlenmiştir. Analizin tayin gücünün Ortalama konsantrasyonu 0,00471 $\mu\text{mol/g}$ olarak tespit edilmiştir. Mevsim ve istasyon farkı gözetmeksizin numune değerlerinin değişim gösterip göstermediğini gözlemlenmek amacıyla gruplar arasında tek yönlü varyans analizi yapılamamıştır.

3.3.3. Demir (III) İndirgeme Antioksidan Kapasite (FRAP) Düzeyleri

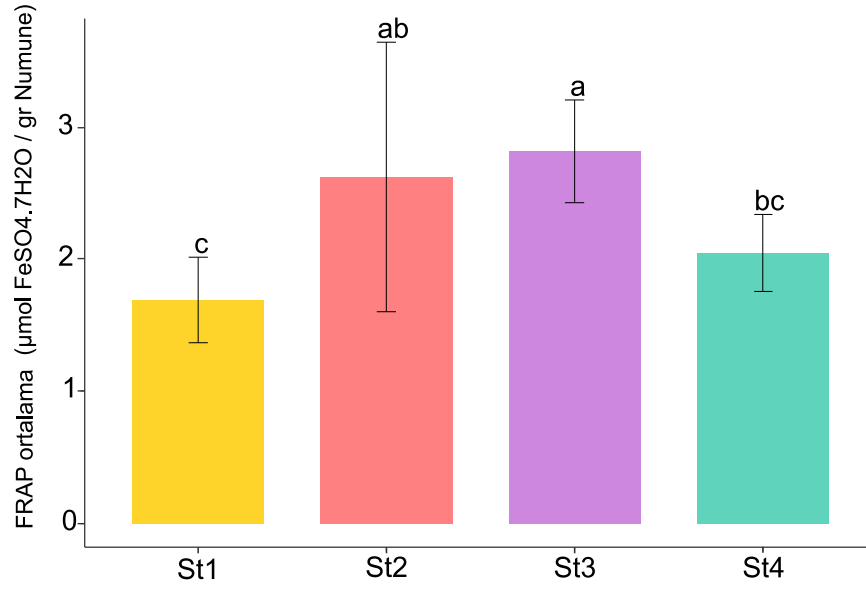
Numunelerin FRAP tayini için standart kalibrasyon grafiği $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ kullanılarak elde edilmiştir. Kalibrasyon çalışma eğrisi içerisine girmesi adına gerekli seyreltme faktörleri ile seyreltilen numuneler üzerinden konsantrasyon ve madde miktarları seyreltme faktörleri hesaba katılarak sonuçlar örnek başına $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ eşdeğeri ($\mu\text{mol FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} / \text{g Numune}$) olarak verilmiştir (Lineer Kalibrasyon Eğrisi R^2 değerleri: 0,95-0,99 arasında değişim göstermiştir ($p < 0,05$)).

Numuneler üzerinde yapılan FRAP tayini çalışmaları sonucu $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ cinsinden gücünün en düşük konsantrasyonu ilkbahar döneminde St1 istasyonunda $1,3000 \mu\text{mol/g}$ olarak gözlenmiştir. FRAP Tayini gücünün en yüksek konsantrasyonu ise yine ilkbahar döneminde St2 istasyonunda $4,3534 \mu\text{mol/g}$ olarak gözlenmiştir. Analizin tayin gücünün ortalama konsantrasyonu $2,2997 \pm 0,7307 \mu\text{mol/g}$ olarak tespit edilmiştir. Mevsim ve istasyon farkı gözetmeksizin numunelerin $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ cinsinden güç değerlerinin değişim gösterip göstermediğini gözlemlenmek amacıyla gruplar arasında tek yönlü varyans analizi (ANOVA testi) uygulanmıştır. Şekil 7’de görüldüğü üzere numunelerin FRAP tayini değerlerinin arasında istatistiksel olarak önemli farklar bulunmuştur.



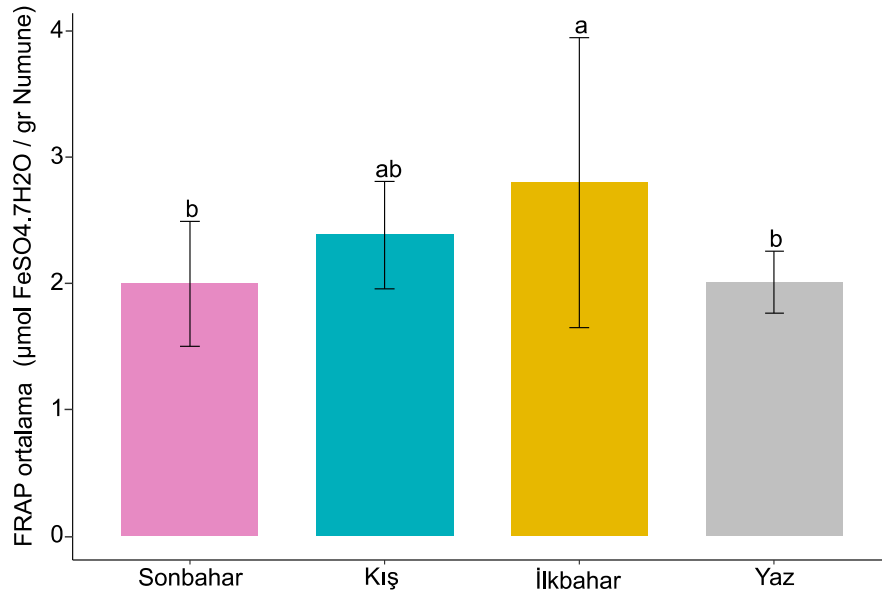
Şekil 7. Mevsim ve istasyon arasındaki FRAP gücü konsantrasyonunun değerlerinin varyans analizi. Aynı küçük harflerle gösterilen değerlerin arasında fark yoktur. Ortalamalarının varyans analizi Duncan testine göre ($p < 0,05$) yapılmıştır.

İstasyonlar arasında mevsim gözetmeksizin numune FRAP tayini değerlerinin değişim gösterip göstermediğini gözlemlenmek amacıyla Şekil 8’de gruplar arasında yapılan tek yönlü varyans analizi sonucu istatistiksel olarak önemli farklar bulunmuştur.



Şekil 8. İstasyonlar arasındaki FRAP gücü konsantrasyonunun varyans analizi. Aynı küçük harflerle gösterilen değerlerin arasında fark yoktur. Ortalamalarının varyans analizi Duncan testine göre ($p < 0,05$) yapılmıştır.

Mevsimler arasında istasyon gözetmeksizin numune FRAP tayini değerlerinin değişim gösterip göstermediğini gözlemlenmek amacıyla Şekil 9'da gruplar arasında yapılan tek yönlü varyans analizi sonucu istatistiksel olarak önemli farklar bulunmuştur.



Şekil 9. Mevsimler arasındaki FRAP gücü konsantrasyonunun varyans analizi sonuçları kutu grafiği. Aynı küçük harflerle gösterilen değerlerin ortalamalarının varyans analizi Duncan testine göre ($p < 0,05$) yapılmıştır.

3.3.4. DPPH Düzeyleri

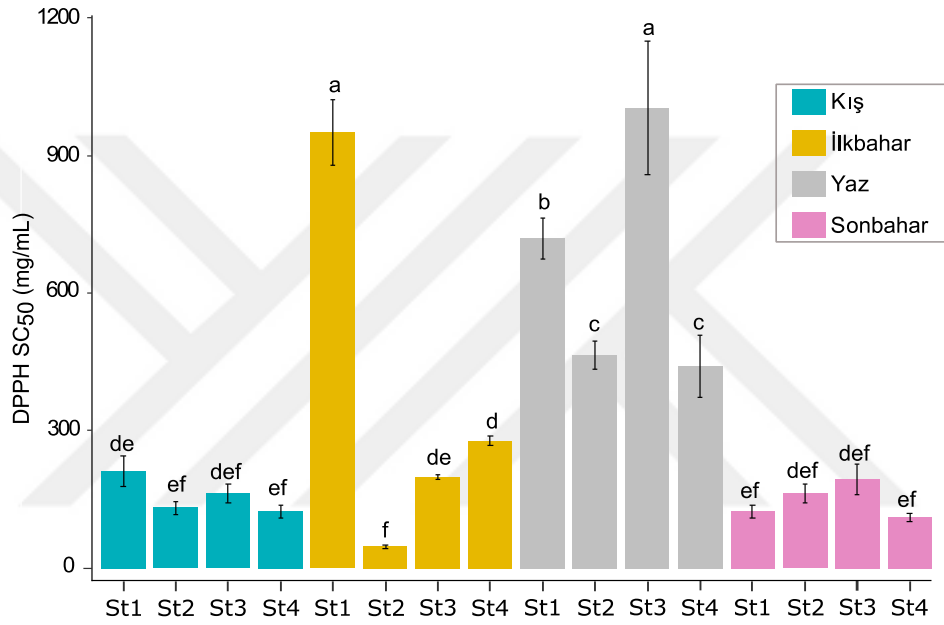
2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) radikaline karşılık SC_{50} antioksidan değerinin bulunabilmesi için her numunenin 6 farklı konsantrasyonundaki oksidan değerleri, absorbansa karşılık ölçülmüştür. Numunelerin radikal temizleme gücü, konsantrasyon-absorbans grafiği oluşturularak bulunmuştur. [88].

Grafikteki maksimum absorbansın yarısına denk gelen konsantrasyon, radikalın %50'sini temizleyecek madde miktarları mg/mL olarak verilmiştir. Numunenin SC_{50} değeri ne kadar küçükse radikal temizleme gücü o kadar yüksektir. Çalışmaya göre, Üssel Kalibrasyon Eğrisi R^2 değerleri: 0,96-0,99 aralığındadır ($p < 0,05$).

Numuneler üzerinde yapılan çalışmaların sonucu en düşük SC_{50} değeri ilkbahar döneminde St2 istasyonunda 43,3125 mg/mL olarak gözlenirken, en yüksek SC_{50} değeri yaz döneminde St3 istasyonunda 1155 mg/mL olarak gözlenmiştir. Ortalama SC_{50} değeri ise $332 \pm 299,62$ mg/mL olarak bulunmuştur.

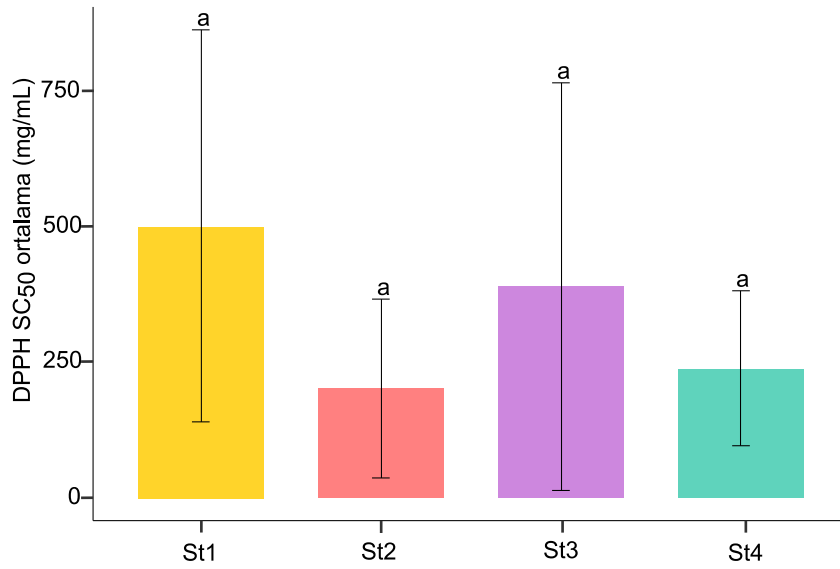
Mevsim ve istasyon farkı gözetmeksizin numunelerin DPPH SC₅₀ değerlerinin değişim gösterip göstermediği, gruplar arasında tek yönlü varyans analizi (ANOVA testi) ile değerlendirilmiştir.

Normal dağılım şartını sağlamayan veriler için Log+1 transformasyonu uygulanmıştır. Numunelerin DPPH SC₅₀ değerlerinin arasında istatistiksel olarak önemli farklar bulunmuştur (Şekil 10).



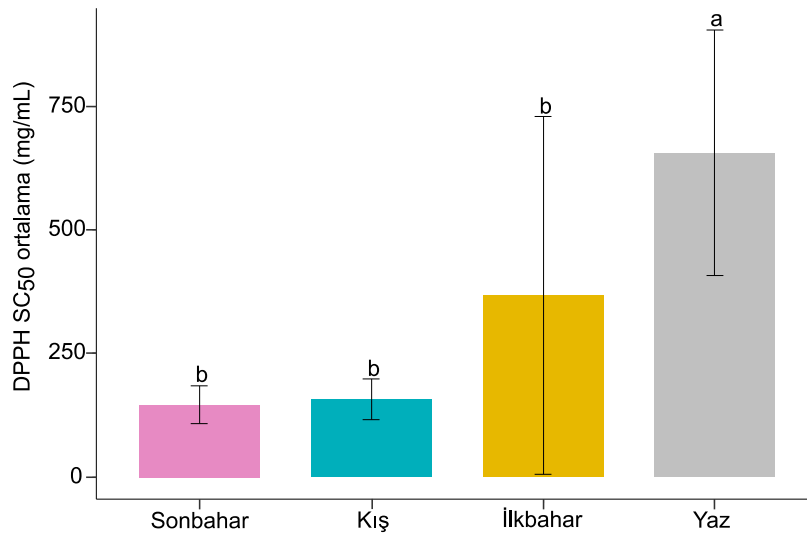
Şekil 10: Mevsimsel ve istasyonlara bağlı olarak DPPH SC₅₀ değerlerinin varyans analizi. Aynı küçük harflerle gösterilen değerlerin arasında fark yoktur. Ortalamalarının varyans analizi Duncan testine göre ($p < 0,05$) yapılmıştır.

İstasyonlar arasında mevsim farkı gözetmeksizin numunelerdeki DPPH SC₅₀ değerlerinin değişim gösterip göstermediği gruplar arasında yapılan tek yönlü varyans analizi ile belirlenmiş ve istatistiksel olarak önemli bir fark bulunamamıştır (Şekil 10).



Şekil 11. İstasyonlar arasındaki DPPH SC₅₀ değerlerinin varyans analizi. Aynı küçük harflerle gösterilen değerlerin arasında fark yoktur. Ortalamalarının varyans analizi Duncan testine göre ($p < 0,05$) yapılmıştır.

Mevsimler arasında istasyon farkı gözetmeksizin numunelerdeki DPPH SC₅₀ değerlerinin değişim gösterip göstermediğini gruplar arasında yapılan tek yönlü varyans analizi ile ifade edilmiştir (Şekil 12). Sonuçlar arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmuştur ($p < 0,05$).



Şekil 12. Mevsimler arasındaki DPPH SC₅₀ değerlerinin varyans analizi sonuçları kutu grafiği. Aynı küçük harflerle gösterilen değerlerin arasında fark yoktur. Ortalamalarının varyans analizi Duncan testine göre ($p < 0,05$) yapılmıştır.

3.4. Fenolik Madde Düzeyleri

Dört farklı mevsim ve dört ayrı istasyonda 16 farklı ekolojik durum için numunelerde RP-HPLC-PDA ile 25 farklı standart fenolik madde içeriği analiz edilmiştir. Araştırılan 25 fenolik standarttan tayin sınırı üzerinde olduğu belirlenen 5 fenolik maddenin düzeyleri Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7. Numune fenolik madde içerikleri

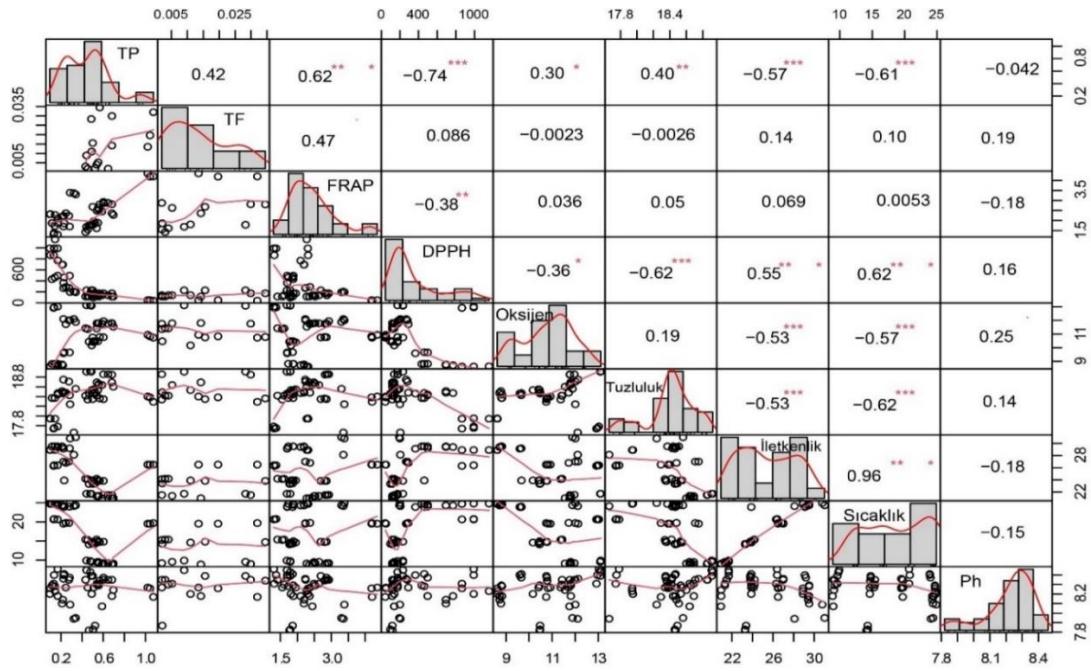
İstasyon	Mevsim	Standart Fenolik Maddeler				
		Gallik Asit	p-OH Benzoik Asit	p-Kumarik Asit	Krisin	Pinosembrin
St1	İlkbahar	T.E.	0,77	T.E.	0,34	T.E.
	Yaz	T.E.	T.E.	T.E.	1,24	0,51
	Sonbahar	T.E.	T.E.	T.E.	2,65	1,62
	Kış	T.E.	T.E.	T.E.	1,88	0,93
St2	İlkbahar	2,43	T.E.	T.E.	2,38	1,6
	Yaz	1,37	T.E.	T.E.	0,41	T.E.
	Sonbahar	2,02	T.E.	T.E.	3,86	T.E.
	Kış	2,22	T.E.	T.E.	3,29	2,08
St3	İlkbahar	T.E.	T.E.	1,42	2,35	0,98
	Yaz	T.E.	T.E.	T.E.	0,97	0,61
	Sonbahar	T.E.	T.E.	T.E.	9,57	T.E.
	Kış	T.E.	T.E.	T.E.	4,45	2,46
St4	İlkbahar	T.E.	T.E.	2,64	T.E.	T.E.
	Yaz	1,15	T.E.	T.E.	1,15	0,47
	Sonbahar	T.E.	2,95	T.E.	3,39	1,58
	Kış	T.E.	T.E.	T.E.	2,71	1,72

TE: Tayin edilemedi

3.5. Korelasyon Analizleri

Numunelerin antioksidan düzeyleri ve deniz suyu kalite parametrelerini içeren veriler ile yapılan Pearson korelasyon analizleri sonucu toplamda 19 çift parametre (örneğin; TP ile FRAP, DPPH, iletkenlik, sıcaklık) arasında anlamlı düzeyde ilişki tespit edilmiştir. 13 çift parametre arasında 4’ü pozitif (DPPH ile sıcaklık ve iletkenlik; TP ile FRAP, iletkenlik ile sıcaklık aralarında) ve 8’i negatif yönde (sıcaklık ile tuzluluk, oksijen ve TP; iletkenlik ile oksijen, tuzluluk ve TP; DPPH ile tuzluluk ve TP aralarında) olmak üzere çok yüksek düzeyde ($p < 0, 0.001$) anlamlı fark tespiti yapılmıştır. 2 çift parametre arasında 1’i pozitif

(TP ile tuzluluk arasında) ve 1'i negatif (FRAP ile DPPH arasında) yönde olmak üzere yüksek düzeyde ($p < 0.01$) anlamlı fark tespiti yapılmıştır. 3 çift parametre arasında 2'si pozitif (oksijen ile pH ve TP aralarında) ve 1'i (DPPH ile oksijen arasında) negatif yönde olmak üzere istatistiksel olarak anlamlı düzeyde ($p < 0.05$) fark tespit edilmiştir (Şekil 13).

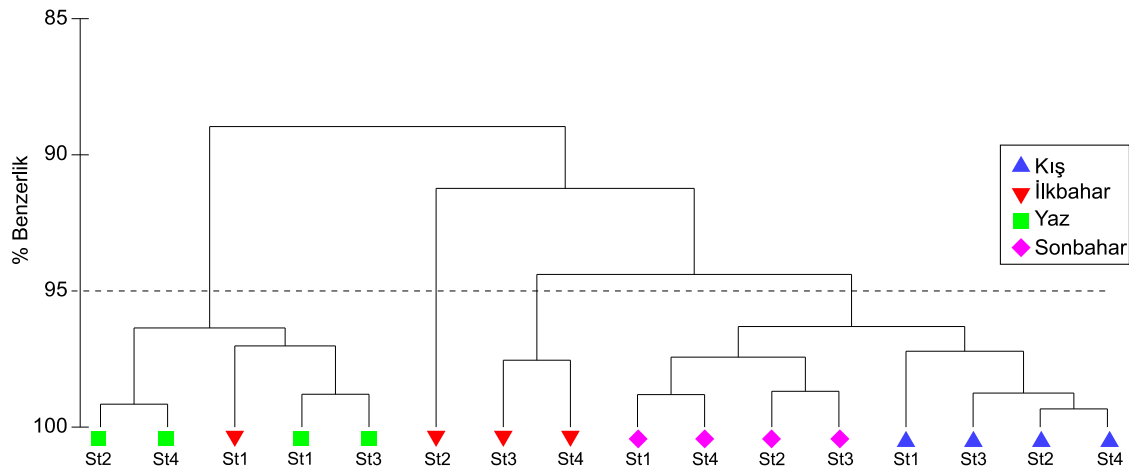


Şekil 13. Deniz suyu fizikokimyasal ve numune antioksidan özellikleri arasındaki korelasyon ilişkileri. Not: ***, p değeri (0- 0.001) arasında, çok yüksek düzeyde istatistiksel olarak anlamlı fark vardır. **, p değeri (0.001- 0.01) arasında, yüksek düzeyde olarak anlamlı fark vardır. *, p değeri (0.01- 0.05) arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır.

3.6. Çok Değişkenli Veri Analizleri

3.6.1. Hiyerarşik Kümeleme Analizi

Farklı ekolojik koşullar altında istasyonlar arasında mevsimsel etkinin değişimini gözlemlemek amacıyla HKA (Hiyerarşik Kümeleme Analizi) yapılmıştır. Bray Curtis benzerlik analizi Öklid uzaklığı sonucu istasyonlar ve mevsimleri içeren 16 farklı ekolojik durumun 4 farklı benzerlik grubuna ayrıldığı tespit edilmiştir.



Şekil 14. Ekolojik durumlara ait HKA dendogramı

3.6.2. Temel Bileşen Analizi (TBA)

Temel bileşen analizi, çok boyutlu bir uzaydaki verilerin daha düşük boyutlu bir uzaya izdüşümü varyansı maksimize edecek şekilde bulma yöntemidir [90]. Uygulanan TBA algoritmasında bileşen yükleri hesaplanmasında Varimax metodu kullanılmıştır. Özdeğeri 1'den büyük olan üç bileşenin toplam varyansın %78,517'sini açıkladığı görülmüştür. İlk iki temel bileşen ise varyansın %67,256'sını yani >%67'den fazlanı açıkladığı için iki bileşen gruplamada yeterli bulunmuştur. Birinci temel bileşen varyansın %48,9'nu açıklarken ikinci temel bileşenin %18,4'ünü açıkladığı belirlenmiştir (Tablo 9). Tablo 8'de birinci temel bileşene anlamlı en büyük katkının sırasıyla TP, TF, DPPH SC₅₀, oksijen, tuzluluk, iletkenlik, sıcaklık tarafından, ikinci temel bileşene ise FRAP ve pH tarafından yapıldığı görülmektedir. Birinci temel bileşene pozitif yönde katkı sağlayan değişkenler TF, DPPH SC₅₀, iletkenlik ve sıcaklık (C°) negatif yönde katkı sağlayanlar ise TP, oksijen ve tuzluluk olarak tespit edilmiştir. İkinci temel bileşene pozitif katkının FRAP, negatif yönde katkının ise pH tarafından sağlandığı belirlenmiştir.

Temel bileşen analizindeki bileşen yükleri incelendiğinde (Tablo 8) 16 farklı ekolojik sınıfın birbirinden ayırmada en uygun değişkenlerin sırasıyla sıcaklık, DPPH SC₅₀, iletkenlik, TP, TF, tuzluluk ve oksijen olduğu görülmüştür.

Tablo 8. Ekolojik Sınıfların Temel Bileşen Yükleri

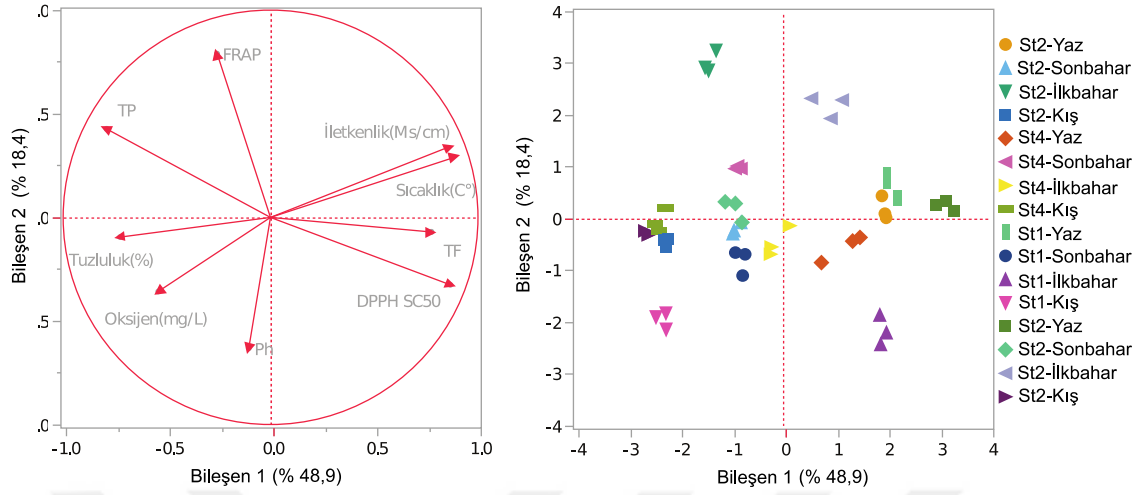
	Prin1	Prin2	Prin3	Prin4	Prin5	Prin6	Prin7	Prin8	Prin9
TP	-0.79023	0.42672	0.25819	0.07020	-0.22016	-0.12128	0.18972	0.15063	-0.00109
TF	0.77577	-0.07034	0.39427	-0.19682	-0.27103	0.31894	0.14181	-0.06099	0.00574
FRAP	-0.25796	0.78985	0.43609	0.25103	-0.04185	0.10575	-0.19918	-0.06170	0.00021
DPPH SC ₅₀	0.86707	-0.32575	0.14460	0.01343	-0.24866	0.01410	-0.18611	0.15584	-0.00514
Oksijen (mg/L)	-0.54108	-0.35809	0.56668	-0.26099	0.40647	0.14030	-0.02341	0.06575	-0.00027
Tuzluluk (‰)	-0.72506	-0.09499	-0.40470	0.24207	-0.03417	0.48625	-0.02398	0.06862	0.00211
İletkenlik (mS/cm)	0.86022	0.33944	-0.02166	0.20281	0.24231	0.16434	0.13138	0.00779	-0.01287
Sıcaklık (C°)	0.88669	0.29014	-0.05780	0.21885	0.25447	-0.05612	0.01398	0.10049	0.01320
pH	-0.10461	-0.63179	0.30259	0.69722	-0.02083	-0.08259	0.05318	-0.04620	0.00052

Not: Daha büyük sayı, ana bileşen (PC) eksenleri boyunca ayrılmaya önemli bir katkıyı gösterir. Vurgulanan kalın sayılar, her bir ana bileşene en büyük katkıda bulunanlardır.

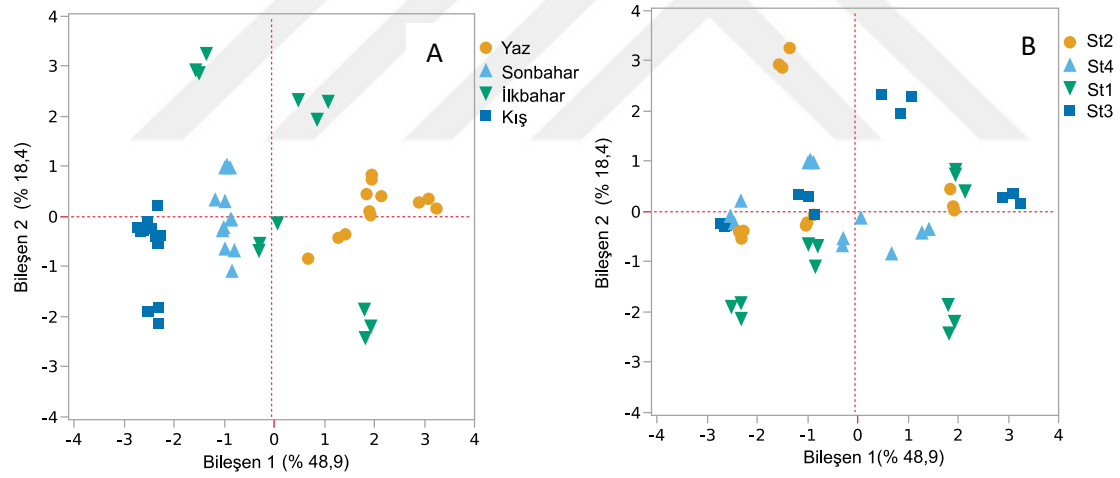
Tablo 9. Farklı ekolojik durumlar için TBA özdeğer, varyans ve kümülatif varyans değerleri

Bileşen Numarası	Özdeğer	(%) Varyans		(%) Kümülatif Varyans
1	4.4002	48.892		48.892
2	1.6528	18.365		67.256
3	1.0135	11.261		78.517
4	0.8087	8.986		87.503
5	0.4758	5.287		92.789
6	0.4209	4.677		97.466
7	0.1518	1.687		99.153
8	0.0758	0.842		99.995
9	0.0004	0.005		100.000

Ayrıca tüm ekolojik durumlara ait temel bileşen skor grafikleri incelenerek mevcut gruplaşmalar ortaya konulmuştur (Şekil 15. ve Şekil 16).



Şekil 15. İstasyon ve mevsim özelliklerinin birlikte değerlendirildiği ekolojik durumlara ait temel bileşen skor grafikleri



Şekil 16. Ekolojik durumlara ait mevsim (A) ve istasyonlar (B) için temel bileşen skor grafikleri

4. TARTIŞMA

Makro alglerin dağılımları, habitatını belirleyen fiziksel ortamlarla doğrudan ilişkilidir. Akuatik ortamda algler, sıcaklık, tuzluluk, besin seviyesi ve güneş ışığı gibi fizikokimyasal koşullarının yanı sıra diğer çevresel stres şartlarının da (rekabet, predasyon, parazitlik, akıntılar ve antropojenik kirleticiler) etkisi altındadır. Stres toleransında yer alan çeşitli tepkiler, alglerin bu çeşitli çevresel streslere adapte olmasını sağlar. Alglerin, dezavantajlı koşullarda (stres koşulları altında) hayatta kalmalarına yardımcı olmak için, bir tolerans mekanizması olarak büyüme ve üremelerinde değişiklikler meydana gelebilmektedir. Ayrıca, bu çevresel stres, aynı kökenli gen gruplarının ifadesini teşvik ederek ikincil metabolitlerin birikimini indükleyebilmektedir [91, 92].

Sıcaklık, makro alglerde metabolik aktiviteyi etkileyen birincil çevresel parametre olup sadece besin alım oranlarını değil, aynı zamanda fotosentez ve solunum oranlarını da doğrudan etkilemektedir. Yerel toplulukların yeniden düzenlenmesine büyük oranda (eklenmesine ve silinmesine) neden olur [8]. Bugüne kadar yapılan çalışmada, ılıman denizlerde yayılım gösteren TB'nin maksimum net fotosentez seviyesinin, 20 °C ile 30 °C arasında değişen sıcaklıklarda meydana geldiği ve sıcaklık toleransının oldukça yüksek olduğu rapor edilmiştir. Baghdadli vd. (1990)'nin TB üzerine yapmış olduğu çalışmada, ışığa doymun koşullar altında sıcaklığa bağlı olarak net fotosentez varyasyonlarının 25-30 °C'de maksimum seviyede olduğu bulunmuştur [93]. 15 °C'de net fotosentezin %50 azaldığı, 35 °C'nin üzerinde ise hızla düştüğü saptanmıştır. Daha düşük bir sıcaklıkta ise (10 °C) fotosentez hızının, optimal değerin sadece üçte biri kadar olduğu bulunmuştur [93].

Yaptığımız çalışmada, TB'nin ekofizyolojik özellikleri (optimum gelişim sıcaklık aralığı) göz önüne alındığında, mevsimsel ortalama sıcaklık değerlerinin kış (9,33±0,33 °C) <sonbahar (14,23±0,12 °C) <ilkbahar (21,11±2,09 °C) <yaz (24,42±0,34 °C) şeklinde olduğu belirlenmiştir. Mevsimsel olarak istasyonlar arasında sıcaklık farklılıklarının istatistiksel olarak önemli düzeyde olmadığı (p>0.05) bununla birlikte yaz mevsimi hariç, fotosentez hızının ve büyümenin optimal değerin oldukça altında olduğunu görülmektedir.

Makro alglerde, uygun olmayan tuzluluk koşulları klorofillerdeki fotosistemlerin birincil ve ikincil reaksiyon merkezlerini inhibe ederek hücresel mekanizmalarda önemli sıkıntılar yaratmakta ve bu olay büyüme ve gelişmeyi etkilemektedir [94]. Akarsu sistemleriyle kısıtlı ilişkisi olan denizel ortamlarda tuzluluk, kış ve bahar dönemlerinde

yoğun yağış ve nehir girdilerinin etkisi ve buharlaşmanın az olması nedeniyle diğer mevsimlere göre daha düşüktür. Ancak bu durum Doğu Karadeniz ortamında tamamen farklıdır. Kendine özgü coğrafik özellikleri nedeniyle Doğu Karadeniz havzası yoğun tatlısu kaynakları nedeniyle bu durumu neredeyse tersine çevirmektedir [95, 96]. Işığa doymuş koşullar altında iki farklı tuzluluk seviyesinde (%17,5 ve %27,5) TB'nin, doğal deniz suyunda (% 37,5) ölçülenle aynı fotosentetik tepkiyi gösterdiği bu seviyenin üzerinde tuzluluğun artışıyla (%47,50) fotosentetik performansın yaklaşık %40 ölçüde azaldığı belirlenmiştir [93].

Mevsimsel olarak ortalama tuzluluk değerleri (%18,23±0,40) <yaz (%18,32±0,23) <sonbahar (%18,44±0,08) <kış (%18,76±0,12) olarak bulunmuştur. Elde edilen bulgular bölgede daha önceki dönemlerde Alkan (2022) tarafından yapılan çalışmalarla uyumludur [97]. Krivoguz vd. (2020)'nin çalışması ile de benzerlik göstermektedir [95].

Çalışmada tespit edilen tuzluluk değerleri, TB için optimum tuzluluk değerleri (%17,66-%18,92) içerisinde yer aldığından büyüme ve gelişme için sınırlayıcı bir etki yaratmayacağı öngörülmektedir.

Deniz suyunda çözülmüş inorganik karbon, ortamda CO_2 , HCO_3^- ve CO_3^{2-} gibi formlarında bulunmaktadır. Fotosentetik tüm organizmalar fotosentez için CO_2 kullanabilir. Su bitkilerinin birçoğu da yine HCO_3^- formundaki karbonu kullanabilir, ancak hiçbir fotosentetik organizma CO_3^{2-} formundaki inorganik karbonu direkt kullanamaz. Deniz suyundaki nispi inorganik karbon miktarı tuzluluk, sıcaklık ve pH'ya bağlı olarak değişim göstermektedir. Genel olarak, ortamdaki artan pH seviyeleri ile makroalglerin fotosentez ve büyüme oranlarının ters orantılı olduğu söylenebilir. Ancak makro algler inorganik karbonu etkili tüketme yeteneğine göre ikiye ayrılmaktadır. Yüksek pH'da fotosentez yapabilen türler sudaki HCO_3^- bileşiklerini de kullanarak fotosentez reaksiyonlarını daha etkin yapabilmektedir. pH 9,92'nin üzerinde fotosentez yapamayan türler ise yalnızca CO_2 mevcudiyeti ile sınırlı fotosentetik aktivite yürüttüğü bilinmektedir [98]. Akdeniz'de inorganik karbon dağılımı ve deniz suyu asidifikasyon etkisi araştırmaları, pH ve CO_3^{2-} düştükçe mercan algleri ve deniz kestanelerinin daha az yaygın hale geldiğini, *Cystoseira* spp., gibi kahverengi alglerin büyüme ve çoğalmalarının arttığını göstermiştir [99]. Ancak Swanson ve Fox (2007) tarafından yürütülen çalışmalarda yüksek CO_2 muameleleri altında laminarialeslerdeki fenol içeriğinde artış gösterdiği saptanmıştır [100]. Örnekleme istasyonlarındaki deniz suyu pH değerleri 7,82-8,46 aralığında olup TB optimum aralığı içerisinde yer aldığından büyüme ve gelişme için sınırlayıcı olmayacağı değerlendirilmiştir.

İletkenlik, sudaki organik ve inorganik iyonların bir ifadesi olarak sudaki toplam çözünmüş katıların ve iyonize türlerin bir ölçüsüdür [101]. Elektriksel iletkenliğin azalması, deniz suyunun toplam çözünmüş iyon içeriğinin azalması anlamına gelmektedir. Bu içeriğin azalmasındaki en etkili süreç, akarsu beslenimi ve özellikle yağış suyunun deniz suyunu seyreltmesidir. Elektriksel iletkenliğin artması da esas olarak büyük oranda buharlaşmayla gerçekleşmektedir [96]. Bu çalışmada, mevsimler arasındaki iletkenlik farklılıkları kış ($21,37 \pm 0,29$) < sonbahar ($23,80 \pm 0,32$) < ilkbahar ($27,44 \pm 1,69$) < yaz ($28,81 \pm 1,57$) olarak bulunmuştur. İletkenlik ile pH arasında pozitif bir korelasyon vardır [102].

Çözünmüş oksijen (ÇO) konsantrasyonu, özellikle yüzey sularının kalitesini belirlemede temel göstergelerden biridir. Bu parametrenin değişimini, sıcaklık, toplam çözünmüş katı madde miktarı, dalga hareketleri, türbülans, pH, fotosentetik aktivite ve organik madde tüketimi gibi birçok faktör etkiler. Oksijenin sudaki çözünürlüğü su sıcaklığı ve sudaki iyon içeriği ile ters orantılıdır [103, 104]. Mevsimler arasında çözünmüş oksijen farklılıkları yaz ($8,96 \pm 0,42$ mg/L) < sonbahar ($10,75 \pm 0,43$) < ilkbahar ($11,94 \pm 0,80$) $\leq$ kış ($12,11 \pm 0,60$) olarak bulunmuştur. Elde edilen bulgular, Alkan ve Tüfekçi (2009)'nin çalışması ile benzerlik göstermektedir [105].

Alglerde antioksidan kapasitesi, diğer bitkisel ekstraktlarda olduğu gibi genellikle fenolik içerikle doğrudan ilişkilidir. Ancak numune ekstraktının içeriğinde antioksidan özellik gösteren farklı metabolitler de bulunmaktadır. Bu nedenle, antioksidan aktivitenin belirlenmesi, tek bir antioksidan test modeline dayalı olarak yapılmamalıdır. Burada test prosedürünün seçimi yapılırken çalışmanın amacı çok önemlidir. İlgili örneklerle antioksidan aktivitelerin değerlendirilebilmesi için amaca uygun birkaç in vitro test prosedürünün uygulanmasının daha doğru bir yaklaşımdır [106, 107]. Dikkat edilmesi gereken bir diğer nokta ise matrikse uygun olarak ekstraksiyon hazırlama prosedürünün optimizasyonudur. Ekstraksiyon prosedürünü optimize etmek için esas olarak solvent bileşimi, sıcaklık, ekstraksiyon süresi, solvent-katı oranı ve saklama koşulları gibi parametreler ekstrakt miktarını ve bileşimini dolayısıyla ölçülen antioksidan kapasitesini büyük ölçüde etkiler [108].

Literatürde birçok çözücü (metanol, etanol, aseton, kloroform, heksan ve su) daha önceki çalışmalarda TB polifenolik bileşiklerin ekstraksiyonu ve çeşitli antioksidan ölçüm protokollerinde için kullanılmıştır [72, 109]. Ancak TB'nin antioksidan ve polifenolik bileşiklerin ekstraksiyonu için en uygun çözücü sistemi aseton ve metanol olduğunu son yapılan çalışmalar göstermiştir [72, 109, 110].

Bu çalışmada ekstraksiyon verimliliğinin yüksek olmasının yanında belirlenen antioksidan özelliklerin literatürdeki uygulanış sıklığının daha çok olması nedeniyle metanol ekstraksiyon yöntemi kullanılmıştır [72, 109, 111].

Kurutma tekniği, örnek TB'nin antioksidan ve diğer kimyasal özelliklerini önemli derecede etkilemektedir. Literatürde Bölek (2020) tarafından yapılan bir çalışmada TB için en iyi antioksidan sonuçlarını veren sıcak hava kurutma sıcaklığı yaklaşık 40 °C olarak rapor edilmiştir. Bizim çalışmamızda ise kurutma işlemi 42 °C sıcaklıkta gerçekleştirilmiştir [112].

TB'nin geniş coğrafik yayılım alanı dikkate alındığında farklı ekolojik durumlar önemli antioksidan farklılıklar gösterdiğini birçok çalışma tarafından gösterilmiştir [64, 73, 113, 114]. Fakat literatürde var olan çalışmaların, genel olarak, antioksidan özellikleri mevsimsel ve yerel ekolojik şartların varyasyonlarından bağımsız bir şekilde araştırdığı görülmektedir.

Mevsimsel ve ekolojik durum koşullarının antioksidan özellikler üzerindeki etkisini daha iyi anlaşılması ve aradaki ilişkileri karşılaştırabilmek adına çalışmadaki antioksidan test prosedürü, literatürde TB'nin in vitro antioksidan özelliklerinin en yaygın ifade edildiği antioksidan ölçüm yöntemleri uygulanmıştır. Bu yöntemlerden biri olan toplam fenol (TP) içeriği ortalama $0,4250 \pm 0,2445$ olarak bulunmuştur. Elde ettiğimiz sonuçla benzerlik içeren ve aynı prosedürlerin kullanıldığı fakat mevsim şartlarının belirtilmediği Ak ve Turker (2018) tarafından yapılan bir çalışmada ise TP içeriği $0,4332 \pm 0,004$ olarak bulunmuştur [71]. Mevsim faktörü göz önüne alınarak yapılan varyasyon analizinde (Şekil 6) TP değerinin TB'nin yaz döneminde büyüme ve gelişmesinin maksimum olduğu dönemde en düşük değeri aldığı görülmüştür. Ayrıca TP değerleri deniz suyu sıcaklığı ile önemli düzeyde negatif korelasyon göstermiştir. Uygulanan korelasyon analizleri sonucunda (Şekil 13) antioksidan özelliğin bir göstergesi olan TP değerleri ile ortam sıcaklık (R: -0,66) ve iletkenlik (R:-0,57) değerlerinin arasında yüksek derecede korelasyon tespit edilmiştir. Mevsimsel döngülerin direkt bir sonucu olan sıcaklık etkisinin göstermiş olduğu bu yüksek ilişki değeri, TB'nin mevsimlere bağlı antioksidan özelliklerinin neden negatif yönlü farklılıklar sergilediğini daha net göstermiştir. Elde edilen veriler, Mannino vd. (2016) ve Celis-Plá vd. (2016)'nin sırasıyla *Cystoseira amentacea* ve *Cystoseira tamariscifolia* üzerine yürütmüş olduğu çalışmayla uyumluluk göstermiştir [8, 67]. Çalışmamızda, TB'nin mevsimsel fenolik davranış biçimi, ekofizyolojik olarak literatürde yer alan genus

üyelerinden *C. amentacea* ve *C. tamariscifolia* ile uyumluluk gösterirken [8, 67] *C. compressa* oldukça farklı davranış sergilemiştir [75].

Benmahdjoub vd. (2021) tarafından yürütülen çalışmada, literatürde TB ile antioksidan ve fenolikler bakımından benzer bazı ekolojik davranışlar gösteren *Cystoseira amentacea*'nın sonbahar döneminde maksimum flavonoid içerdiği rapor edilmiştir. Bu davranış biçimi TB'nin bu mevsimde sergilediği flavonoid konsantrasyonu ile örtüşmüştür [115].

Bilindiği üzere antioksidan ölçüm çalışmalarında farklı yöntemler ve farklı yollar kullanıldığından standart bir prosedür genellikle kullanılmamaktadır. Bu nedenle elde edilen antioksidan çıktılarının diğer çalışmalardaki sonuçlarla doğrudan karşılaştırılması çoğu zaman mümkün olmamaktadır [116]. Örneğin Trifan vd. (2019) tarafından yürütülen bir çalışmada aynı konsantrasyon ve yöntemle metonolik çözücünde TB'nin TP değeri $140,60 \pm 0,80$ mg PE (Phloroglucinol Eşdeğeri) /g kuru ekstrakt iken asetonik çözücünde TP değeri $61,74 \pm 1,013$ mg PE (Phloroglucinol Eşdeğeri)/g kuru ekstrakt olduğu görülmüştür. DPPH değeri metonolik çözücünde $155 \pm 2,60$ µg/mL değerini alırken asetonik çözücünde $564,78 \pm 2,35$ $155 \pm 2,6$ µg/ mL değeri bulunmuştur [72]. Bunun gibi prosedürlerden kaynaklı antioksidan ölçüm uyumsuzlukları minimize etme adına antioksidan test yöntemlerinin aralarındaki korelasyon ilişkileri ayrıca ifadesi çalışmaya katkısı açısından önemlidir. Bu çalışmada TB'nin Toplam fenolik içerik (TP) ve DPPH radikal süpürücü aktivite arasındaki korelasyon katsayısı (R) -0,74 olarak bulunmuştur. Trifan vd. (2019) tarafından yürütülen çalışmada TB'nin TP ve DPPH aktiviteleri arasındaki korelasyon katsayısı (R) -0.9374 olarak bulunmuştur [72]. Bu iki çalışma korelasyonun yönü ve ilişkisi boyutu itibarı ile oldukça benzerlik taşımaktadır. Ayrıca çalışmada TP ve FRAP arasındaki korelasyon katsayısı (R) 0,62 olarak bulunmuştur. FRAP ve DPPH aktiviteleri arasındaki korelasyon katsayısı ise (R) -0,38 olarak bulunmuştur. Fakat TF (Toplam flavonoid) içeriği her ekolojik durum için saptanamadığı için antioksidan ve fenolik özelliklerle anlamlı bir ilişki göstermemiştir.

Çalışmada, antioksidan özelliğinin en önemli bileşeni olan TP'nin en yüksek değeri ilkbahar döneminde St2 istasyonunda tespit edilmiştir. Aynı şekilde TP ile önemli derecede korelasyon gösteren FRAP ve DPPH antioksidan aktivitelerinin de (St2-ilkbahar) benzer trend gösterdiği görülmektedir (Şekil 7 ve Şekil 10). Diğer istasyonların aksine dar bir sahil şeridi ve yüksek eğimli kıyı yapısına sahip olan St2 istasyonunda ilkbaharın sonunda yüksek fenolik içerik ve antioksidan özellikler barındırması, TB'nin bu istasyonda erken döllenme

dönemine girmesi ile ilişkilendirilebilir [117, 118]. Zira makroalglerin fenolik içeriğini etkileyen en önemli etmenlerden biri üreme durumudur [119].

ANOVA analizlerine göre (Şekil 11) TB numunelerindeki DPPH SC₅₀ değerlerinin istasyonlara bağlı farklılıklarının istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmektedir ($p>0.05$). Bu durumun aksine istasyonlar arasında FRAP gücü değerlerinin (Şekil 8) istatistiksel farklılıklar göstermesi ise bu antioksidan özelliklerin farklı etki mekanizmalarından kaynaklandığı düşüncesini güçlendirmektedir. Ancak mevsim ve istasyon farkı gözetmeksizin numunelerin DPPH SC₅₀ değerleri ve FRAP gücü değerleri değişimi incelendiğinde (Şekil 7 ve Şekil 10) TB'nin gelişim ve büyümesinin durağan olduğu kış mevsiminden ilkbahar mevsimine geçtiğinde ekolojik kalitenin antioksidan özellikler üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak önemli farklılıklar ortaya çıkardığı belirlenmiştir. Yani ilkbahar mevsiminde istasyonlar arasındaki ekolojik kalite (St1>St2>St3 >St4) etkisi TB'nin DPPH SC₅₀ aktivite ve FRAP gücü değerleri ile paralellik göstermiştir. Fakat ilkbahar mevsiminin üzerindeki ekolojik kalite sinerjik etkisi diğer mevsim dönemlerinde TB DPPH SC₅₀ aktivite ve FRAP gücü değerleri ekolojik kalite özellikleriyle bir davranış ilişkisi göstermemiştir.

TB'nin mevsimler arasında DPPH SC₅₀ aktivite ve FRAP gücü ilişkileri incelendiğinde (Şekil 12 ve Şekil 9) DPPH SC₅₀ değerlerinin en yüksek ortalamayı yaz mevsiminde alarak diğer mevsimlerden ayrıldığı, FRAP gücü değerinin en yüksek ortalamayı ilkbahar mevsiminde alarak ayrıldığı görülmüştür. Ayrıca ilkbahar aylarındaki DPPH SC₅₀ aktivite ve FRAP gücü değerlerinin diğer aylara göre gösterdiği yüksek varyans, bu mevsimin antioksidan aktivitesi özellikleri bakımından önemlidir.

Bu çalışmada tespit edilen en yüksek konsantrasyonlu fenolik bileşik türü ise sonbahar döneminde St3 istasyonundaki Krisin flovonoid'i olmuştur. Cadar vd. (2019) tarafından haziran-eylül aylarında fenolik asitlerin incelendiği çalışmada TB numuneleri %96'lık etanolde ekstrakte edilmiş ve TB fenolik içeriği 12 farklı fenolik asit standardı kullanılarak incelenmiştir [73]. Çalışmadaki toplam fenolik içerik ise $385,6 \pm 1,85$ GAE/100g yaş ağırlık olarak bulunmuştur. TB fenolik asit içeriğinin en yüksek konsantrasyon değerlerinin benzoik ve vanilik aside ait olduğu görülmüştür. Benzer biçimde bizim çalışmamızda da fenolik standartlar arasından en yüksek konsantrasyon, ilkbahar mevsiminde St1 istasyonunda benzoik asit olarak tespit edilmiştir.

Değişen mevsim şartlarında, istasyonların ekolojik kalite değerleri bakımından kaç tip fenolik içerik içerdiği incelendiğinde, ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimleri için St1

istasyonunda sırasıyla 2,2,2 ve 2 tip standart fenolik; St2 istasyonunda sırasıyla 3,2,2 ve 3 tip standart fenolik içerik; St3 istasyonunda sırasıyla 3,2,1 ve 2 tip standart fenolik içerik; St4 istasyonunda sırasıyla 1,3,3 ve 2 tip standart fenolik içerik saptanmıştır (Tablo 7).

Fizikokimyasal ve antioksidan özelliklerinin birlikte değerlendirilebilmesi amacıyla HKA (Hiyerarşik Kümeleme Analizi) dendogramından (Şekil 14) görüldüğü üzere veri setleri 4 farklı grup altında toplanmıştır. Grup 1 (Yaz mevsimi St1, St2, St3 ve St4 istasyonları ve ilkbahar mevsimi St1 istasyonu) içerisinde 5 farklı ekolojik durum içerirken, Grup 2 (ilkbahar mevsiminin St2 istasyonu) yalnızca 1, Grup 3 (ilkbahar mevsiminin St3 ve St4 istasyonları) 2, Grup 4 ise (sonbahar ve kış mevsimlerinin St1, St2, St3 ve St4 istasyonları) içerisinde 8 farklı ekolojik durum içermiştir.

Benzerlik analizinde St2 istasyonun ilkbahar mevsimi veri setinin tüm ekolojik durumlardan farklı benzerlik ($<90\%$) özelliği göstermiştir. HKA dendogramı incelendiğinde, algal gelişim için bir geçiş aşaması ifade eden, ilkbahar mevsimi verilerinin diğer gruplar içinde yer almayarak kendi grubunu oluşturma davranışı sergilediği görülmektedir. Ayrıca sonbahar ve kış mevsimleri benzer veri setlerini barındırdığından aynı grup içinde yer alarak 95% 'in üzerinde (yüksek düzeyde) benzerlik göstermiştir. Benzerlik analizinde yaz döneminin diğer tüm mevsimlerden farklılık gösterdiği görülmüştür. 16 farklı mevsim- istasyon durumu için en az benzerlik oranını 88% benzerlikle ilkbahar mevsimi St2 istasyonu ile yaz mevsimi St3 istasyonu arasında

Ayrıca mevcut veri setlerinin görselleştirilmesine ve sınıflandırılmasına katkı sağlamak adına veri setleri üzerinde TBA uygulanarak 16 farklı ekolojik durum için 9 farklı bileşenli veri seti iki boyutlu hale getirilmiştir. TBA'nın HKA ile birlikte uyumluluğu sonuçların güvenilirliği ve kapsamı açısından önemli bir göstergedir. Zira veri setleri üzerindeki her iki analiz sonuçları itibari ile oldukça benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir

TBA analizi bileşen katkıları incelendiğinde, birinci temel bileşene katkı sağlayan parametrelerin, mevsim faktörü etkisinde gelişen sıcaklık gibi parametrelerin etrafında şekillendiği saptanmıştır. İkinci temel bileşenin daha çok antioksidan özelliklerden biri olan FRAP ölçüm sonuçlarının etrafında şekillendiği tespit edilmiştir. Şekil 15 incelendiğinde ilkbahar mevsiminin 2. bileşendeki gruplaşmaya en önemli katkının ilkbahar mevsimindeki istasyonlar tarafından yapıldığı görülmektedir. Ayrıca FRAP'ın etkisindeki ikinci bileşende St2 istasyonunun bariz şekilde diğer tüm istasyonlardan ayrıldığı görülmektedir (Şekil 16). Bu durum TB'nin, döllenmiş üreme organlarının yüksek düzeydeki FRAP aktivitesi ile ilişkilendirilebilir.

Mevsim özelliklerinin temel bileşen skor grafikleri incelendiğinde veri seti üzerindeki ayrılma ve kümeleşmelere olan etkisi Şekil 16’da görülmektedir. 1. temel bileşen ekseninde Sonbahar, kış ve yaz mevsimleri arasında net bir ayrım söz konusu iken ilkbahar mevsiminde net bir ayrımın olmadığı; kış ve yaz mevsim grupları içerisinde yer aldığı görülmüştür.



5. SONUÇLAR

Bu çalışmada TB'nin Doğu Karadeniz'deki farklı ekolojik kalite düzeylerinde nasıl bir ekofizyolojik davranış biçimi sergileyeceği, bazı in vitro antioksidan ve fenolik içerik özellikleri bakımından mevsimsel olarak araştırılmıştır. Elde edilen bulgular sonucunda, TB üzerindeki mevsimsel etkinin yanı sıra ekolojik kalite özelliklerinin de antioksidan metabolit üretimine etkisi ortaya konmuştur.

TB'nin mevsimsel antioksidan fizyolojik davranış biçimlerinin sıcaklık parametreleri ile yüksek düzeyde bir ilişki gösterdiği ortaya konmuştur. Böylece literatürdeki birçok araştırmanın da önemini vurguladığı küresel ısınma sorununun, *Cystoseria* genusunun bir üyesi olan TB popülasyonları üzerindeki olası zararlı etkilerinden biri olan antioksidan özelliklerin nasıl değişim gösterebileceği ortaya konmuştur. Ayrıca ekolojik değerlendirme indeksi ile elde edilen, istasyon ekolojik kalite parametrelerinin fenolik içerik ve antioksidan özellikler ile ters orantılı olduğu TB türünde ortaya konulmuştur. Algal büyümede bir geçiş dönemi niteliği taşıyan ilkbahar mevsiminin, fenolik içerik-antioksidan özelliklerin değişim aralığının (varyansının) oldukça yüksek olduğu ve bunun temel nedeninin üreme organlarındaki durumla ilişkili olabileceği sonucu çıkarılmıştır. TB döllenmiş üreme organlarının (receptacles) bazı fenolikleri etkileyerek FRAP aktivitesini pozitif yönde etkileyebileceği sonucu çıkarılmıştır.

6. ÖNERİLER

Ekoloji biliminde yaklaşım, araştırmanın bilimsel değeri ve doğruluğu açısından önemli bir yer tutar. Hipotez konusunun çözümüne yönelik yaklaşımın kapsamı en uygun şekilde belirlenmelidir. Fakat bazen doğası gereği kompleks ve dinamik yapıdaki biyotik-abiyotik ilişkilerin aydınlatılabilmesi hipotezin çözümüne yönelik bazı parametrelerin indirgenmesi ile gerçekleşir. Koşulların bir kısmının sabitlenerek ya da indirgenerek uygulandığı bu yöntemlerin dezavantajı ise hipotezin çözümüne yönelik bütünün sadece bir kısmını açıklamasıdır. Bu sebepten ekolojik yöntemlerde saha deneyleri, sisteme ve mevcut türleri yerinde uygulandığından, laboratuvar deneylerine göre daha fazla çıktı sağlar.

Literatür incelendiğinde birçok disiplin ve altyapıyı içinde barındıran ekofizyolojik çalışmaların uygulama zorlukları nedeniyle birçok araştırmacının bu kompleks yapıyı kısıtlı imkanlar ölçütünde dar bir bakış açısı ile değerlendirildiği dikkat çekmektedir. Günümüzde etkileri daha çok hissedilen iklim değişikliği ve diğer birçok antropojenik krizin etki alanı, bu kompleks ekofizyolojik süreçlerin aydınlatılması ile belirlenebilecektir. Bu çalışma ile her ne kadar Akdeniz ve bağlı olduğu Karadeniz havzasındaki ekolojik işlevi büyük TB'nin bazı antioksidan savunma sistemi özellikleri bir takım ekolojik olaylarla ortaya konmuş olsa da çıktıların önemi bakımından bu gibi araştırmaların imkanlar ölçütünde daha fazla parametre kullanılarak araştırılması gerekmektedir.

7. KAYNAKLAR

1. Leal, M. C., Munro, M. H., Blunt, J. W., Puga, J., Jesus, B., Calado, R., Rosa, R. ve Madeira, C., Biogeography and Biodiscovery Hotspots of Macroalgal Marine Natural Products, Natural Product Reports, 30, 11 (2013) 1380-1390.
2. Khalid, S., Abbas, M., Saeed, F., Bader-Ul-Ain, H. ve Suleria, H. A. R., Therapeutic Potential of Seaweed Bioactive Compounds, IntechOpen London, UK:, 2018.
3. Panin, N., The Black Sea Coastal Zone—an Overview, GeoEcoMarina, 11, (2005) 21-40.
4. Bat, L., Sezgin, M., Satilmis, H. H., Sahin, F., Üstün, F., Özdemir, Z. B. ve Baki, O. G., Biological Diversity of the Turkish Black Sea Coast, Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 11, 4 (2011) 683-692.
5. Del Rio, D., Rodriguez-Mateos, A., Spencer, J. P., Tognolini, M., Borges, G. ve Crozier, A., Dietary (poly) Phenolics in Human Health: Structures, Bioavailability, and Evidence of Protective Effects Against Chronic Diseases, Antioxidants & Redox Signaling, 18, 14 (2013) 1818-1892.
6. Palanivel, R., Azeez, T. B. ve Muthaya, S., Nutrient Content, Phytonutrient Composition, Alpha Amylase, Alpha Glucosidase Inhibition Activity and Antioxidant Activity of the *Stoechospermum Marginatum* Collected in Pre Monsoon Season, Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology, 5, 3 (2017) 275-280.
7. Kosanić, M., Ranković, B. ve Stanojković, T., Biological Potential of Marine Macroalgae of the Genus *Cystoseira*, Acta Biologica Hungarica, 66, 4 (2015) 374-384.
8. Mannino, A., Vaglica, V., Cammarata, M. ve Oddo, E., Effects of Temperature on Total Phenolic Compounds in *Cystoseira amentacea* (C. Agardh) Bory (Fucales, Phaeophyceae) from Southern Mediterranean Sea, Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology, 150, 1 (2016) 152-160.
9. Mannino, A. M. ve Micheli, C., Ecological Function of Phenolic Compounds from Mediterranean Furoid Algae and Seagrasses: An Overview on the Genus *Cystoseira* sensu lato and *Posidonia oceanica* (L.) Delile, Journal of Marine Science and Engineering, 8, 1 (2020) 19.
10. Berov, D., Structure of *Cystoseira* spp. Macroalgal Communities and the Influence of Anthropogenic Factors on Their Distribution. Macroalgae as an Indicator of the Ecological State of Coastal Marine Ecosystems in the Black Sea, PhD Thesis. Institute of Biodiversity and Ecosystem Research, Bulgarian, 2013.
11. Fritsch, F. E., Structure and Reproduction of the Algae, Vol. 1, Cambridge University Press, Cambridge, 1935.

12. Portugal, A. B., Carvalho, F. L., de Oliveira Soares, M., Horta, P. A. ve de Castro Nunes, J. M., Structure of Macroalgal Communities on Tropical Rocky Shores Inside and Outside a Marine Protected Area, Marine Environmental Research, 130, (2017) 150-156.
13. Margulis, L., Evolutionary Criteria in Thallophytes: A Radical Alternative, Science, 161, 3845 (1968) 1020-1022.
14. Hernández Fariñas, T., Ribeiro, L., Soudant, D., Belin, C., Bacher, C., Lampert, L. ve Barillé, L., Contribution of Benthic Microalgae to the Temporal Variation in Phytoplankton Assemblages in a Macrotidal System, Journal of Phycology, 53, 5 (2017) 1020-1034.
15. Anbuechezian, R., Karuppiah, V. ve Li, Z., Prospect of Marine Algae for Production of Industrially Important Chemicals, in *Algal Biorefinery: An Integrated Approach*, D. Das, 195-217, Springer, 2015.
16. <https://www.usbr.gov/mp/arwec/water-facts-ww-water-sup.html>, Bureau of Reclamation, 22 Mart 2022.
17. Park, B. S. ve Li, Z., *Taxonomy and Ecology of Marine Algae*, Vol. 10, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 2022.
18. Kokabi, M., Yousefzadi, M., Razaghi, M. ve Feghhi, M. A., Zonation Patterns, Composition and Diversity of Macroalgal Communities in the Eastern Coasts of Qeshm Island, Persian Gulf, Iran, Marine Biodiversity Records, 9, 1 (2016) 1-11.
19. Dhargalkar, V. ve Kavlekar, D., *Seaweeds-A Field Manual*, First ed., National Institute of Oceanography, Goa, 2004.
20. Gomez-Zavaglia, A., Prieto Lage, M. A., Jimenez-Lopez, C., Mejuto, J. C. ve Simal-Gandara, J., The Potential of Seaweeds as a Source of Functional Ingredients of Prebiotic and Antioxidant Value, Antioxidants, 8, 9 (2019) 406.
21. Stiger-Pouvreau, V. ve Zubia, M., Macroalgal Diversity for Sustainable Biotechnological Development in French Tropical Overseas Territories, Botanica Marina, 63, 1 (2020) 17-41.
22. Dring, M. J. ve Dring, M., *The Biology of Marine Plants*, Cambridge University Press, 1992.
23. Werlinger, C., Alveal, K. ve Romo, H., *Biología Marina y Oceanografía: Conceptos y Procesos*, Consejo Nacional del Libro y la Lectura Santiago, Chile, 2004.
24. Sahoo, D. ve Seckbach, J., *The Algae World*, Springer Dordrecht, 2015.
25. Orellana, S., Hernández, M. ve Sansón, M., Diversity of Cystoseira sensu lato (Fucales, Phaeophyceae) in the Eastern Atlantic and Mediterranean Based on Morphological and DNA Evidence, Including Carpodesmia gen. emend. and Treptacantha gen. emend, European Journal of Phycology, 54, 3 (2019) 447-465.

26. Sadogurska, S. S., Neiva, J., Serrão, E., Falace, A. ve Israel, A., The Genus *Cystoseira* sl (Ochrophyta, Fucales, Sargassaceae) in the Black Sea: Morphological Variability and Molecular Taxonomy of *Gongolaria barbata* and Endemic *Ericaria crinita* f. *bosporica* comb. nov., Phytotaxa, 480, 1 (2021) 1-21.
27. García-Fernández, A. ve Bárbara, I., Studies of *Cystoseira* assemblages in Northern Atlantic Iberia, Anales del Jardín Botánico de Madrid, 2016, 1-21.
28. Roberts, M., Studies on Marine Algae of the British Isles. 3. The Genus *Cystoseira*, British Phycological Bulletin, 3, 2 (1967) 345-366.
29. de Sousa, C. B., Gangadhar, K. N., Macridachis, J., Pavao, M., Morais, T. R., Campino, L., Varela, J. ve Lago, J. H. G., *Cystoseira* Algae (Fucaceae): Update on Their Chemical Entities and Biological Activities, Tetrahedron: Asymmetry, 28, 11 (2017) 1486-1505.
30. Carpenter, R. C., Competition Among Marine Macroalgae: A Physiological Perspective, Journal of Phycology, 26, 1 (1990) 6-12.
31. Johansson, G., Factors Affecting the Distribution of Rocky-Shore Macroalgae on the Swedish Coast: Morphological, Physiological, Reproductive and Genetic Aspects, Acta Universitatis Upsaliensis 2002.
32. Birk, S., Bonne, W., Borja, A., Brucet, S., Courrat, A., Poikane, S., Solimini, A., Van De Bund, W., Zampoukas, N. ve Hering, D., Three Hundred Ways to Assess Europe's Surface Waters: An Almost Complete Overview of Biological Methods to Implement the Water Framework Directive, Ecological Indicators, 18, (2012) 31-41.
33. Wells, E., Wilkinson, M., Wood, P., Scanlan, C. ve Best, M., Water Framework Directive Development of Classification Tools for Ecological Assessment: Macroalgae Species Richness, UK TAG Report for Marine Plants Task Team, (2010).
34. Orfanidis, S., Panayotidis, P. ve Ugland, K., Ecological Evaluation Index Continuous Formula (EEI-c) Application: A Step Forward for Functional Groups, the Formula and Reference Condition Values, Mediterranean Marine Science, 12, 1 (2011) 199-232.
35. Sfriso, A., Facca, C. ve Ghetti, P. F., Validation of the Macrophyte Quality Index (MaQI) Set up to Assess the Ecological Status of Italian Marine Transitional Environments, Hydrobiologia, 617, 1 (2009) 117-141.
36. Ballesteros, E., Torras, X., Pinedo, S., García, M., Mangialajo, L. ve De Torres, M., A New Methodology Based on Littoral Community Cartography Dominated by Macroalgae for the Implementation of The European Water Framework Directive, Marine Pollution Bulletin, 55, 1-6 (2007) 172-180.
37. Piazzzi, L., Gennaro, P. ve Ceccherelli, G., Suitability of the ALien Biotic IndEX (ALEX) for Assessing Invasion of Macroalgae Across Different Mediterranean Habitats, Marine Pollution Bulletin, 97, 1-2 (2015) 234-240.

38. Taşkın, E., Tsiamis, K. ve Orfanidis, S., Ecological Quality of the Sea of Marmara (Turkey) Assessed by the Marine Floristic Ecological Index (MARFEI), Journal of the Black Sea/Mediterranean Environment, 24, 2 (2018) 97-114.
39. Romero, J., Martínez-Crego, B., Alcoverro, T. ve Pérez, M., A Multivariate Index Based on the Seagrass *Posidonia oceanica* (POMI) to Assess Ecological Status of Coastal Waters Under the Water Framework Directive (WFD), Marine Pollution Bulletin, 55, 1-6 (2007) 196-204.
40. Gobert, S., Sartoretto, S., Rico-Raimondino, V., Andral, B., Chery, A., Lejeune, P. ve Boissery, P., Assessment of the Ecological Status of Mediterranean French Coastal Waters as Required by the Water Framework Directive Using the *Posidonia oceanica* Rapid Easy Index: PREI, Marine Pollution Bulletin, 58, 11 (2009) 1727-1733.
41. y Royo, C. L., Casazza, G., Pergent-Martini, C. ve Pergent, G., A Biotic Index Using the Seagrass *Posidonia oceanica* (BiPo), to Evaluate Ecological Status of Coastal Waters, Ecological Indicators, 10, 2 (2010) 380-389.
42. Belhaouari, B. ve Bezzina, Z., Study of the Macroalgae and Application of Ecological Evaluation Index (EEI-c) in the Coastal Waters of Algeria, International Journal Of Aquatic Biology, 7, 5 (2019) 254-259.
43. Orfanidis, S., Panayotidis, P. ve N., S., An Insight to the Ecological Evaluation Index (EEI), Ecological Indicators, 3, 1 (2003) 27-33.
44. Demidchik, V., Mechanisms of Oxidative Stress in Plants: from Classical Chemistry to Cell Biology, Environmental and Experimental Botany, 109, (2015) 212-228.
45. Nita, M. ve Grzybowski, A., The role of the Reactive Oxygen Species and Oxidative Stress in the Pathomechanism of the Age-related Ocular Diseases and Other Pathologies of the Anterior and Posterior Eye Segments in Adults, Oxidative Medicine and Cellular Longevity, 2016, (2016).
46. Dröge, W., Free Radicals in the Physiological Control of Cell Function, Physiological Reviews, (2002).
47. Asada, K., Production and Action of Active Oxygen Species in Photosynthetic Tissues, in Causes of Photooxidative Stress and Amelioration of Defense Systems in Plants, 77-104, CRC press, 2019.
48. Halliwell, B. ve Gutteridge, J. M., Free Radicals in Biology and Medicine, Oxford University Press, USA, 2015.
49. Graiff, A. ve Karsten, U., Antioxidative Properties of Baltic Sea Keystone Macroalgae (*Fucus vesiculosus*, Phaeophyceae) under Ocean Warming and Acidification in a Seasonally Varying Environment, Biology, 10, 12 (2021) 1330.
50. Santos-Sánchez, N. F., Salas-Coronado, R., Villanueva-Cañongo, C. ve Hernández-Carlos, B., Antioxidant Compounds and Their Antioxidant Mechanism, Antioxidants, 10, (2019) 1-29.

51. Collén, J. ve Davison, I. R., Reactive Oxygen Production and Damage in Intertidal *Fucus* spp.(Phaeophyceae), Journal of Phycology, 35, 1 (1999) 54-61.
52. Olszowy, M., What is Responsible for Antioxidant Properties of Polyphenolic Compounds from Plants?, Plant Physiology and Biochemistry, 144, (2019) 135-143.
53. Shebis, Y., Iluz, D., Kinel-Tahan, Y., Dubinsky, Z. ve Yehoshua, Y., Natural Antioxidants: Function and Sources, (2013).
54. Ismail, G. A. ve Ismail, M. M., Variation in Oxidative Stress Indices of Two Green Seaweeds Growing Under Different Heavy Metal Stresses, Environmental Monitoring and Assessment, 189, 2 (2017) 1-12.
55. Pang, Y., Ahmed, S., Xu, Y., Beta, T., Zhu, Z., Shao, Y. ve Bao, J., Bound Phenolic Compounds and Antioxidant Properties of Whole Grain and Bran of White, Red and Black Rice, Food Chemistry, 240, (2018) 212-221.
56. Zolotariova, Y. K., Mokrosnop, V. ve Stepanov, S., Polyphenol Compounds of Macroscopic and Microscopic Algae, International Journal on Algae, 21, 1 (2019).
57. Giada, M., Food Phenolic Compounds: Main Classes, Sources and Their Antioxidant Power, Oxidative Stress and Chronic Degenerative Diseases-A role for Antioxidants, 2013, (2013) 87-112.
58. Shahidi, F. ve Zhong, Y., Measurement of Antioxidant Activity, Journal of Functional Foods, 18, (2015) 757-781.
59. Chaves, N., Santiago, A. ve Alías, J. C., Quantification of the Antioxidant Activity of Plant Extracts: Analysis of Sensitivity and Hierarchization Based on the Method Used, Antioxidants, 9, 1 (2020) 76.
60. Ruberto, G., Baratta, M. T., Biondi, D. M. ve Amico, V., Antioxidant Activity of Extracts of the Marine Algal Genus *Cystoseira* in a Micellar Model System, Journal of Applied Phycology, 13, 5 (2001) 403-407.
61. Abdala-Díaz, R. T., Cabello-Pasini, A., Pérez-Rodríguez, E., Álvarez, R. M. ve Figueroa, F. L., Daily and Seasonal Variations of Optimum Quantum Yield and Phenolic Compounds in *Cystoseira tamariscifolia* (Phaeophyta), Marine Biology, 148, 3 (2006) 459-465.
62. Zubia, M., Fabre, M. S., Kerjean, V., Le Lann, K., Stiger-Pouvreau, V., Fauchon, M. ve Deslandes, E., Antioxidant and Antitumoural Activities of Some Phaeophyta from Brittany Coasts, Food Chemistry, 116, 3 (2009) 693-701.
63. Sadati, N., Khanavi, M., Mahrokh, A., Nabavi, S., Sohrabipour, J. ve Hadjiakhoondi, A., Comparison of Antioxidant Activity and Total Phenolic Contents of Some Persian Gulf Marine Algae, Journal of Medicinal Plants, 10, 37 (2011) 73-79.

64. Sellimi, S., Kadri, N., Barragan-Montero, V., Laouer, H., Hajji, M. ve Nasri, M., Fucans from a Tunisian Brown Seaweed *Cystoseira barbata*: Structural Characteristics and Antioxidant activity, International Journal of Biological Macromolecules, 66, (2014) 281-288.
65. Güner, A., Köksal, Ç., Erel, Ş. B., Kayalar, H., Nalbantsoy, A., Sukatar, A. ve Karabay Yavaşoğlu, N. Ü., Antimicrobial and Antioxidant Activities with Acute Toxicity, Cytotoxicity and Mutagenicity of *Cystoseira compressa* (Esper) Gerloff & Nizamuddin from the Coast of Urla (Izmir, Turkey), Cytotechnology, 67, 1 (2015) 135-143.
66. Berber, I., Avşar, C. ve Koyuncu, H., Antimicrobial and Antioxidant Activities of *Cystoseira crinita* Duby and *Ulva intestinalis* Linnaeus from the Coastal Region of Sinop, Turkey, Journal of Coastal Life Medicine, 3, 6 (2015) 441-445.
67. Celis-Plá, P. S., Bouzon, Z. L., Hall-Spencer, J. M., Schmidt, E. C., Korbee, N. ve Figueroa, F. L., Seasonal Biochemical and Photophysiological Responses in the Intertidal Macroalga *Cystoseira tamariscifolia* (Ochrophyta), Marine Environmental Research, 115, (2016) 89-97.
68. Sellimi, S., Benslim, A., Barragan-Montero, V., Hajji, M. ve Nasri, M., Polyphenolic-protein-polysaccharide Ternary Conjugates from *Cystoseira barbata* Tunisian Seaweed as Potential Biopreservatives: Chemical, Antioxidant and Antimicrobial Properties, International Journal of Biological Macromolecules, 105, (2017) 1375-1383.
69. Celis-Plá, P. S., Martínez, B., Korbee, N., Hall-Spencer, J. M. ve Figueroa, F. L., Ecophysiological Responses to Elevated CO₂ and Temperature in *Cystoseira tamariscifolia* (Phaeophyceae), Climatic Change, 142, 1 (2017) 67-81.
70. Sellimi, S., Maalej, H., Rekik, D. M., Benslim, A., Ksouda, G., Hamdi, M., Sahnoun, Z., Li, S., Nasri, M. ve Hajji, M., Antioxidant, Antibacterial and In vivo Wound Healing Properties of Laminaran Purified from *Cystoseira barbata* Seaweed, International Journal of Biological Macromolecules, 119, (2018) 633-644.
71. Ak, I. ve Turker, G., Antioxidant Properties and Phytochemicals of Three Brown Macro Algae from the Dardanelles (Çanakkale) Strait, Agricultural Science & Technology (1313-8820), 10, 4 (2018).
72. Trifan, A., Vasincu, A., Luca, S. V., Neophytou, C., Wolfram, E., Opitz, S. E., Sava, D., Bucur, L., Cioroiu, B. I. ve Miron, A., Unravelling the Potential of Seaweeds from the Black Sea Coast of Romania as Bioactive Compounds Sources. Part I: *Cystoseira barbata* (Stackhouse) C. Agardh, Food and Chemical Toxicology, 134, (2019) 110820.
73. Cadar, E., Sirbu, R., Ibram, A. ve Ionescu, A. M., Evaluation of Total Phenolic Content in Relation to Antioxidant Activity of Brown Algae *Cystoseira barbata* from Black Sea, Revista de Chimie, Bucharest, Original Edition, 70, 7 (2019) 2684-2689.

74. Benslimi, A., Sellimi, S., Hamdi, M., Nasri, R., Jridi, M., Cot, D., Li, S., Nasri, M. ve Zouari, N., The Brown Seaweed *Cystoseira schiffneri* as a Source of Sodium Alginate: Chemical and Structural Characterization, and Antioxidant Activities, Food Bioscience, 40, (2021) 100873.
75. Čagalj, M., Skroza, D., Razola-Díaz, M. d. C., Verardo, V., Bassi, D., Frleta, R., Generalić Mekinić, I., Tabanelli, G. ve Šimat, V., Variations in the Composition, Antioxidant and Antimicrobial Activities of *Cystoseira compressa* During Seasonal Growth, Marine Drugs, 20, 1 (2022) 64.
76. D'Archino, R. ve Piazzì, L., Macroalgal Assemblages as Indicators of the Ecological Status of Marine Coastal Systems: A Review, Ecological Indicators, 129, (2021) 107835.
77. Boundir, Y., Hasni, M., Rafiq, F., Cheggour, M., Haroun, R. ve Cherifi, O., Marine Macroalgae as Bioindicators and the Application in Moroccan Coastlines: A Review, International Journal of Natural Resource Ecology and Management., 7, 2 (2022) 99-108.
78. Berov, D., Todorov, E., Marin, O. ve Salas Herrero, F., Coastal Waters Black Sea Geographic Intercalibration Group, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018.
79. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ÇED, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü, Deniz izleme Kılavuzları, TÜBİTAK MAM Matbaası Kocaeli, 2017.
80. Buia, M. C., Gambi, M. C. ve Dappiano, M., Seagrass Systems, Biologia Marina Mediterranea, 10, (2004) 133-183.
81. Parchevski V.P. ve G.V., P., Analysis of Morphological Characteristics of the Black Sea *Cystoseira* in the Ontogenetic Range Under Natural Conditions, The 3rd All-Union Conference on Marine Algology, 1979, Sevastopol., 96-98.
82. Fernandes, L., Casal, S., Pereira, J. A., Saraiva, J. A. ve Ramalhosa, E., Effects of Different Drying Methods on the Bioactive Compounds and Antioxidant Properties of Edible *Centaurea* (*Centaurea cyanus*) petals, Brazilian Journal of Food Technology, 21, (2018) e2017211.
83. Bouafif, C., Verlaque, M. ve Langar, H., New Contribution to the Knowledge of the Genus *Cystoseira* C. Agardh in the Mediterranean Sea, with the Reinstatement of Species Rank for *C. schiffneri* Hamel, Cryptogamie, Algologie, 37, 2 (2016) 133-154.
84. Slinkard, K. ve Singleton, V. L., Total Phenol Analysis: Automation and Comparison with Manual Methods, American Journal of Enology and Viticulture, 28, 1 (1977) 49-55.
85. Fukumoto, L. ve Mazza, G., Assessing Antioxidant and Prooxidant Activities of Phenolic Compounds, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48, 8 (2000) 3597-3604.

86. Benzie, I. F. ve Strain, J., [2] Ferric Reducing/Antioxidant Power Assay: Direct Measure of Total Antioxidant Activity of Biological Fluids and Modified Version for Simultaneous Measurement of Total Antioxidant Power and Ascorbic Acid Concentration, Methods in Enzymology, 299, (1999) 15-27.
87. Cuendet, M., Hostettmann, K., Potterat, O. ve Dyatmiko, W., Iridoid Glucosides with Free Radical Scavenging Properties from *Fagraea blumei*, Helvetica Chimica Acta, 80, 4 (1997) 1144-1152.
88. Kara, Y., Can, Z. ve Kolaylı, S., What Should Be the Ideal Solvent Percentage and Solvent-Propolis ratio in the Preparation of Ethanolic Propolis Extract?, Food Analytical Methods, 15, 6 (2022) 1707-1719.
89. Kara, Y., Can, Z. ve Kolaylı, S., Applicability of Phenolic Profile Analysis Method Developed with RP-HPLC-PDA to some Bee Product, Brazilian Archives of Biology and Technology, 65, (2022).
90. Alpaydin, E., Introduction to Machine Learning, Fourth ed., MIT press, Cambridge, 2020.
91. Kumar, K. S., Kumari, S., Singh, K. ve Kushwaha, P., Influence of Seasonal Variation on Chemical Composition and Nutritional Profiles of Macro-and Microalgae, Recent Advances in Micro and Macroalgal Processing: Food and Health Perspectives, (2021) 14-71.
92. Mikami, K., Takio, S., Hiwatashi, Y. ve Kumar, M., Environmental Stress-Promoting Responses in Algae, Frontiers in Marine Science, (2021).
93. Baghdadli, D., Tremblin, G., Pellegrini, M. ve Coudret, A., Effects of Environmental Parameters on Net Photosynthesis of a Free-Living Brown Seaweed, *Cystoseira barbata* Formarepens: Determination oOptimal Photosynthetic Culture Conditions, Journal of Applied Phycology, 2, 3 (1990) 281-287.
94. Alves, J. d. P., Bessa Junior, A. P. ve Henry-Silva, G. G., Salinity Tolerance of Macroalgae *Gracilaria birdiae*, Ciência Rural, 51, (2020).
95. Krivoguz, D., Mal'ko, S. ve Semenova, A., Spatial Analysis of Salinity Distribution Patterns in Upper Layers of the Black Sea, E3S Web of Conferences, 2020, 03010.
96. Özyurt, N. N., Bayari, C. S., Dogdu, M. S. ve Arikan, A., Akkuyu Körfezi (Mersin) Deniz Suyunun Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerini Etkileyen Süreçler, Yerbilimleri, 22, 24 113-126.
97. Alkan, A., Serdar, S., Fidan, D., Akbaş, U., Zengin, B. ve Kiliç, M. B., Spatial, Temporal, and Vertical Variability of Nutrients in the Southeastern Black Sea, Chemosphere, 302, (2022) 134809.
98. Lise Middelboe, A. ve Juel Hansen, P., Direct Effects of pH and Inorganic Carbon on Macroalgal Photosynthesis and Growth, Marine Biology Research, 3, 3 (2007) 134-144.

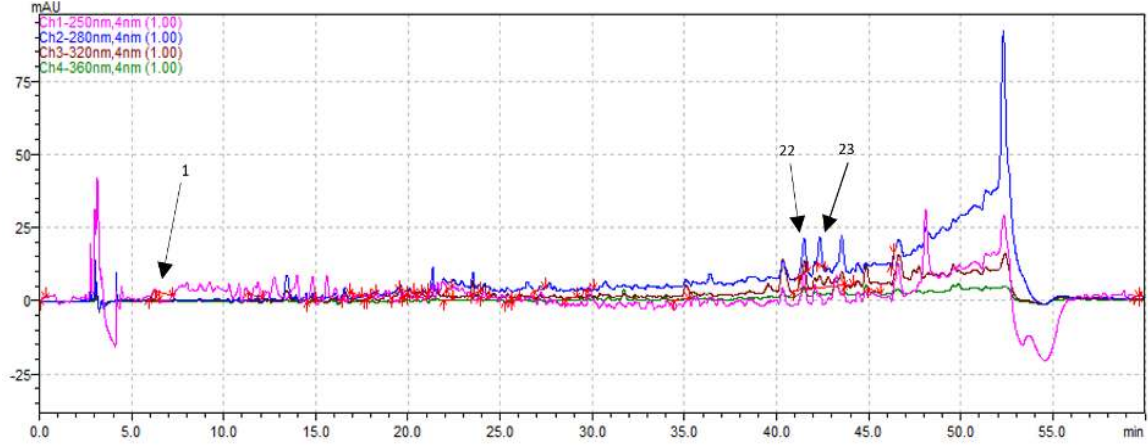
99. Celis-Pla, P. S., Hall-Spencer, J. M., Horta, P. A., Milazzo, M., Korbee, N., Cornwall, C. E. ve Figueroa, F. L., Macroalgal Responses to Ocean Acidification Depend on Nutrient and Light Levels, Frontiers in Marine Science, 2, (2015) 26.
100. Swanson, A. K. ve Fox, C. H., Altered Kelp (Laminariales) Phlorotannins and Growth Under Elevated Carbon Dioxide and Ultraviolet-B Treatments can Influence Associated Intertidal Food Webs, Global Change Biology, 13, 8 (2007) 1696-1709.
101. Akcali, I. ve Kucuksezgin, F., A Biomonitoring Study: Heavy Metals in Macroalgae from Eastern Aegean Coastal Areas, Marine Pollution Bulletin, 62, 3 (2011) 637-645.
102. Nwoye, C., Nwosu, I., Nwakpa, S., Odo, J., Ede, S. ve Idenyi, N., Predictability of the Electrical Conductivity of In Situ Sea Water as a Function of its pH, Journal of Ocean Research, 2, 2 (2014) 23-27.
103. Haroon, A. M., Hussian, A.-E. M. ve El-Sayed, S. M., Deviations in the Biochemical Structure of Some Macroalgal Species and Their Relation to the Environmental Conditions in Qarun Lake, Egypt, The Egyptian Journal of Aquatic Research, 44, 1 (2018) 15-20.
104. Nacar, S., Bayram, A., Baki, O. T., Kankal, M. ve Aras, E., Spatial Forecasting of Dissolved Oxygen Concentration in the Eastern Black Sea Basin, Turkey, Water, 12, 4 (2020) 1041.
105. Alkan, N. ve Tüfekçi, M., Distributions of Dissolved Forms of Manganese and Iron in the Water Column of Southeastern Black Sea, Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 9, 2 (2009).
106. Alam, M. N., Bristi, N. J. ve Rafiquzzaman, M., Review on In Vivo and In Vitro Methods Evaluation of Antioxidant Activity, Saudi Pharmaceutical Journal, 21, 2 (2013) 143-152.
107. Romulo, A., The Principle of Some In vitro Antioxidant Activity Methods, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2020, 012177.
108. Michiels, J. A., Kevers, C., Pincemail, J., Defraigne, J. O. ve Dommes, J., Extraction Conditions can Greatly Influence Antioxidant Capacity Assays in Plant Food Matrices, Food Chemistry, 130, 4 (2012) 986-993.
109. Manev, Z. K. ve Petkova, N. T., Component Composition and Antioxidant Potential of *Cystoseira barbata* from the Black Sea, Bulletin of the Transilvania University of Brasov. Series II: Forestry• Wood Industry• Agricultural Food Engineering, (2021) 163-172.
110. Trifan, A., Luca, S., Wolfram, E., Vasincu, A., Opitz, E., Aprotosoiaie, A., Miron, A., Jitareanu, A., Neophytou, C. ve Constantinou, I., *Cystoseira barbata* C. Agardh from Romanian Black Sea Coast: Phlorotannins Profile, In Vitro Antioxidant and Antiproliferative Potential, Planta Medica, 85, 18 (2019) 298.

111. Aslan, E., Aksu, A., Korkmaz, N. E., Taskin, O. S. ve Caglar, N. B., Monitoring the Antioxidant Activities by Extracting the Polyphenolic Contents of Algae Collected from the Bosphorus, Marine Pollution Bulletin, 141, (2019) 313-317.
112. Bölek, S., Effects of Different Drying Methods on The Bioactive Compunds and Antioxidant Activity of The Edible Algae *Cystoseira Barbata*, Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 7, 4 (2020) 848-854.
113. Ak, I. ve Turker, G., Antioxidant Activity of Five Seaweed Extracts, New knowledge Journal of science, 7, 2 (2018) 149-155.
114. Trifan, A., Bucur, L., Sava, D., Cioanca, O., Hancianu, M. ve Miron, A., In Vitro Antioxidant Activity, Phenolic Content and Profile of *Cystoseira barbata* from Romanian Black Sea, Planta Medica, 81, 16 (2015) PM_180.
115. Benmahdjoub, M., Belyagoubi-Benhammou, N., Belyagoubi, L., Aissaoui, G., El Zerey-Belaskri, A., Kerzabi-Kanoun, K., Benguedda-Rahal, W. ve Atik-Bekkara, F., Seasonal Variation in Polyphenol Content and Antioxidant Activity of the Brown Alga *Cystoseira amentacea* var. *stricta* (Sargassaceae) from Northwest Coast of Algeria, Algerian Journal of Environmental Science and Technology, (2021).
116. Vizetto-Duarte, C., Custódio, L., Acosta, G., Lago, J. H., Morais, T. R., de Sousa, C. B., Gangadhar, K. N., Rodrigues, M. J., Pereira, H. ve Lima, R. T., Can Macroalgae Provide Promising Anti-tumoral Compounds? A Closer Look at *Cystoseira tamariscifolia* as a Source for Antioxidant and Anti-hepatocarcinoma Compounds, PeerJ, 4, (2016) e1704.
117. Bevilacqua, S., Savonitto, G., Lipizer, M., Mancuso, P., Ciriaco, S., Srijemsi, M. ve Falace, A., Climatic Anomalies May Create a Long-lasting Ecological Phase Shift by Altering the Reproduction of a Foundation Species, Ecology, 100, 12 (2019) 1-4.
118. Plouguerné, E., Le Lann, K., Connan, S., Jechoux, G., Deslandes, E. ve Stiger-Pouvreau, V., Spatial and Seasonal Variation in Density, Reproductive Status, Length and Phenolic Content of the Invasive Brown Macroalga *Sargassum muticum* (Yendo) Fensholt Along the Coast of Western Brittany (France), Aquatic Botany, 85, 4 (2006) 337-344.
119. Hrólfssdóttir, A. Þ., Arason, S., Sveinsdóttir, H. I. ve Gudjónsdóttir, M., Added Value of *Ascophyllum nodosum* Side Stream Utilization during Seaweed Meal Processing, Marine Drugs, 20, 6 (2022) 340.

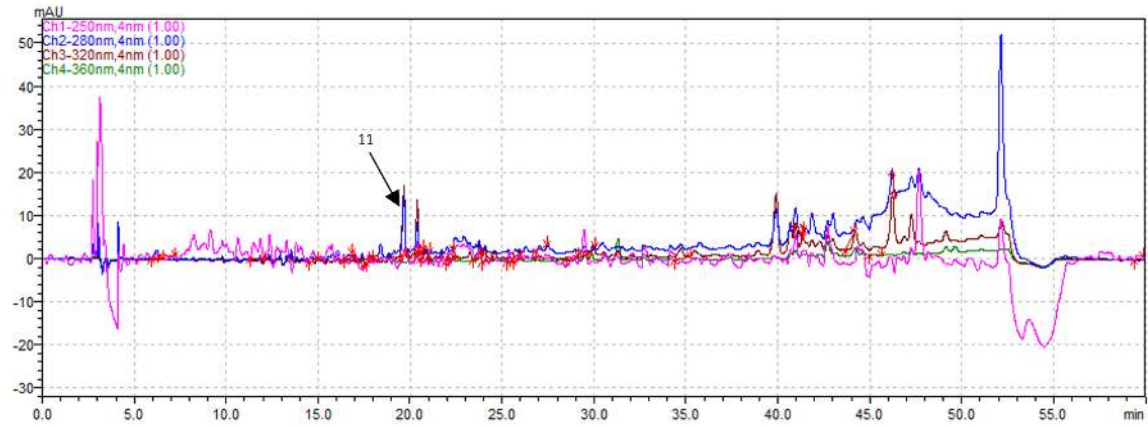
8. EKLER

Treptacantha barbata (TB)'nin mevsim ve istasyona bağı fenolik kromatogramları aşağıda verilmiştir.

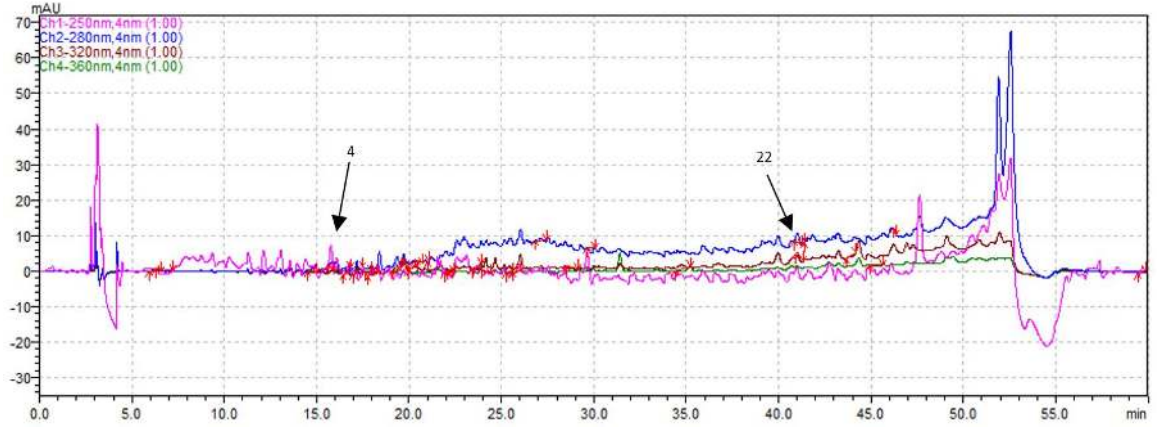
Ek Şekil 1: TB'nin İlkbahar Mevsimi St2 İstasyonu Fenolik Kromatogramı



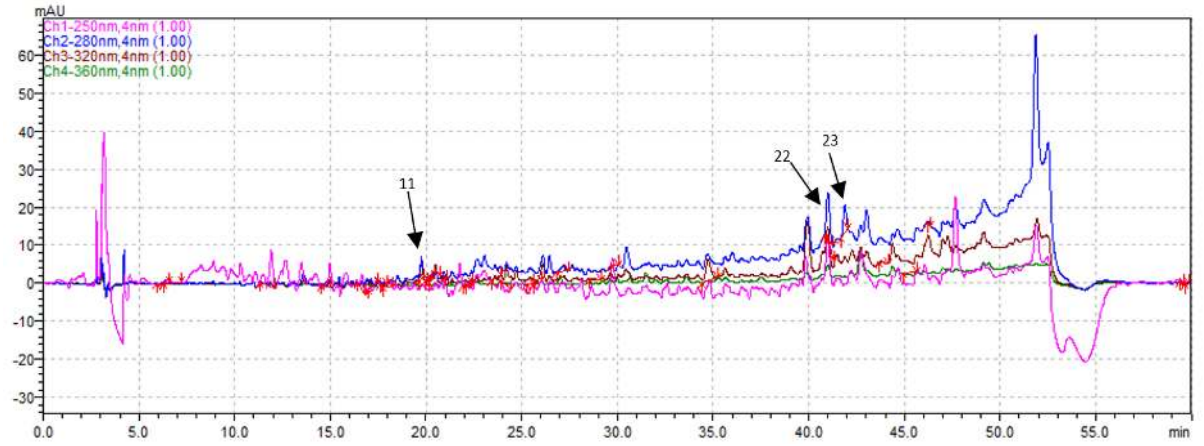
Ek Şekil 2: TB'nin İlkbahar Mevsimi St4 İstasyonu Fenolik Kromatogramı



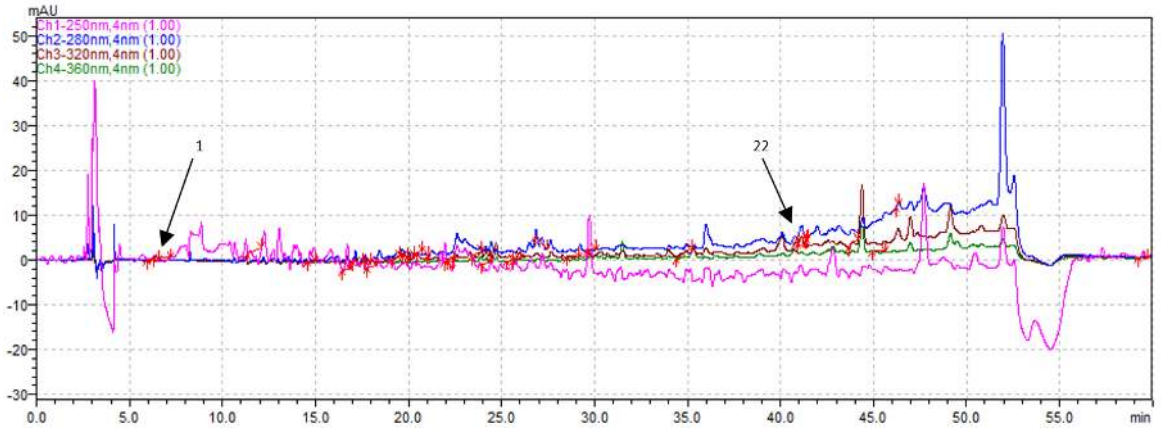
Ek Şekil 3: TB'nin İlkbahar Mevsimi St1 İstasyonu Fenolik Kromatogramı



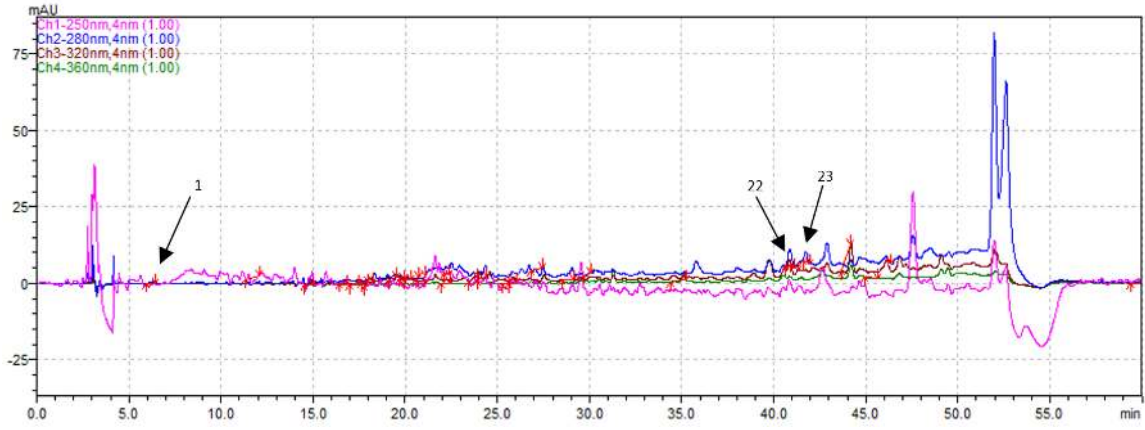
Ek Şekil 4: TB'nin İlkbahar Mevsimi St3 İstasyonu Fenolik Kromatogramı



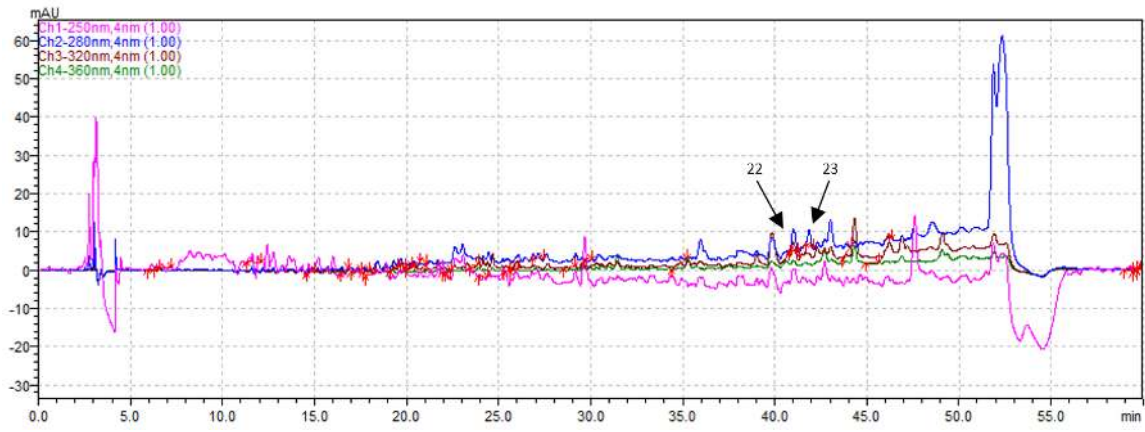
Ek Şekil 5: TB'nin Yaz Mevsimi St2 İstasyonu Fenolik Kromatogramı



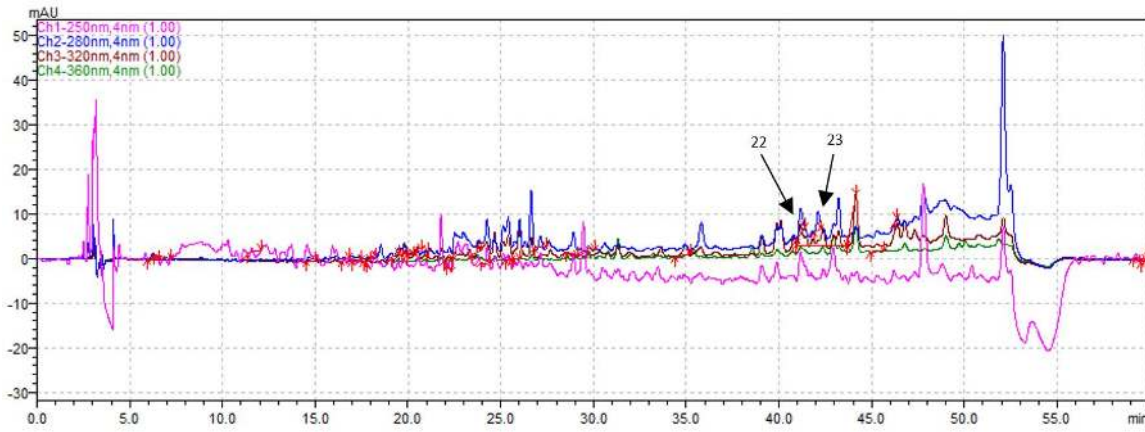
Ek Şekil 6: TB'nin Yaz Mevsimi St4 İstasyonu Fenolik Kromatogramı



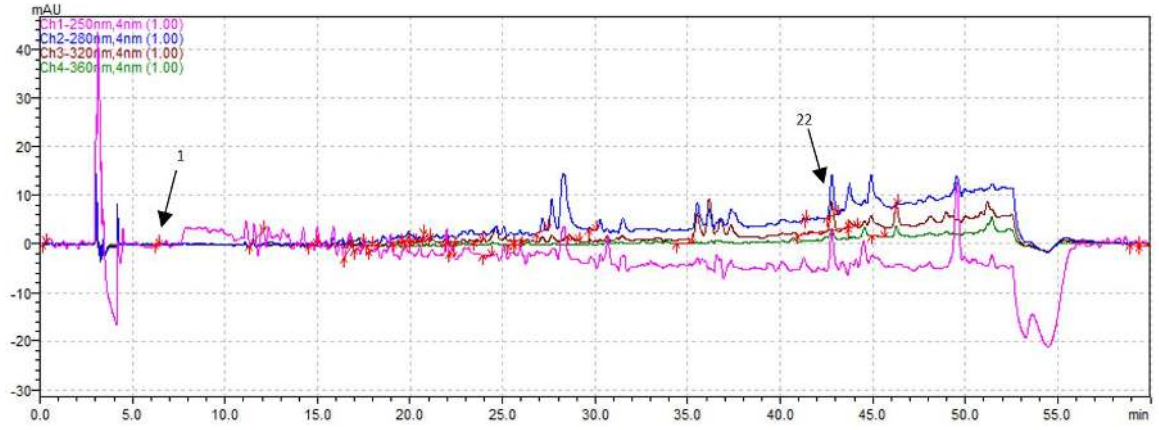
Ek Şekil 7: TB'nin Yaz Mevsimi St1 İstasyonu Fenolik Kromatogramı



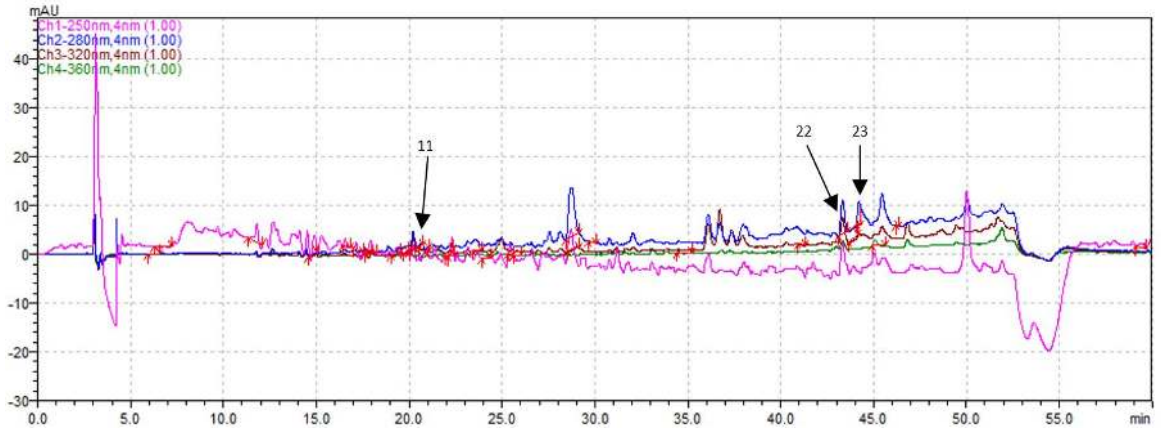
Ek Şekil 8: TB'nin Yaz Mevsimi St3 İstasyonu Fenolik Kromatogramı



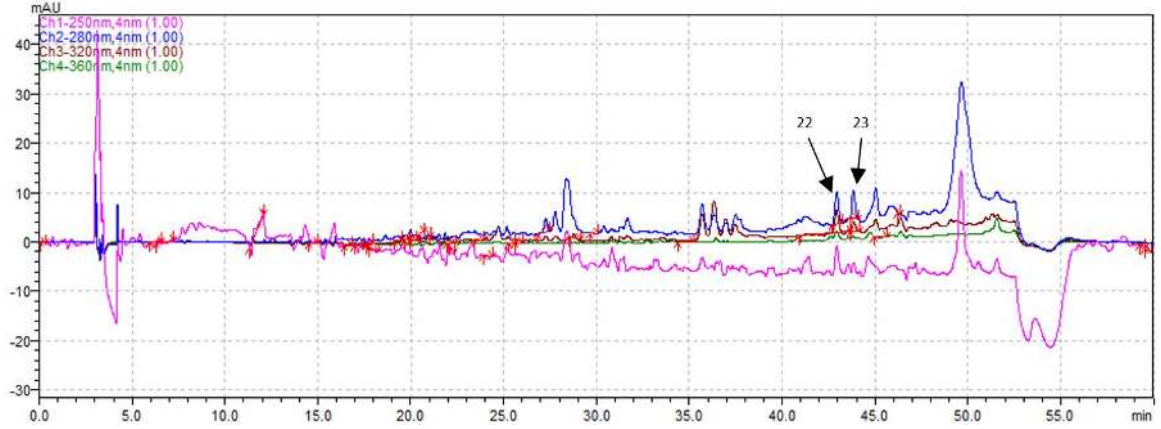
Ek Şekil 9: TB'nin Sonbahar Mevsimi St2 İstasyonu Fenolik Kromatogramı



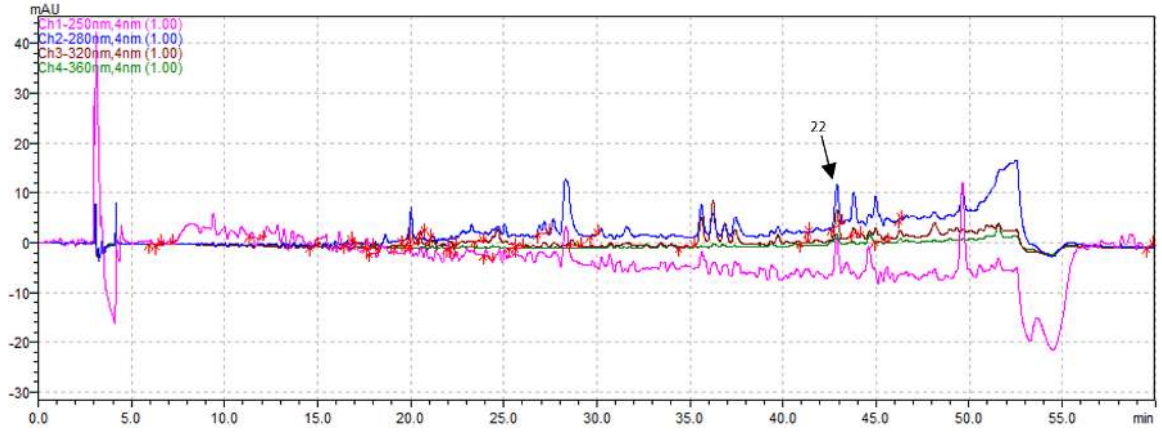
Ek Şekil 10: TB'nin Sonbahar Mevsimi St4 İstasyonu Fenolik Kromatogramı



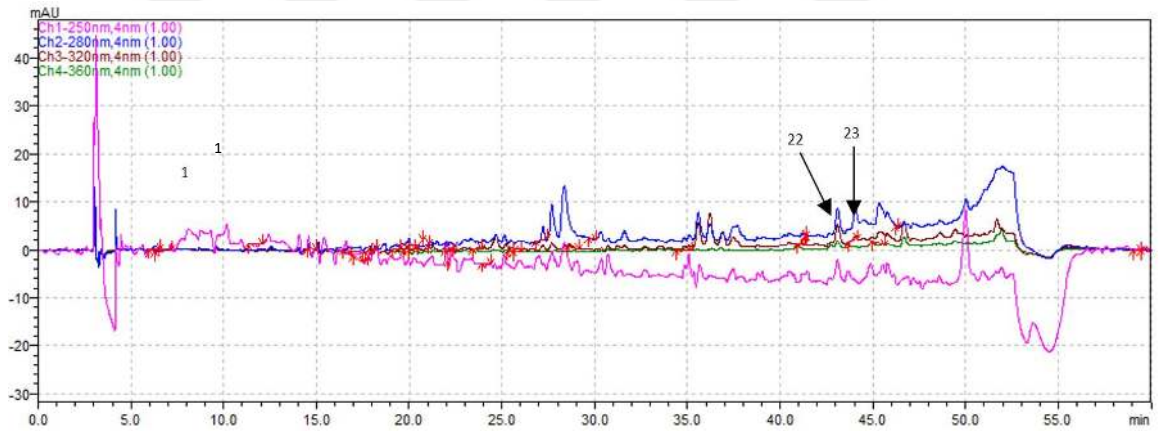
Ek Şekil 11: TB'nin Sonbahar Mevsimi St1 İstasyonu Fenolik Kromatogramı



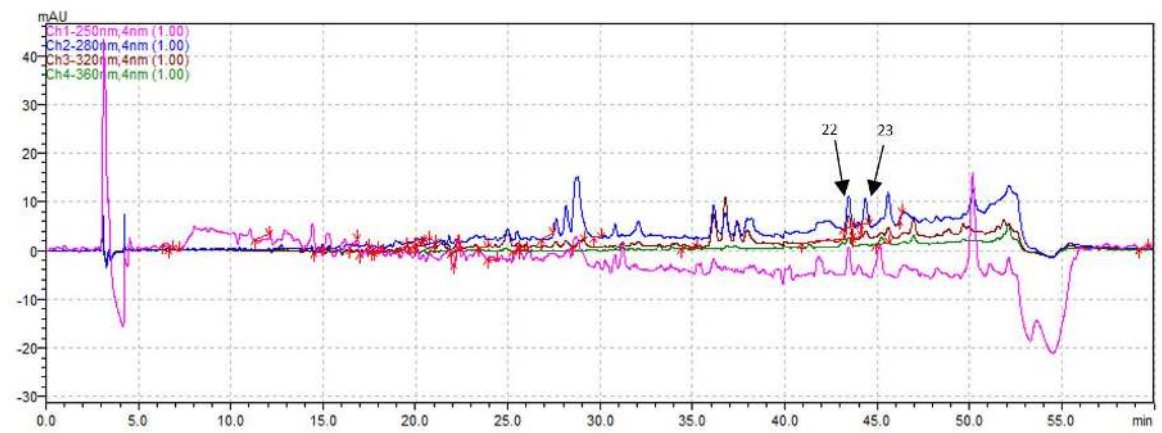
Ek Şekil 12: TB'nin Sonbahar Mevsimi St3 İstasyonu Fenolik Kromatogramı



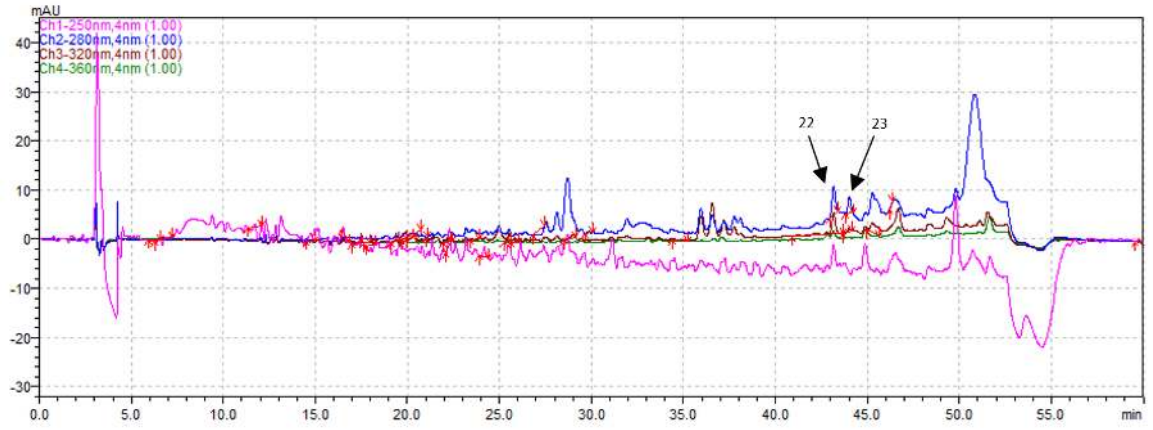
Ek Şekil 13: TB'nin Kış Mevsimi St2 İstasyonu Fenolik Kromatogramı



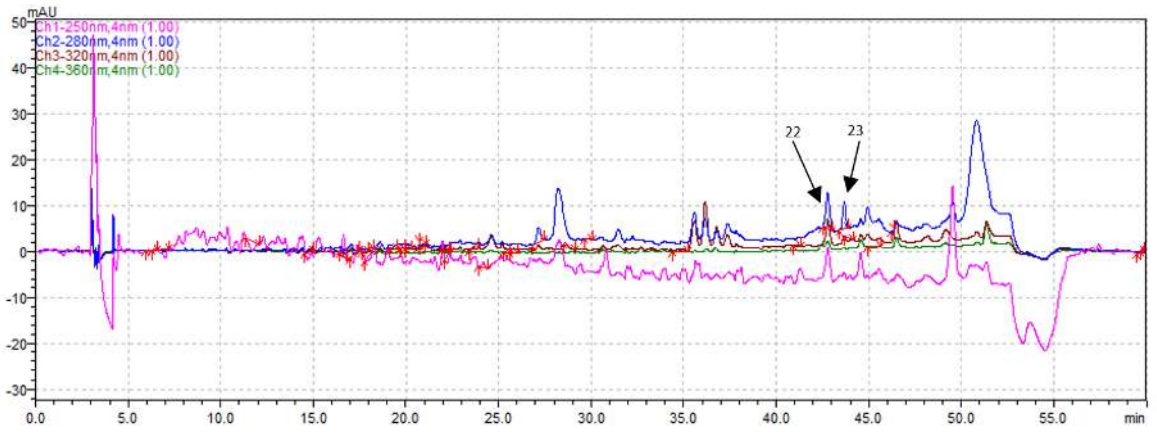
Ek Şekil 14: TB'nin Kış Mevsimi St4 İstasyonu Fenolik Kromatogramı



Ek Şekil 15: TB'nin Kış Mevsimi St1 İstasyonu Fenolik Kromatogramı



Ek Şekil 16: TB'nin Kış Mevsimi St3 İstasyonu Fenolik Kromatogramı



ÖZGEÇMİŞ

İlköğrenim ve Liseyi İstanbul'da tamamladı. 2009 yılında K.T.Ü. Deniz Bilimleri Fakültesi Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. 2009–2010 Eğitim Öğretim yılında K.T.Ü. Yabancı Diller Yüksek Okulunda bir yıl İngilizce hazırlık okudu. 2010-2011 yılları arası vatani görevini tamamladı. 2011 yılında K.T.Ü. Deniz Bilimleri Fakültesi Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği bölümüne ÖYP araştırma görevlisi olarak atandı. Aynı yıl yüksek lisans eğitimine başladı. Halen K.T.Ü. Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği bölümünün de araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır. Evli ve iki çocuk babasıdır.

