

***Polysiphonia morrowii* Harvey TÜRÜ ÜZERİNE TUZLULUĞUN
ETKİLERİ**

Mihriban ÇETİN



T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

***Polysiphonia morrowii* Harvey TÜRÜ ÜZERİNE TUZLULUĞUN ETKİLERİ**

Mihriban ÇETİN

Prof. Dr. Şükran DERE
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

BURSA-2014

TEZ ONAYI

Mihriban ÇETİN tarafından hazırlanan “*Polysiphonia morrowii* Harvey türü üzerine tuzluluğun etkileri” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Şükran DERE

Başkan: Prof. Dr. Şükran DERE
Uludağ Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü,
Hidrobiyoloji Anabilim Dalı.

Üye: Yrd. Doç. Dr. Arzu TEKSOY
Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği
Bölümü, Çevre Bilimleri Anabilim Dalı

Üye: Yrd. Doç. Dr. Nurhayat DALKIRAN
Uludağ Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü,
Hidrobiyoloji Anabilim Dalı

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Ali Osman DEMİR
Enstitü Müdürü

.../.../.....

U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

12/01/2014

Mihriban ÇETİN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Polysiphonia morrowii Harvey TÜRÜ ÜZERİNE TUZLULUĞUN ETKİLERİ

Mihriban ÇETİN

Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Şükran DERE

Okyanusların artan sıcaklığının, yıllık döngü içerisinde buzların erken eriyip geç donmasına, artan yağışlara ve deniz suyunun tuzluluğunun azalmasına neden olacağı düşünülmektedir. Deniz suyunun tuzluluğundaki değişimlerin, deniz yosunu komünitelerini etkilemesi beklenilmektedir. Bu çalışmada deniz yosunlarının, tuzluluk değişimlerinden nasıl etkileneceğini belirlemek amacıyla *P. morrowii* Harvey türü kullanılmıştır. Deniz yosunu örnekleri, Gemlik Körfezi'ndeki Altıntaş istasyonundan Nisan 2013'te toplanıp laboratuvara getirilmiş, diğer değişkenler kontrol altında tutularak 4 farklı tuz derişimine (%10, %23, %33, %42) sahip ortamda 4 hafta boyunca kültüre alınmıştır. Örneklerin toplam protein, klorofil-a, fikosiyenin, fikoeritrin, toplam fenol, toplam yağda ve suda çözünen antioksidan miktarları haftalık olarak ölçülürken, karbonik anhidraz aktivitesi ve toplam katı organik madde miktarları sadece son haftada belirlenmiştir. *P. morrowii* türünün biyokimyasal özelliklerinin, tuzluluktan nasıl etkilendiği belirlenmeye çalışılmıştır.

Deney sonuçlarına göre genel olarak %33 tuz derişimine sahip ortamdaki örneklerin; protein, fikosiyenin, toplam fenol, fikoeritrin, klorofil-a (%42 hariç), suda çözünen antioksidan değerleri, diğer uygulamalarda elde edilen değerlerden düşük bulunmuştur. %33 tuz derişimine sahip ortamda yetiştirilen *P. morrowii* türünün antioksidan özelliğe sahip madde miktarlarının düşük olması, bu türün yaşam alanının %33 tuz derişimine sahip su ortamları olabileceğini düşündürmüştür. *P. morrowii* türüne 2001 yılında Marzocchi ve ark. tarafından ilk kez Akdeniz'de rastlanmış olması türün Marmara'ya göre daha tuzlu bir ortamda yaşadığı fikrini doğrulamaktadır. Toplam fenol, fikosiyenin, fikoeritrin, toplam protein, suda çözünen antioksidan değerleri %10, 23, 42 tuz derişimlerinde; yağda çözünen antioksidan değerleri %10 tuz derişimlerinde, daha yüksek seviyelerde saptanmıştır. Yüksek antioksidan içerik, tuzluluğa tolerans ile ilişki göstermektedir. Klorofil-a değerleri ise düşük tuz derişimlerinde (%10, %23) artış gösterirken %42 tuz derişiminde azalma göstermiştir. Diğer yandan *P. morrowii*, yüksek tuz derişimlerinde (%33, %42) bünyesindeki toplam katı organik madde miktarını artırarak hücre içi yoğunluğunu korumaya çalışmıştır. Türün karbonik anhidraz aktivitesi, tuzluluktan etkilenmiş ve karbonik anhidraz değerleri, toplam katı organik madde miktarındaki değerlere benzerlik göstermiştir.

Yapılan çalışma, *P. morrowii* türünün tuzluluk değişimlerinden etkilendiğini göstermiştir. Fakat *P. morrowii* çeşitli savunma stratejileri ile değişen tuzluluk koşullarına uyum sağlayabilmiş ve tuzluluğa toleranslı bir tür olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tuzluluk, *Polysiphonia*, Fenolik Bileşikler, Antioksidan

2014, ix+81 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

THE EFFECTS OF SALINITY ON *Polysiphonia morrowii* Harvey

Mihriban ÇETİN

Uludag University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Biology

Supervisor: Prof. Dr. Şükran DERE

It is thought that the rise in temperature of oceans may cause the ice to melt early and to freeze late in annual cycle, an increase in rainfall and a decrease in salinity of seawater. It is expected that the changes in salinity of sea water would affect communities of seaweeds. In this study, *P. morrowii* Harvey species was used in order to determine how seaweeds are affected by change in salinity of sea water. The seaweed samples were collected from Altıntaş station in Gemlik Gulf and transported to the laboratory in April, 2013. The seaweeds were cultured for four weeks four different salt concentrations (10‰, 23‰, 33‰, 42‰) with other variables held constant. While the amounts of total protein, chlorophyll-a, phycocyanin, phycoerythrin, total phenol, total water and oil soluble antioxidant were measured on weekly basis; activity of carbonic anhydrase and total solid organic matter was determined at the last week of the experiment. It has been tried to be determined how the biochemical characteristics of *P. morrowii* were affected by salinity.

According to experiment results, total protein, phycocyanin, total phenol, phycoerythrin, chlorophyll-a (excluding 42‰) and water soluble antioxidant of the samples in the medium at 33‰ salinity were generally found to be lower than the levels obtained in other application. It has been thought that the living space of *P. morrowii* species may have 33‰ salinity because the antioxidant substance amounts of *P. morrowii* species which were grown in the medium with 33‰ salinity was low. The first encounter with *P. morrowii* species in Mediterranean Sea in 2001 by Marzocchi and his friends confirms that this species inhabits a saltier environment than Marmara Sea. Total phenol, phycocyanin, phycoerythrin, total protein and water soluble antioxidant levels were higher in 10‰, 23‰, 42‰ salt concentrations, whereas oil soluble antioxidant levels were higher in 10‰ salt concentrations. High antioxidant content is in relation with tolerance for salinity. The values of chlorophyll-a increased in low salt concentrations (10‰, 23‰) while it showed a decrease in 42‰ salt concentrations. On the other hand, *P. morrowii* tried to protect its intracellular density in high salt concentrations (33‰, 42‰) by increasing the amount of total solid organic matter in its structure. Carbonic anhydrase activity of the species was affected by salinity and showed a similar trend with that of total solid organic matter values.

This study shows that *P. morrowii* species is affected by the changes in salinity. However, *P. morrowii* is determined as a species which is tolerant to salinity because of its adaptation to changing salt concentrations with various defence mechanisms.

Key words: Salinity, Polysiphonia, Phenolic compounds, Antioxidant

2014, ix+81 pages.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmalarım süresince yakın ilgi ve desteğini esirgemeyen, duygu ve düşüncelerimi özenle dinleyip değerli fikirleriyle beni yönlendiren kıymetli tez danışmanım Prof. Dr. Şükran DERE'ye ,

Tez konusunun seçilmesinde, metotların oturtulmasında ve kimyasal maddelerin temin edilmesinde yardımcı olan, deneysel çalışmalarım sırasında tecrübelerini benimle paylaşıp emeğini ve zamanını harcayan, manevi olarak varlığı ile bana güç veren değerli hocam Arş. Gör. Dr. Gamze YILDIZ'a,

Tezimin yazılması, değerlendirilmesi sırasında kendisinden çok kısa sürede çok şey öğrendiğim, yardımlarını unutmayacağım değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Egemen DERE'ye,

Tez örneğimin teşhisinde bana her türlü yardımda bulunan Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi'nde görev yapmakta olan sayın Doç Dr. Hüseyin ERDUĞAN'a ve kıymetli arkadaşım Ali Rahmi Fırat'a,

Arazi çalışmalarım sırasında örneklerin toplanmasına katkıda bulunan Uludağ Üniversitesi Sualtı Topluluğu (USAT) üyelerine,

Ömürleri boyunca bizim için çalışıp bize tüm mutlulukları tattırmaya çalışan, maddi ve manevi olarak ömrüm boyunca yanımda olup varlıklarıyla bana güç veren anneme ve babama,

Bilgisayar ve ingilizce ile ilgili sorunlarımda bana yardımcı olan canım kardeşim Şeref ÖZEN'e ve değerli arkadaşım Arş. Gör. Mehmet SARIMAHMUT'a,

Araştırmalarım ve iş hayatım sırasında beni anlayışla karşılayıp bana destek olan, tezimin edebî ve biçimsel açıdan değerlendirilmesine katkıda bulunan değerli eşim Bünyamin ÇETİN'e,

Son olarak da hayattaki varlığıyla bana güç ve mutluluk veren kızım Zeynep Tanem ÇETİN'e,

sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Mihriban ÇETİN
12/01/2014

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGE ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	10
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	23
3.1. Çalışma Alanının Tanımı ve Örnek Alma İstasyonu.....	23
3.2. Örneklerin Toplanması ve Saklanması.....	23
3.3. Fiziksel ve Kimyasal Analizler.....	26
3.4. Biyokimyasal Analizler.....	27
3.4.1. Toplam protein.....	28
3.4.2. Klorofil-a.....	28
3.4.3. Fikoeritrin ve fikosiyanin.....	28
3.4.4. Toplam fenol.....	29
3.4.5. Toplam suda ve yağda çözünen antioksidan.....	29
3.4.6. Karbonik anhidraz aktivitesi.....	30
3.4.7. Toplam katı organik madde.....	30
3.5. İstatistik.....	31
4. BULGULAR.....	32
4.1. Fiziksel ve Kimyasal Analizler.....	32
4.2. Biyokimyasal Analizler.....	33
4.2.1. Toplam protein.....	33
4.2.2. Klorofil-a.....	36
4.2.3. Fikosiyanin.....	38
4.2.4. Fikoeritrin.....	40
4.2.5. Toplam fenol.....	42
4.2.6. Toplam suda ve yağda çözünen antioksidan.....	44

4.2.6.1. Suda çözünen antioksidan	44
4.2.6.2. Yağda çözünen antioksidan	46
4.2.7. Karbonik anhidraz aktivitesi	48
4.2.8. Toplam katı organik madde	49
5. SONUÇ VE TARTIŞMA	52
KAYNAKLAR	67
ÖZGEÇMİŞ	81

SİMGE ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
%	Yüzde
‰	Binde
μ	Mikron
μl	Mikrolitre
μmol	Mikromol
A	Absorbans
°C	Santigrat Derece
Ca ⁺²	Kalsiyum İyonu
CaCl ₂	Kalsiyum Klorür
CaCO ₃	Kalsiyum Karbonat
Cl ⁻	Klor İyonu
cm	Santimetre
CO ₂	Karbondioksit
F _v /F _m	PSII'nin Maksimum Kuantum Ürünü
g	Gram
g	Yer Çekimi İvmesi
GSSG	Okside Glutasyon
HCO ₃ ⁻	Bikarbonat İyonu
H ₂ O ₂	Hidrojen Peroksit
K ⁺	Potasyum İyonu
KCl	Potasyum Klorür
km	Kilometre
l	Litre
M	Molar
m	Metre
mg	Miligram
ml	Mililitre
mM	Milimolar
Mn ⁺²	+2 Değerlikli Mangan İyonu
Mn ⁺⁴	+4 Değerlikli Mangan İyonu
mS	Milisiemens
N	Azot
Na ⁺	Sodyum İyonu
NaCl	Sodyum Klorür
Na ₂ CO ₃	Sodyum Karbonat
NH ₄ -N	Amonyum Azotu
nm	Nanometre
NO ₂ ⁻	Nitrit
NO ₃ ⁻	Nitrat
NO ₂ -N	Nitrit Azotu
NO ₃ -N	Nitrat Azotu

P	Fosfor
P _{max}	Maksimum Fotosentetik Kapasite
PO ₄ -P	Fosfat
s	Saniye
U	Unit (Birim)

Kısaltmalar

Açıklama

APX	Askorbat Peroksidaz
CA	Karbonik Anhidraz
ÇO	Çözünmüş Oksijen
DHAR	Dehidroaskorbat Redüktaz
DMF	N,N-Dimetilformamid
DMSP	Dimetilsülfopropionat
EC	Enzyme Comission Number (Enzim Komisyonu Numarası)
Eİ	Elektrikel İletkenlik
EDTA	Etilen Diamin Tetra Asetik Asit
FA	Fulvik Asit
GR	Glutasyon Redüktaz
KA	Kuru Ağırlık
KAT	Katalaz
MHAR	Monodehidroaskorbat Redüktaz
PSI	Fotosistem I
PSII	Fotosistem II
ROT	Reaktif Oksijen Türleri
SCUBA	Self Contained Underwater Breathing Apparatus (Bağımsız sualtı solunum cihazı)
SOD	Süperoksit Dismutaz
ss	Standart Sapma
T	Sıcaklık
TÇM	Toplam Çözünmüş Madde
TOK	Toplam Organik Karbon
TTC	2,3,5-trifeniltetrazolium klorid
UV	Ultraviyole
UV-A	Ultraviyole-A
UV-B	Ultraviyole-B
YA	Yaş Ağırlık

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. <i>P. morrowii</i> türünün genel görünümü	8
Şekil 3.1. Türkiye'nin genel konumu, Marmara Denizi ve Altıntaş istasyonu	24
Şekil 4.1. <i>P. morrowii</i> türünde zamana ve tuzluluğa bağlı olarak toplam protein miktarları	35
Şekil 4.2. <i>P. morrowii</i> türünde zamana ve tuzluluğa bağlı olarak klorofil-a miktarları	37
Şekil 4.3. <i>P. morrowii</i> türünde zamana ve tuzluluğa bağlı olarak fikosiyanin miktarları	38
Şekil 4.4. <i>P. morrowii</i> türünde zamana ve tuzluluğa bağlı olarak fikoeritrin miktarları	41
Şekil 4.5. <i>P. morrowii</i> türünde zamana ve tuzluluğa bağlı olarak toplam fenol miktarları	43
Şekil 4.6. <i>P. morrowii</i> türünde zamana ve tuzluluğa bağlı olarak suda çözünen antioksidan miktarı	45
Şekil 4.7. <i>P. morrowii</i> türünde zamana ve tuzluluğa bağlı olarak yağda çözünen antioksidan miktarı	47
Şekil 4.8. <i>P. morrowii</i> türünde tuzluluğa bağlı olarak CA aktivitesi ...	49
Şekil 4.9. <i>P. morrowii</i> türünde tuzluluğa bağlı olarak toplam katı organik madde miktarı	50

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 1.1. Deniz yosunlarının yıllara göre (ton olarak) dünyadaki üretimi.....	3
Çizelge 4.1. <i>P. morrowii</i> türünün toplandığı ortamın ve türün kültüre alındığı ortamın fiziksel ve kimyasal değişkenlerinin ölçüm değerleri	33
Çizelge 4.2. Farklı tuz derişimlerinde kültüre alınan <i>P. morrowii</i> örneklerinde protein değerleri için çift yönlü ANOVA sonuçları	36
Çizelge 4.3. Farklı tuz derişimlerinde kültüre alınan <i>P. morrowii</i> örneklerinde klorofil-a değerleri için çift yönlü ANOVA sonuçları.....	38
Çizelge 4.4. Farklı tuz derişimlerinde kültüre alınan <i>P. morrowii</i> örneklerinde fikosiyanın değerleri için çift yönlü ANOVA sonuçları	39
Çizelge 4.5. Farklı tuz derişimlerinde kültüre alınan <i>P. morrowii</i> örneklerinde fikoeittrin değerleri için çift yönlü ANOVA sonuçları.....	42
Çizelge 4.6. Farklı tuz derişimlerinde kültüre alınan <i>P. morrowii</i> örneklerinde toplam fenol değerleri için çift yönlü ANOVA sonuçları	44
Çizelge 4.7. Farklı tuz derişimlerinde kültüre alınan <i>P. morrowii</i> örneklerinde suda çözünen antioksidan değerleri için çift yönlü ANOVA sonuçları	46
Çizelge 4.8. Farklı tuz derişimlerinde kültüre alınan <i>P. morrowii</i> örneklerinde yağda çözünen antioksidan değerleri için çift yönlü ANOVA sonuçları	48
Çizelge 4.9. Farklı tuz derişimlerinde kültüre alınan <i>P. morrowii</i> örneklerinde CA değerleri için tek yönlü ANOVA sonuçları	49
Çizelge 4.10. Farklı tuz derişimlerinde kültüre alınan <i>P. morrowii</i> örneklerinde CA değerleri için tek yönlü ANOVA sonuçları	50

1. GİRİŞ

Deniz ekosisteminde besin zincirinin ilk basamağında yer alan deniz yosunları, biyolojik, ekolojik ve ticari açıdan önemli olan canlılardır. Fotosentez olayı ile oksijen üretmelerinin yanı sıra deniz yosunlarının oluşturduğu topluluklar, deniz faunasına habitat ve yuva sağlamakta (Wilson ve ark. 1990, Airoidi ve ark. 2008) ve bazı canlıların besin kaynağını oluşturmaktadır (Foster ve Hodgson 1998). Bu özelliklerinden dolayı deniz yosunları, ekosistemin dengesini korumada önemli olan organizmalardır.

Deniz yosunları, yüksek miktarda protein, yağ asiti, vitamin ve mineral içerdiği için çok eski zamanlardan bu yana insan gıdası, hayvan yemi, tarımda gübre ve tıbbi ilaç kaynağı olarak kullanılmaktadır (Pinchetti ve ark. 1998, Bocanegra ve ark. 2009). Taze ve kurutulmuş deniz yosunları özellikle Asya ülkelerinde ve Hawaii gibi kıyısız alanlarda yaşayan insanlar tarafından yaygın olarak tüketilmektedir. Uzak Doğu ülkelerinde, Nori, Kombu ve Wakame gibi yerel isimler ile adlandırılan deniz yosunları yiyecek olarak kullanılmaktadır (Watanabe ve Nishizawa 1984). Deniz yosunları düşük kalori, yüksek vitamin, mineral ve lif içeriğinden dolayı son zamanlarda hem araştırmacılar hem de gıda endüstrisi açısından ilgi çekici materyal haline gelmiştir. Yenilebilir deniz yosunlarının beslenme ve hastalıkları önlemedeki etkilerine dair yapılan araştırmalar, bu organizmaların diyet programlarında da kullanılabileceğini göstermektedir (Smit 2004). Diğer yandan deniz yosunları, ürün verimi ve kalitesini artırmada (Khan ve ark. 2009), fikokolloid (agar, karragenan, alginat) (Jimenez-Escrig ve Sanchez-Muniz 2000) ve biyoenerji kaynağı olarak rol oynamada (Graham ve ark. 2009) da önemli organizmalardır.

Son yıllarda deniz yosunlarının tekstil, yakıt, plastik, boya, cila, kozmetik, ilaç, gıda gibi farklı endüstri dallarında kullanılmaya başlanması bu organizmalara olan ilginin artmasına neden olmuştur (Cardozo ve ark. 2007). Deniz yosunlarında, farklı metabolik yollardan elde edilen 15 000'den fazla birincil ve ikincil metabolit kaydedilmiştir (Grosso ve ark. 2011). Bu metabolit tipleri, organizmalar üzerinde dikkate değer pozitif etkilere sahip olduğu için oldukça büyük öneme sahiptirler. Deniz yosunlarından elde

edilen bu metabolitler; antikoagülant (Matsubara ve ark. 2000, Athukorala ve ark. 2007), antiviral (Rodriguez ve Rodriguez-Amaya 2007), antioksidan (Heo ve ark. 2005, Zou ve ark. 2008), antialerjik (Li ve ark. 2008), antikanser (Kong ve ark. 2009), antiinflamatuvar (Kim ve ark. 2009), antiobezite (Maeda ve ark. 2007, Kong ve ark. 2010), antibiyotik (Aoun ve ark. 2010, Tierney ve ark. 2010), antitümör (Zubia ve ark. 2009a), antidiyabetik, antimitojenik ve antihipertansif (El Gamal 2010) gibi özelliklere sahip olarak tanımlanmaktadır. Bu özelliklerinden dolayı deniz yosunlarının, çeşitli tıbbi hastalıkları tedavi edici bir kaynak olarak kullanılması her geçen gün önem kazanmaktadır (Aoun ve ark. 2010, Tierney ve ark. 2010). Bunların yanı sıra deniz yosunları, hayvansal olmayan en önemli sülfatlı polisakkarit kaynağıdır (Preetha ve Devaraj 2010). Başlıca esmer deniz yosunlarından elde edilen algal polisakkaritler, serbest radikal süpürücüleri olarak oksidatif zararı önlemede önemli rol oynamaktadırlar (Kumar ve ark. 2008). Bu yüzden ilaç sanayi sentetik ilaçlara göre daha güvenli olan ve daha az yan etkisi olan deniz yosunu polisakkaritlerini kullanmayı tercih etmektedir (Athukorala ve ark. 2007).

Günümüzde yıllık olarak 18 milyon ton (yaş ağırlık) deniz yosunu ve diğer sucul bitkiler üretilip hasat edilmekte ve değerinin 5 000 milyon dolar olduğu tahmin edilmektedir (FAO 2011). Çizelge 1.1'de deniz yosunlarının yıllara göre dünyadaki üretim miktarları gösterilmektedir. Bu açıdan Türk sularında bol miktarda bulunan deniz yosunlarının biyokimyasal yapısının incelenip değerlendirilmesi Türk ekonomisine katkıda bulunacaktır (Durmaz ve ark. 2008).

Sıcaklık, tuzluluk, ışık, nütrient gibi farklı çevresel faktörler deniz yosunlarının dağılımında, üremesinde ve büyümesinde önemli rol oynamaktadır (Kirst 1989, Lobban ve Harrison 1994). Her tür; kendine ait ideal bir aydınlık, sıcaklık ve tuzluluk değerine sahiptir. Bu faktörler uygun aralığın dışına çıktığında o türün büyümesi ve fotosentez yapması sınırlandırılmaktadır (Wang ve ark. 2012).

Çizelge 1.1. Deniz yosunlarının yıllara göre (ton olarak) dünyadaki üretimi (Khaled 2005).

Toplandığı Bölgeler	1993	1994	1995	1996	1997	% Pay
Dünyadaki toplam Üretim	36,566	71,624,40	141,389,25	280,902,9	559,888,07	100,0
Çin	18,511	36,821,08	73,346,026	146,377,6	292,44,630	52,23
Kore	3,594	7,166,892	14,316,784	28,618,56	57,221,136	10,22
Japonya	3,411	6,453,944	12,418,978	24,426,74	48,476,658	8,66
Filipinler	2,704	5,031,093	9,606,416	18,666,50	36,720,567	6,56
Şili	1,241	2,403,421	4,702,937	9,243,340	18,325,732	3,27
Norveç	0,904	1,809,090	3,618,180	7,236,360	14,472,720	2,58
Endonezya	0,673	1,229,507	2,348,576	4,585,577	9,009,611	1,61
USA	0,405	0,811,944	1,623,888	3,247,572	6,494,882	1,16
Hindistan	0,437	0,831,500	1,617,900	3,190,700	6,334,700	1,13
Diğerleri	1,329	2,601,582	5,139,557	10,211,01	20,362,841	3,64

Tuzluluk, deniz ortamında gelgit havuzlarındaki ve yarı kapalı koylardaki yüksek tuz derişimine sahip ortamlardan, haliçlerin iç bölgelerindeki düşük tuz derişimine sahip ortamlara kadar değişebilen (Nejrup ve Pedersen 2012) önemli bir çevresel belirleyicidir (Kinne 1971). Özellikle kıyısız bölgelerde deniz yosunlarının yerel ve bölgesel dağılımlarını etkilemektedir (Nejrup ve Pedersen 2012). Deniz yosunlarının büyümesinde, tuzluluğun etkilerine dair yapılan araştırmalar pek çok farklı cevabın olduğunu, bir genelleme yapmanın zor olduğunu göstermiştir. Tuzluluğa karşı oluşturulan cevaplar sıcaklık, ışık, pH, nütrient, vb. faktörlerin derecesine bağlılık göstermektedir (Ogata ve Schramm 1971). Aynı zamanda bir türün tuzdan etkilenme derecesi, genotipe ve türün tuz stresi altında geliştirdiği metabolik değişimlere bağlı olarak farklı şekillerde ortaya çıkmaktadır (Luna ve ark. 1994, Perez-Alfocea ve ark. 1996). Dayanıklı genotipler tuzdan sakınım, osmotik potansiyelini artırma, vb. olaylarla tuzluluğa karşı tolerans gösterirken hassas genotipler ise tuzluluğa uyum sağlama mekanizmalarında başarılı olamayıp tuzdan etkilenmektedirler (Doğan ve ark. 2008).

Tuzluluk, genellikle okyanus sularında oldukça kararlı bir durum gösterirken kıyusal sularda yağış, gelgit olayları, rüzgar (Dickson ve ark. 1982, Lartigue ve ark. 2003), sıcaklık, nemlilik, tatlısu akışı, kuraklık periyodları gibi iklimsel faktörlerin birlikte etkilerinin bir sonucu olarak oldukça değişkenlik göstermektedir (Cram 1976). Tuzluluktaki bu değişimler çoğu deniz yosununda hücre içerisindeki osmolariteyi değiştirerek tuzluluğun, organizma üzerinde stres oluşturmaya neden olmaktadır. Ortamdaki tuzluluğun değişimiyle beraber bir osmotik gradient ve bunu takip eden bir su akışı oluşmaktadır. Bu da organizmanın hücre hacmi ve turgor basıncını etkilemektedir. Deniz yosunları oluşan bu etkilere çeşitli tepkilerle cevap vermektedirler. Örneğin hücre hacmini veya turgor basıncını yeniden düzenlemek için (özellikle Ca^{+2} , Na^{+} , K^{+} ve Cl^{-} gibi inorganik iyonların ortamdaki alınması ve ortama salınması) hücrenin iyon kompozisyonunu değiştirmekte, diğer yandan sükröz, prolin, sorbitol, mannitol, DMSP (dimetilsülfopropionat) gibi organik osmolitlerin sentezi ve yıkımı sayesinde hücre içi osmotik aktif çözünenlerini ayarlayabilme özelliği sergilemektedirler (Reed 1983a, Karsten ve ark. 1991, Winter ve Kirst 1992, Bisson ve Kirst 1995, Eggert ve ark. 2007a, 2007b, Cram 1976, Hellebust 1976, Kirst 1989, Lobban ve Harrison 1994). Özellikle tidal ve intertidal bölgelerde yayılış gösteren deniz yosunu türlerinin, tuzluluk stresine karşı bir tepki olarak oluşturulan osmolitlerin ve iyonların iç konsantrasyonlarını düzenlemede genelde daha iyi aktivite sergiledikleri görülmektedir. Dolayısıyla bu türlerin tuzluluktaki değişimlere ve düşük tuzluluk seviyelerine karşı, pelajik bölgede yaşayan deniz türlerinden daha fazla toleranslı oldukları görülmektedir (Kirst 1989). Yapılan çalışmalarda tuzluluktaki değişimler sonucu, deniz mikroalglerinde (Ackman ve ark. 1966, Andreae 1980) ve deniz yosunlarında (Challenger 1959, White 1982) DMSP'nin oluştuğu rapor edilmiştir. Mevcut su akışı ve iyon kompozisyonundaki değişiklikler; hücre duvarlarının yıkılması, membranların işlevselliğini kaybetmesi gibi geriye dönüşümsüz zararlara neden olabildiği gibi enzim kinetiklerinin etkilenmesi, artan iyon transportu, organik osmolitlerin sentezi veya yıkımından dolayı oluşan artan enerji ihtiyacı gibi geriye dönüşümlü sonuçlar da oluşturabilmektedir (Kirst 1989). Artan enerji ihtiyacı sonucunda tuzluluktaki değişimler, deniz yosunlarında metabolik bir yük oluşturmaktadır. Bu durumda büyüme ve diğer metabolik işlemler için daha az enerji ayrılmaktadır. Bunun sonucunda da tuzluluktaki değişimlerin, toleranslı olmayan

türlerde büyüme ve gelişmeyi azaltması ve bu türleri strese sokması beklenilmektedir. Kısaca tuzluluk; iyon konsantrasyonunu ve osmoregülasyonu etkilediğinden organizmadaki biyolojik faaliyetleri değiştirmekte, bu sebeple de tuzluluğun deniz yosunlarının dağılımında önemli bir role sahip olduğu görülmektedir (Ramlov ve ark. 2012). Bu yüzden gün geçtikçe deniz yosunlarının tuz stresine nasıl cevap verip adapte olduklarını anlamak daha önemli hale gelmektedir.

Deniz yosunlarının tuzluluk stresine karşı; osmotik uyum, iyon homeostasisi, metabolit birikimi, büyüme, gelişme, fotosentez ve solunum gibi fizyolojik ve biyokimyasal cevapları geniş ölçüde çalışılmıştır (Kirst 1990, Parida ve Das 2005). Yüksek bitkilerde reaktif oksijen türlerinin üretimi (ROT), tuzlulukla arttırılabilmektedir. ROT; membran lipitlerini, proteinleri ve nükleik asitleri zarara uğratarak hücrel homeostasiyi bozduğu için oksidatif stres oluşmaktadır (Davis 1987, Wise ve Naylor 1987, McKersie ve Leshem 1994, Imlay ve Linn 1998). Örneğin, Parida ve Das (2005) çalışmalarında *Ulva prolifera* (*syn. Enteromorpha prolifera*, Hayden ve ark. 2003) türünü tuz derişiminin düşük ve yüksek olduğu ortam koşullarına maruz bırakmış, su birikimi ve kaybına bağlı olarak oluşan ROT'nin organizmada oksidatif strese neden olduğunu rapor etmişlerdir. Deniz yosunları, ROT'nin toksisitesi sonucu oluşan oksidatif stresle başa çıkabilmek için enzimatik ve enzimatik olmayan ROT'yi süpürücü savunma sistemleri geliştirmişlerdir (Noctor ve Foyer 1998, Asada 1999). Enzimatik olmayan suda çözülebilir askorbat ve glutatyon; suda çözülemez α -tokoferol ve karotenoidler gibi küçük antioksidan moleküller, ROT'yi ortamdaki süpürücü etki göstermektedirler (Noctor ve Foyer 1998, Smirnoff ve Wheeler 2000, Munne-Bosch ve Alegre 2002). ROT'nin detoksifikasyonu ile ilgili enzimler ise: Süperoksit dismutaz (SOD), Askorbat peroksidaz (APX) ve Glutatyon redüktaz (GR)'dir (Asada 1999). Çeşitli çalışmalar yüksek bitkilerde tuzluluğa tolerans ile antioksidan kapasite arasında bir ilişki olduğunu göstermiştir (Dionisio-Sese ve Tobita 1998, Hernandez ve ark. 1999, Amor ve ark. 2005, Kim ve ark. 2005a). Tuza toleranslı bitkilerde ROT'yi süpürme, makromoleküllerde onların zararlı etkilerini önleme ve tamir etme yeteneği önemlidir. Diğer yandan deniz yosunlarında ise ROT'nin üretimi ve antioksidan savunma sisteminde tuzluluğun etkileri hakkındaki çalışmalar hala sınırlıdır. Kirst (1990), Lobban ve Harrison (1997) çalışmalarında intertidal sulardan toplanan deniz

yosunlarının tuzluluk değişimlerine karşı bir direnç kabiliyeti geliştirdiğini ifade etmişlerdir. Collén ve Davison (1999a,b) ise esmer deniz yosunlarından *Fucus spp.* türünde yüksek antioksidan içeriğinin strese karşı toleransın yüksek olması ile ilgili olduğunu ileri sürmüşlerdir.

Günümüzde iklim değişimi; jeofiziksel, biyolojik, sosyo-ekonomik sistemlerde çeşitli değişikliklere neden olmaktadır (Brown ve ark. 2010, Schneider ve ark. 2007). Birleşmiş Milletlerin Devletlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin dördüncü değerlendirme raporuna göre (IPCC 2007) iklim sisteminin ısınmasının, hem kuzey ve güney yarım kürede hem de okyanuslar boyunca meydana geldiği açıkça görülmektedir. IPCC raporunun (2007) önemli senaryosuna göre Kuzey Arktik sularının yüzey sıcaklıklarının yıllık olarak 2100 yılına kadar 2.4-6.4⁰C arasında artacağı tahmin edilmektedir. Kuzey kutbu okyanusunun artan sıcaklığı; yıllık döngü içerisinde buzların erken eriyip geç donmasına, artan yağışlara, deniz suyunun üstteki kısımdan itibaren aşağı doğru ilk 500 metredeki okyanus tuzluluğunun azalması ile deniz üzerindeki buz örtüsünde bir azalmaya, stratosferik ozon tabakasının yok olmasının sonucu olarak da UV (Ultraviyole) radyasyonlarının artışına neden olacağı tahmin edilmektedir (ACIA 2005, IPCC 2007). Özellikle tuzluluk, oksijen seviyesi ve su sirkülasyonundaki değişimler ve artan su sıcaklığı nedeniyle deniz yosunu, plankton, balık ve zooplankton komünitelerinin etkilenmesi söz konusu olacaktır. Bu gibi değişimlerin, ekolojik döngüyü etkileyeceği ve besin zinciri üzerinde dolaylı etkilere neden olacağı öngörülmektedir (Schermer ve ark. 2012). Örneğin tek yıllık deniz yosunlarının (*Ulva spp.*) tuzluluk düşüşlerine karşı toleransları, çok yıllık deniz yosunlarına göre daha yüksektir. İklim değişimine bağlı olarak sucül ekosistemlerde tuzluluğun azalması, çok yıllık deniz yosunlarının (*Sargassum spp.*) dominant olduğu ekosistemlerin tek yıllık deniz yosunlarının egemen olduğu ekosistemlere dönüşümüne neden olabilir. Bu düşünce *Sargassum muticum*'un üreme modeli (Norton 1977, Hales ve Fletcher 1990, Steen 2004); *Laminaria digitata*, *Fucus vesiculosus*, *Fucus serratus* (Gordillo ve ark. 2002) ve *S. muticum* (Steen 2004)'un büyüme oranları; *Fucus ceranoids*'in fenolik bileşik içeriği (Munda 1964); *F. serratus* ve *F. vesiculosus*'un mannitol içerikleri (Munda ve Kremer 1997, Gylle ve ark. 2009) gibi esmer deniz yosunlarının tuzluluk değişiminden etkilenen çeşitli fizyolojik yönleri ile desteklenmektedir. Kıyısız

kesimlerde ve haliçlerde önemli primer üreticiler olmalarından dolayı, deniz yosunları üzerindeki negatif etkiler, kıyısız bentik komüniteler üzerinde önemli bir etkiye neden olmaktadır (Ytreberg ve ark. 2011). Dolayısıyla kıyısız ekosistemlerdeki büyük öneminden dolayı deniz yosunlarının miktarındaki bir azalmanın, ilgili organizmaların toplamı için dramatik sonuçları olacağı açıkça görülmektedir (Bischof ve ark. 2006). İklim değişiminin deniz yosunları üzerindeki etkileri; bu organizmaların özellikle deniz besin ağlarının yapısında temel rol oynamaları (Brown ve ark. 2010), deniz faunasına habitat ve yuva sağlamaları (Wilson ve ark. 1990, Aioldi ve ark. 2008) açısından önem arz etmektedir.

Deniz yosunları, ekosistem için yukarıda bahsedilen önemlerinden dolayı araştırılması gereken organizmalar arasındadır. Özellikle de kıyısız ekosistemlerde meydana gelen çevre değişikliklerine karşı hızlı bir şekilde cevap verdikleri için biyoendikatör organizmalar olarak kullanılabilirler (Tribollet ve Vroom 2007). Bu nedenle bu çalışmada iklim değişimine bağlı olarak meydana gelen tuzluluk değişimlerinin deniz yosunlarını nasıl etkileceği araştırılmıştır. Çalışma için *Polysiphonia morrowii* Harvey türü seçilmiştir.

Kırmızı bir deniz yosunu olan *P. morrowii* Harvey (1856), ilk kez Japonya'da Hakodate'de toplanan örnekler arasında kayıtlara geçmiştir. Daha sonraları Japonya ve Japonya'nın yakın sularında çoğu kez rapor edilmiştir (Inagaki 1933, Tseng and Li 1935, Okamura 1936, Nagai 1941, Yamada and Tanaka 1944, Segi 1951, Tokida 1954, Funahashi 1966, Kang 1966, Kudo ve Masuda 1981, Yoon 1986). Kudo ve Masuda (1981), Yoon (1986) türün morfolojisine ait iyi tanımlamalar verseler de halen türün üreme ve gelişimi ile ilgili çok az çalışma bulunmaktadır. Yapılan çalışmalarda bu türün, Akdeniz'e Kuzeybatı Pasifik Okyanusu'ndan giriş yaptığı belirlenmiştir (Kim ve ark. 2005b). Anayurdu Japonya olan bu takson, Akdeniz'de ilk kez Marzocchi ve ark. (2001) daha sonra ise Cruiel ve ark. (2002) tarafından rapor edilmiştir. Erduğan ve ark. (2009) ise Akdeniz'in Türkiye'ye ait kıyılarında bu taksonun ilk kez kayıtlara geçmesine katkıda bulunmuşlardır.

Polysiphonia Greville; Rhodophyta içerisinde bulunan, yüz elliden fazla tür içeren en büyük genustan biridir (Bold and Wynne 1985). Bu genus içerisinde bulunan *P. morrowii*, su içerisinde tidal bölgelerdeki kayalık alanlardan daha derinlerde bulunan kayalık alanlara kadar geniş bir yayılıma sahiptir. Fakat 0,1m’de suyun daha derin bölgelerine göre daha yoğun olarak bulunduğu saptanmıştır. Tallusu siyahımsı veya kırmızı renkte olup kayalar üzerinde yoğun kümeler halinde yaşamaktadır. 3-25cm boyundaki tallusa dokunulduğunda tallusun hassas bir yapıya sahip olduğu kolaylıkla hissedilebilmektedir (Erdügan ve ark. 2009). Şekil 1.1’de yapılan tez çalışmasında *P. morrowii* türünün akvaryum içerisindeki genel görünümü gösterilmektedir.



Şekil 1.1. *P. morrowii* türünün genel görünümü

Bu tez çalışmasında, iklim değişimine bağlı olarak oluşan tuzluluk değişimlerinin *P. morrowii* Harvey türünü nasıl etkileyeceği saptanmaya çalışılmıştır. Daha önce tuzluluk ile ilgili olarak Marmara Bölgesi’nde ve *P. morrowii* türüyle ilgili olarak bu konuda herhangi bir çalışma yapılmamış olması çalışmanın özgünlüğünü oluşturmaktadır.

Çalışmanın sonuçlarının literatürdeki bu eksikliğe katkıda bulunması beklenmektedir. Ayrıca her geçen gün değişen iklim sisteminin, ileriki yıllarda canlı topluluklarını nasıl değiştirebileceği hakkında bir öngörü oluşturmasını sağlayacaktır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Ogata ve Schramm (1971), *Porphyra umbilicalis* türünde büyüme ve fotosentez üzerine tuzluluğun etkisini araştırmışlardır. Üç haftalık kültürde üç farklı tuzluluk seviyesi uygulamışlardır. Normal konsantre deniz suyundan elde edilen değerlere göre yüksek tuz derişimine sahip koşullarda büyüme ve fotosentez oranının strese girdiğini ifade etmişlerdir. Yüksek tuzluluk derişimlerinde hücre büyüklüğünün arttığını, hücre duvarlarında ve hücreler arası maddede şişme meydana geldiğini ve renklenme yoğunluğu azaldığını saptamışlardır. Düşük tuz derişimindeki koşullarda ise büyümenin, normal konsantre deniz suyu ile aynı veya daha yüksek olduğunu gözlemişlerdir. Sonuçta incelenen türün, büyüme ve fotosentez oranının tuzluluktan etkilendiği belirtmişlerdir.

Satoh ve ark. (1983), çalışmalarında bir kırmızı deniz yosunu olan *Porphyra perforata* türünde tuzluluğun, fotosentez üzerine etkilerini araştırmışlardır. Sonuçlar bu türün fotosentetik aparatlarında tuzluluktan etkilenen en az üç bölge olduğunu göstermiştir. Fotosistem I (PSI)'in indirgeyici basamağındaki elektron akışının karanlık inaktivasyonu ve fotoaktivasyonunun olduğu bölge, fotosistem II (PSII)'nin yükseltgeyici basamağındaki elektron akışının olduğu bölge ve pigment sistemi II'den I'e ışık enerjisinin transferini gerçekleştiren bölge olmak üzere üç farklı bölgenin tuzluluk tarafından inhibe edildiğini belirtmişlerdir. Yüksek tuzluluğun, PSII'nin reaksiyon merkezine ulaşan ışık enerjisinin miktarını azalttığını saptamışlardır. Araştırmacılar, yüksek tuzluluk gibi streslere maruz bırakıldığında bitkide oluşan bu etkilerin, mevcut fotoinhibisyondan kaçınma mekanizmaları ile olan ilgisi üzerine dikkat çekmişlerdir.

Xia ve ark. (2004), *Ulva lactuca* türünde tuzluluk stresinin, PSII üzerine etkilerini klorofil floresans ölçümleri ile araştırmışlardır. Araştırmacılar kontrol grubuna göre tuzluluk stresi altında fotosentetik oksijen üretiminin önemli derecede azaldığını; klorofil a, b ve karotenoid içeriğinin ise kısa periyotta (12 saat) etkilenmediğini saptamışlardır. Diğer yandan tuzluluk stresinin maksimum kuantum veriminde ve elektron taşıma kuantum veriminde bir azalmaya neden olduğunu ileri sürmüşlerdir.

Sonuçta PSII'deki reaksiyon merkezlerinin inaktivasyonu ve PSII'nin elektron alıcı bölgesindeki inhibisyon nedeniyle PSII'nin, yüksek tuzluluktan etkilendiği araştırmacılar tarafından gösterilmiştir.

McAvoy ve Klug (2005), haliçlerde yaygın dağılım gösteren Chlorophyta üyesi *Ulva intestinalis* (syn. *Enteromorpha intestinalis*) (Linneaus) türünde, nehir girdilerinin pozitif ve negatif etkilerini araştırmışlardır. Çalışma Amerika Birleşik Devletleri'nde bulunan Housatonic Nehri'nin farklı tuzluluk ve nütrient derişimlerine sahip üç farklı alanından *U. intestinalis* türünün toplanarak, laboratuvarında yetiştirilmesiyle gerçekleştirilmiştir. Üç farklı alandan toplanan yosunlar, haliçteki nehir girdisinin etkisini oluşturmak için Housatonic Nehri'nin farklı miktarlarını içeren dört ortamda yetiştirilmiştir. Araştırmacılar Housatonic nehir suyu yüzdesinin artmasıyla azot (N) ve fosfor (P) derişiminin de arttığını, tuzluluğun ise azaldığını belirtmişlerdir. Nütrient ve tuzluluk gradienti boyunca farklı alanlardan toplanan yosun örneklerinin, nehir girdisine bağlı olarak oluşan değişimlere karşı nasıl cevap verdiğini incelemişlerdir. Sonuçta *U. intestinalis* türünün büyümesinin, yüksek nütrient derişimi ile uyarılırken düşük tuzluluk ile olumsuz olarak etkilendiğini rapor etmişlerdir. Diğer yandan büyümede azalmaya neden olan düşük tuzluluğun olumsuz etkisinin, artan nütrient derişimi ile engellendiğini göstermişlerdir. Yüksek tuzluluğun olduğu alanlardan toplanan *U. intestinalis* bireylerinin düşük tuzluluğun olduğu alanlarından toplanan bireylere göre yüksek nehir girdisi nedeniyle meydana gelen azalan tuzluluktan daha fazla negatif olarak etkilendiğini belirtmişlerdir. Sonuçta farklı alanlardan toplanan deniz yosunlarının nehir girdisinin oluşturduğu değişimlere farklı cevaplar verdiğini ileri sürmüşlerdir.

Lu ve ark. (2006), tuzluluk stresine maruz kalan deniz yosunlarında antioksidan savunma sisteminin düzenlenmesini *Ulva fasciata* Delile türü üzerinde incelemişlerdir. Uzun süreli düşük ve yüksek tuz derişimlerine sahip koşullara maruz bırakılmanın, *U. fasciata* türünün büyüme oranını ve 2,3,5-trifeniltetrazolium klorid (TTC) indirgenme yeteneğini %30 tuz derişimindeki kontrol grubuna göre inhibe ettiğini göstermişlerdir. Tuzluluk stresi altında SOD aktivitesinin sürdürülmesinin ve PSII'nin maksimum kuantum ürününün (Fv/Fm) düşmesinin kloroplastlarda ROT'nin üretimi ile ilgili

olduğunu ifade etmişlerdir. %015, %060 ve %090 tuz derişimlerine maruz bırakılmanın, deniz suyundaki hidrojen peroksit (H_2O_2) içeriğini düşürdüğünü, diğer yandan yosunun tallusunda H_2O_2 içeriğini artırdığını ortaya koymuşlardır. Orta seviyedeki yüksek ve düşük tuzluluk koşulları altında oluşan oksidatif zararın, H_2O_2 birikiminden kaynaklandığını ifade etmişlerdir. Artan GR aktivesinin, artan glutatyon ve azalan askorbat içeriğinin; %015, %060 ve %090 tuz derişimine sahip ortamlardaki örneklerde oluşan H_2O_2 birikimi nedeniyle oluştuğunu belirtmişlerdir. APX aktivitesinin ise sadece \geq %090 tuz derişimindeki örneklerde arttığını göstermişlerdir. H_2O_2 'yi uzaklaştırmak için %060 ve %090'lık tuz derişiminde katalaz (KAT) ve peroksidaz aktivitesinin artış gösterirken %015'lik tuz derişiminde sadece KAT aktivitesinin artış gösterdiğini kaydetmişlerdir. Askorbat molekülünün yeniden üretimi için %05 ve %015 tuz derişimindeki örneklerde hem dehidroaskorbat redüktaz (DHAR) hem de monodehidroaskorbat redüktaz (MHAR) miktarının arttığını, %060 ve %090 tuz derişimlerindeki örneklerde ise MHAR aktivitesinin arttığını belirtmişlerdir. Lu ve ark., *U. fasciata* türünün yüksek ve düşük tuz derişimlerinde sahip koşullarda oluşan oksidatif stresle başa çıkmak için antioksidan miktarını ve antioksidan enzim aktivitesini arttırdığını ileri sürmüşlerdir.

Choi ve ark. (2010), deniz çayı yataklarından toplanan bir yeşil deniz yosunu olan *Ulva pertusa* türünün büyüme, nütrient alımı, fotosentetik performans ve iç nütrient kompozisyonu gibi çeşitli ekofizyolojik parametrelerinde tuzluluğun etkilerini test etmişlerdir. %05'ten %040'a kadar uygulanan tuzluluk rejimleri altında organizmanın özgün büyüme oranının (μ) 0.019'dan 0.032'ye kadar değiştiğini gözlemlemişlerdir. Maksimum büyüme oranını %020, minimum büyüme oranını %040 tuz derişimine sahip ortamdaki örneklerde saptamışlardır. *U. pertusa* türünün nitrat (NO_3^-) ve fosfat (PO_4-P) için değişik alım oranları gösterdiğini, nütrient alımının orta tuzluluk seviyelerinde önemli oranda yükselirken ekstrem tuzluluklarda azaldığını belirtmişlerdir. Tuzluluğun, klorofil a içeriğini ve etkili kuantum ürününü önemli miktarda etkilediğini yapılan çalışmada göstermişlerdir. Araştırmacılar düşük tuzlulukta büyüme oranının artmasının bir sonucu olarak, yıl içerisinde yağmurlu sezonlarda (geç ilkbahar ve erken yaz) büyümenin daha çok olduğunu vurgulamışlardır. Sonuçta *Ulva pertusa* türünün deniz

çayırı yataklarında aşırı miktarda çoğalmasına ışık ve sıcaklık gibi çevresel faktörlerden daha çok tuzluluk faktörünün neden olabileceğini ifade etmişlerdir.

Luo ve Liu (2011), *Ulva prolifera* deniz yosununun düşük ve yüksek tuz derişimi koşullarına uyumunu anlamak için tuzluluk stresi ile başa çıkma stratejilerini değerlendirmişlerdir. Bunun için düşük ve yüksek tuz derişimi koşulları altında PSII ve büyümede ne ölçüde azalma meydana geldiği, bu koşullar deniz yosunu örneklerine uzun süre (altı gün) uygulanınca oksidatif stres oluşup oluşmadığı ve deniz yosunu örneklerinin oksidatif stresle başa çıkması için antioksidan savunma sisteminin nasıl düzenlediği araştırmacılar tarafından değerlendirilmiştir. Düşük ve yüksek tuz derişimi koşullarının, incelenen türde oksidatif strese neden olduğunu ileri sürmüşlerdir. Düşük (%10) ve yüksek (%60) tuz derişimi koşullarına altı gün maruz bırakılan örneklerde kontrol grubu (%30) ile karşılaştırıldığında büyüme oranında ve F_v/F_m oranında önemli bir düşüşün olduğunu görmüşlerdir. %60 tuz derişiminde oksidatif zarar oluşturan H_2O_2 seviyesinin, %10 tuz derişimindekinden daha fazla olduğunu açıklamışlardır. Yüksek tuz derişimi koşullarında toplam çözülebilir protein miktarının önemli derecede artış gösterdiğini de saptamışlardır. *U. prolifera* örneklerinde, uzun süreli tuz stresinden sonra dört antioksidan madde ve dört antioksidan enzimdeki değişimleri belirlemişlerdir. Kontrol grubuna göre düşük tuzluluk derişimlerinde antioksidan maddelerden olan askorbat, glutasyon ve β -karotenoid içeriklerinde; antioksidan enzimlerden olan KAT, SOD ve GR aktivitelerinde önemli bir artış olduğunu saptamışlardır. Yüksek tuz derişimi koşullarının, deniz yosununun tallusunda hızlı bir şekilde glutasyon artışına neden olduğunu; askorbat, α -tokoferol ve β -karotenoid içeriğini etkilemediğini; KAT, SOD ve APX ve GR aktivitelerinin ise artış gösterdiğini bildirmişlerdir. Sonuçta araştırmacılar tuzluluk stresine tepki olarak oluşturulan antioksidan savunma sisteminin düzenlenmesini, *U. prolifera* türünün oksidatif strese karşı tolerans göstermesinde önemli bir mekanizma olarak rapor etmişlerdir.

İklim değişimi, Güney Amerika'nın farklı bölgelerinde yağış miktarını artırmıştır. Bunun sonucunda da deniz sistemlerine yüksek miktarda tatlisu girdisi olmuş, sahillerin bölgelerinin tuzluluğu azalmıştır. Buna dayalı olarak Scherner ve ark. (2012) çalışmalarında iki kozmopolit deniz yosunu türünün fotosentezinde tuzluluğun eşik

değerlerini araştırmışlardır. Araştırmacılar Brezilya'nın güney sahillerindeki tuzluluk profilini, bölgedeki dört yıllık verileri dikkate alarak incelemişlerdir. Laboratuvar ortamında *Ulva lactuca* ve *Sargassum stenophyllum* deniz yosunları ile yaptıkları çalışmada deniz yosunlarını üç farklı tuzluluk derişiminde kültüre almışlardır. Düşük tuzluluk derişimlerinde *S. stenophyllum* türünün fotosentetik parametrelerinde önemli oranda düşüş gözledikleri halde, *U. lactuca* türünün düşük tuzluluk değerlerinden etkilenmediğini saptamışlardır. İki tür arasında gözlemlenen bu farklılığı, PSII'deki enerji dağılımının farklı düzenlenme yeteneğine dayandırmışlardır. Bu durumda iklim değişmesine bağlı olarak oluşan tuzluluk değişimlerinin, deniz yosunu komünitelerinde birtakım değişikliklere neden olabileceğini belirtmişlerdir.

Wong ve Chang (2000), ticari önemi olan kırmızı deniz yosunu *Grateloupia filicina* (Lamouroux) *C. agardh* türünün büyümesi, fotosentezi ve solunumu üzerine tuzluluk ve ışığın etkilerini araştırmıştır. *G. filicina* türünün deneysel koşullarda değişik büyüme oranları gösterdiğini rapor etmişlerdir. Maksimum büyüme oranını ‰20 tuzlulukta ve $100\mu\text{mol foton m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ışıktaki gözlemiştir. Tuzluluğun, fotosentez-aydınlanma ilişkisinin parametrelerini değiştirdiğini ifade etmişlerdir. Maksimum fotosentetik kapasiteyi (P_{max}), ‰20 tuzlulukta gözlemiştir. Bu konsantrasyondan ‰0 ve ‰40'a doğru tuz derişim değıştikçe, P_{max} değeri düştüğünü saptamışlardır. Araştırmada tuzluluğun solunum oranını da etkilediğini göstermişlerdir. Aynı zamanda solunum / P_{max} oranının büyüme oranı ile ters ilişki gösterdiğini ve minimum değere ‰20 tuz derişiminde ulaştığını saptamışlardır.

Edwards ve ark. (1987), *Enteromorpha intestinalis* (L.) Link türü deniz yosununun osmotik stresinde organik çözünenlerin birikimini ve rolünü incelemişlerdir. *E. intestinalis* örneklerini 1986 yılında İskoçya'daki kayalık sahillerden toplamışlardır. Yüksek tuz derişimine sahip ortamdaki örneklerde (%300 deniz suyu) sükröz ve prolin gibi organik çözünenlerin seviyelerinin belirgin şekilde artış gösterdiğini, DMSP seviyesinin ise sabit kaldığını gözlemiştir. Optimal fotosentetik aktivitenin verimliliğinde ve inorganik iyon seviyelerindeki artışların, sükröz ve prolindeki (48 saat) değışimlere benzer bir zamanda meydana geldiğini göstermişlerdir. Sükröz ve prolin bileşiklerinin *E. intestinalis* türünün yüksek tuz derişimindeki ortama uyumuyla

ilgili bir durum sergilediğini, DMSP'nin ise sergilemediğini rapor etmişlerdir. Karanlık ortama ve %300'lük deniz suyu ortamına transfer edilen taze bitki örneklerinin organik osmolitlerinde önemli artışlar olduğunu gözlemişlerdir. Buna karşın nişasta zenginleştirmesinin (16 gün sürekli aydınlanma) karanlık ve ışıklı ortamda artan sükroz ve prolin sentezine neden olduğunu DMSP seviyesini ise değiştirmedeğini ifade etmişlerdir. Bu sonuçlara göre araştırmacılar, hücrenin temel osmoliti olan DMSP'nin *E. intestinalis* türünün kısa vadedeki osmotik uyumu ile ilgili olmadığını, sükroz ve prolin osmolitlerinin ise bu türün osmotik uyumunda görevli olduğunu belirtmişlerdir.

Edwards ve ark. (1988), *E. intestinalis* türünün osmotik uyumunu sağlayan organik çözünenlerin birikiminde, osmotik stresin uzun vadedeki etkilerini araştırmışlardır. Organizmanın deniz ve tatlı su formları çalışmada kullanmışlardır. *E. intestinalis* türünün deniz formunu 1987 yılının ocak-temmuz ayları arasında, tatlı su formunu ise 1986 yılının ağustos ayında toplamışlardır. Deneyleri kısa (48 saat) ve uzun (35 gün) vadede yapmışlardır. Stressiz hücrelerde DMSP bileşimini, temel organik osmolit olduğunu belirlemişlerdir. Deniz örneklerinin, tatlı su örneklerine göre DMSP'nin daha büyük miktarlarını içerdiğini saptamışlardır. Artan tuzluluğa maruz bırakılmanın kısa vadede prolin ve sükroz birikimine neden olduğunu DMSP miktarını ise değiştirmedeğini ifade etmişlerdir. Tuz stresine uzun süre maruz kalmanın ise sükroz seviyelerini düşürdüğünü diğer yandan DMSP miktarını artırdığını, prolin seviyelerinin ise yüksek kalmasına neden olduğunu göstermişlerdir. Diğer yandan yüksek tuz derişimine sahip ortamda uzun süre inkübasyona bırakılmanın deniz örneklerinin dokularındaki protein ve klorofil seviyelerini attırdığını saptamışlardır. Bu olayın hücrenin sitoplazma/vakuol oranındaki değişiminin bir sonucu olabileceğini ortaya atmışlardır. Sonuçta uzun süre yüksek ve düşük tuz derişimlerine sahip koşullara maruz bırakılmanın DMSP miktarında değişimlere neden olduğunu göstermişlerdir. Bunun sonucunda araştırmacılar, *E. intestinalis* türünde DMSP'nin, uzun vadede osmotik uyum sağlamada etkili bir bileşik olduğunu belirtmişlerdir.

Martins ve ark. (1999), batı Portekiz'de Mondego haliçinde bulunan *Enteromorpha intestinalis* türünün (Chlorophyta) büyüme oranında tuzluluğun etkisini araştırmışlardır. *E. intestinalis* türünü laboratuvar ortamında %0-32 arasındaki

tuzluluklara maruz bırakmışlardır. Düşük tuzluluk değerlerinde ($\leq \%3$) büyüme oranı en aza indirildiğini $\leq \%1$ tuzluluk değerlerinde ise yosunlarda ölüm gözlemlendiğini rapor etmişlerdir. $\%5$ tuz derişiminden düşük $\%25$ tuz derişiminden yüksek tuzluluklarda (ekstrem tuzluluklarda) da büyüme oranını düşük olarak saptamışlardır. $\%15-20$ arasında ise en yüksek büyüme oranlarını gözlemişlerdir. Bu sonuçlara göre araştırmacılar, bu bölgede incelenen türün büyümesini etkileyen en önemli dış çevresel faktörün tuzluluk olduğu sonucuna varmışlardır.

Kamer ve Fong (2000), kıyısız haliçlerde doğal ve antropojenik etkilerle oluşan, azalan kararsız tuzluluk değişimlerine karşı *Enteromorpha intestinalis* türünün ekolojik cevaplarını test etmişlerdir. *E. intestinalis* türünü nütrientlerle zenginleştirilmiş $\%0, 5, 15$ ve 25 tuz derişimlerinin bulunduğu ortama 1, 5, 11 ve 23 günlük periyotlarla maruz bırakmışlardır. Her periyottan sonra örnekleri, nütrientçe zenginleştirilmemiş $\%25$ tuz derişimine sahip ortam suyuna 24 saat, 24 saatlik tuzlu su muamelesinden sonra örnekleri tekrar azalan tuzluluk koşullarına maruz bırakmışlardır. Bütün muamelelerde döngüyü 24 saatin üzerinde devam ettirmişlerdir. Çalışmada 5 gün veya daha uzun süre $\%0$ tuz derişimine sahip ortama maruz bırakılma neticesinde pigmentasyon kaybı, yaş ve kuru biyokütlenin azalması, yaş ağırlık (YA)/kuru ağırlık (KA) oranının artması, su kolonundan N ve P uzaklaştırılmasının azalması ve su sütununda amonyum azotu ($\text{NH}_4\text{-N}$) birikimi olaylarının meydana geldiğini ifade etmişlerdir. Ortam tuzluluğuna daha sık maruz bırakılmanın, 1 günlük muamelede bu etkileri azalttığını belirtmişlerdir. Ortam tuzluluğuna maruz kalma sıklığı arttıkça, test edilen tüm tuzluluk seviyelerinde biyokütle artışı olduğunu saptamışlardır. Düşük tuzluluğa maruz bırakılan tüm periyotlarda tuzluluk seviyesi arttıkça biyokütlenin de artış gösterdiğini kaydetmişlerdir. Çalışmanın sonucunda araştırmacılar, azalan tuzluluğa bağlı olarak *E. intestinalis* türünde büyümenin olumsuz etkilendiğini saptamışlardır. *E. intestinalis* türünün kısa süreli düşük tuzluluğu tolere edebildiğini, ancak toleransının geçici bir limiti olduğunu ifade etmişlerdir. Buna göre araştırmacılar eğer tuzluluk koşulları sürekli olarak azalırsa, kıyısız haliçlerdeki *E. intestinalis* populasyonlarının tatlısu girdilerinden zarar görebileceklerini ileri sürmüşlerdir.

Kamer ve Fong (2001) ise *Enteromorpha intestinalis* türüyle yaptıkları bir çalışmada, azalan tuzluluğun negatif etkilerini iyileştirmede, N zenginleştirmesinden faydalanmışlardır. N ve tuzluluğun eş zamanlı değişiminin büyüme, biyokütle birikimi ve *E. intestinalis* türünün doku nütrient dinamiklerindeki etkilerini araştırmışlardır. Araştırmacıların yaptığı çalışma iki faktörlü bir deney olup; N zenginleştirmesi düşük, orta, yüksek seviyelerde uygulanırken tuzluluk ise ‰15, 25 ve 35 seviyelerinde uygulanmıştır. Bu çalışmada araştırmacılar, Martins ve ark. (1999)'nın aksine tuzluluğun azalması ile deniz yosununun büyümesinin de azaldığını göstermişlerdir. Diğer yandan ise N ilavesinin, deniz yosununun büyümesini artırdığını belirtmişlerdir. İlaveten yüksek N zenginleştirmesinin, azalan tuzluluğun kuru biyokütle, yaş/kuru biyokütle oranı, doku nütrientleri ve su sütunundan P'yi uzaklaştırma yeteneği üzerine negatif etkilerini de azalttığını gözlemişlerdir. Sonuç olarak bu türün verimi tuzluluktan ziyade N mevcudiyetine bağlı olduğu için, nütrient yüklemesi azalmadıkça haliçlerde deniz yosunu bloomlarının gerçekleşeceğini saptamışlardır.

Sousa ve ark. (2007), *Enteromorpha* sp. sporlarının çimlenmesi ve büyümesi üzerine tuzluluğun, nütrientlerin (N ve P) ve ışığın etkilerini araştırmışlardır. Olgun evredeki formların ve sporların çimlenmesinin ve büyümesinin, düşük tuzluluktan olumsuz etkilendiğini göstermişlerdir. ‰5 tuzluluk seviyesinin, sporların büyümesini önemli miktarda azalttığını, ‰20 özellikle de ‰35 tuzluluk seviyesinin ise spor büyümesini teşvik ettiğini belirtmişlerdir. Araştırmacılar *Enteromorpha* sp. sporlarının, yetişkin bireylere göre PO₄-P sınırlaması ve NH₄-N toksisitesi gibi dış etkenlere karşı daha hassas olduğunu saptamışlardır. Sonuçta tuzluluk değişimlerinin, sporlardan yetişkin bireylere kadar deniz yosunlarının büyümesi üzerinde bir etkisi olduğunu belirtmişlerdir.

Jahnke ve White (2003), makalelerinde bir deniz yosunu olan *Dunaliella tertiolecta* türünde uzun süreli yüksek ve düşük tuz derişimlerine maruz bırakılmanın, organizmada stres oluşturduğunu ve organizmanın bu strese karşı farklı antioksidan cevaplar ürettiğini göstermişlerdir. Araştırmacılar 0,05-3,0 mol/L NaCl aralığında yedi farklı tuzluluk seviyesinde çalışmışlardır. Uzun vadede tuzluluğun, büyüme ve antioksidan

parametreler üzerine etkilerini belirlemişlerdir. Uygulanan tuz konsantrasyonlarında altı antioksidan enzim ve üç antioksidan madde incelemişlerdir. Örneklerin büyüme oranlarının, ekstrem tuzluluk derişimlerinde azalma gösterdiğini ifade etmişlerdir. Araştırmacılar optimum tuzluluklardaki büyüme ile karşılaştırıldığında yüksek tuzluluklarda MHAR, APX ve karanlıktaki solunum oranında artış olduğunu saptamışlardır. Yüksek ve orta tuzluluk derişimleri ile kıyaslandığında düşük büyüme olan tuzluluk derişimlerine uyum gösteren hücrelerde, Fv/Fm oranındaki artışla ilişkili olarak glutasyon ve α -tokoferolde büyük artışlar gözlenirken askorbat seviyesinde azalma olduğunu saptamışlardır. En düşük tuzluluk derişimi hariç diğer derişimlerde hücre hacimlerinin değişmeden kaldığını belirtmişlerdir. KAT, SOD, DHAR ve GR enzim aktivitelerinin ekstrem tuzluluklarda değişmediğini göstermişlerdir. *D. tertiolecta* türünde yüksek tuz derişiminin oluşturduğu stresin, antioksidan enzimlerde ve antioksidan maddelerde düşük tuz derişiminin oluşturduğu stresten farklı cevaplar ürettiğini gözlemişlerdir. Yüksek tuz derişiminin oluşturduğu stresin, H₂O₂ süpürme kapasitesinde bir artış meydana getirdiği saptanmıştır. Düşük tuz derişiminin oluşturduğu stresin ise daha büyük hücre hacimlerine ve α -tokoferol miktarında artışa, bunlara bağlı olarak da PSII'de tilakoid membranda zarara sebep olduğu belirtilmiştir. Bunlara ilaveten yaptıkları çalışmada glutasyon miktarının artarken, askorbat miktarı azaldığını göstermişlerdir. Sonuç olarak Jahnke ve White (2003), antioksidan enzim ve antioksidan maddelerdeki değişimlerin ekstrem tuzluklardaki oksidatif stres ile ilişkili olduğunu fakat değişimlerin yüksek ve düşük tuz derişimleri altında farklılık gösterdiğini belirtmişlerdir.

Ytreberg ve ark. (2011), kırmızı deniz yosunu *Ceramium tenuicorne* türünün hafif tuzlu suda ve denizde yaşayan suşları üzerinde, tuzluluk ve organik maddenin bakır toksisitesi üzerine etkisini araştırmışlardır. Metallerin biyoyararlanımı, tuzluluk ve toplam organik karbon (TOK) olarak ölçülen organik madde gibi faktörlerden etkilenmektedir. Çalışmada bakırın, *C. tenuicorne* türünün iki suşu üzerine etkilerini araştırmak için farklı tuzluluk derişimlerini (%5-%15) ve fulvik asit formunda (FA) farklı TOK (0-4mg/L) miktarlarını uygulamışlardır. Her iki klon üzerine bakırın toksisitesini, %10 ve %15 tuzluluk derişimindeki örneklere uygulayıp karşılaştırmışlardır. Sonuçta Ytreberg ve ark. test edilen bütün tuzluluk derişimlerinde,

TOK arttıkça bakırın toksisitesinin azaldığını göstermişlerdir. Tuzluluğun bakır toksisitesine etkisinin hem pozitif hem de negatif yönde olduğunu ifade etmişlerdir. %10 ve %15 tuzluluk derişimlerinde hafif tuzlu su klonunun deniz klonuna göre bakıra karşı daha hassas olduğunu saptamışlardır. FA'nın, bakır toksisitesini azalttığını kaydetmişlerdir. Araştırmacılar iki suşun farklı tuzluluklarda bakıra karşı toleranslarının, onların orjinlerini, deniz ve hafif tuzlu suya adaptasyonlarını yansıttığını ifade etmişlerdir.

Connan ve Stengel (2011), ortam tuzluluğunun ve bakırın esmer yosunlarda fotosentez, büyüme ve bakır birikimi üzerine etkileşimli etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada esmer yosunlardan *Ascophyllum nodosum* ve *Fucus vesiculosus* türlerini laboratuvar koşullarında incelemişlerdir. Her iki türde de fotosentetik aktivitede ve büyümede azalan tuzlulukla önemli bir negatif etki gözlemişlerdir. Artan bakır derişiminin her iki türde de kloroz oluşturması nedeniyle fotosentetik aktivitenin negatif olarak etkilendiğini ve büyümede azalma meydana geldiğini göstermişlerdir. Bakır seviyesi 5 mg/L düzeyinde, fotosentezin inhibisyonuna ve incelenen esmer yosunların morfolojilerinin bozulmasına sebep olduğunu gözlemişlerdir. Farklı tuzluluklara ve bakır derişimlerine maruz bırakıldıktan 15 gün sonra esmer yosunların bakır içeriğinin, sudaki bakır derişimiyle yakından ilişkili olduğunu diğer yandan bakır içeriğinin maksimum derişime 1 gün sonra ulaştığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar sudaki yüksek bakır derişiminin, düşük tuzluluğun veya her iki parametrenin birleşiminin *A. nodosum* türünün bakır içeriğini düşürürken *F. vesiculosus* türünün bakır içeriğini artırdığını saptamışlardır. Bu durumun, her iki türde farklı bağlama bölgeleri ve alma mekanizmaları ile ilgili olduğunu ifade etmişlerdir. Araştırmanın sonucunda esmer yosunların in situ olarak izlenmesiyle çevrede olan her değişimin, yosunların fizyolojisini ve metal bağlama kapasitesini doğrudan ve önemli miktarda etkilediğini belirlemişlerdir.

Boustany ve ark. (2010), Amerika'daki John nehrinden toplanan *Vallisneria americana* türünün biyomasında ve büyümesinde ışık ve tuzluluğun etkileri üzerine bir araştırma yapmışlardır. Aynı zamanda bu türün alg komünitesiyle olan ilişkisi de incelemişlerdir. Araştırmacılar *V. americana* türünün %8 tuz derişimine sahip ortamda yaşamasına

rağmen, bu derişimde türün büyümesinde bir sınırlanma olduğunu saptamışlardır. %18 tuz derişimine sahip ortamda hemen hemen bütün biyomasın 10 hafta içinde öldüğünü fakat örnekler %1 tuz derişimine geri döndürüldüğünde biyomasın yaklaşık %20'sinin iyileşme gösterdiğini saptamışlardır. Boustany ve ark. yaptıkları çalışmada *V. americana* türünün artan tuzluluktan olumsuz şekilde etkilendiği göstermişlerdir. Deney ortasındaki hasatta *V. americana* türünün ışıktan doğrudan etkilenmediğini, son hasatın ise ışıktan etkilendiğini ortaya koymuşlardır. Tuzluluğun ve ışığın deniz yosunlarının büyümesini de etkilediğini belirtmişlerdir. %1 tuz derişimi muamelesinde ve ortam ışığında deniz yosunları dominant iken %8 ve %18 tuz derişimi muamelesi ve ortam ışığında fitoplanktonlar dominant hale geldiğini gözlemişlerdir. Sonuçta araştırmacılar deniz yosunu komünitelerinin, %90 civarındaki gölgelemeden büyük oranda etkilendiğini göstermişlerdir. Tuzluluk değişkeninin, *V. americana* türünün büyüme ve yaşamını doğrudan etkilediğini, ışığın daha çok deniz yosunu komünitesini etkileyen faktör olduğunu ifade etmişlerdir.

Eggert ve ark. (2007a), intertidal bölgelerde yaşayan kırmızı yosunlardan *Bangiopsis subsimplex* türünün tuzluluk değişimlerine karşı uyumunu incelemişlerdir. Çalışmada tuzluluğun etkilerini belirlemek amacıyla türün fotosentetik performansını, büyümesini ve osmotik uyumunu araştırmışlardır. *B. subsimplex* türünü %1-70 tuz derişimi aralığında yetiştirmişlerdir. Optimum büyümeyi %10-50 arasında gözlemişlerdir. F_v/F_m değerleri, *B. subsimplex* düşük ve yüksek tuz derişimine sahip koşullarda büyütüldüğünde bile sürekli olarak yüksek değerde olduğu için fotosentetik seviyedeki uyumların, fotosentetik aparatlardaki zararı önlediği araştırmacılarca belirlenmiştir. *B. subsimplex* türünün poliol, sorbitol ve bazı düşük moleküler ağırlıklı karbohidratları (heterosit digenasit) içerdiği belirlenmiştir. Araştırmacılar örnekler yüksek tuz derişimine ait ortama maruz bırakıldıklarında digenasit derişiminin değişmediğini veya azaldığını rapor etmişlerdir. Bu nedenden dolayı digenasit molekülünün osmotik uyumda rol oynamadığını ortaya atmışlardır. Sorbitol seviyesinin ise artan tuzlulukla lineer bir şekilde arttığını saptadıkları için bu maddenin yüksek tuz derişimine sahip koşullar altında osmolit olarak görev yaptığını ileri sürmüşlerdir.

Ramlov ve ark. (2012), *Gracilaria domingensis* karposporlarının ve tetrasporofitlerinin gelişiminde sıcaklık, tuzluluk, ışık ve nütrientlerin etkilerini araştırmışlardır. Karposporların 25⁰C ve 35⁰C sıcaklıklarında büyüme gösterdiğini, 15⁰C ve 20⁰C'de ise hayatta kalmayı başaramadığını gözlemişlerdir. Buna karşın tetrasporofitlerin geniş bir sıcaklık aralığında (15-30⁰C) büyüebildiğini rapor etmişlerdir. Optimum büyümeyi ise 20-25⁰C arasında saptamışlardır. Hem karposporların hem de tetrasporofitlerin tuzluluğun geniş bir aralığını tolere ettiğini belirtmişlerdir. Diğer yandan karposporların düşük tuzluluk değerlerine karşı tetrasporofitlerin ise yüksek tuzluluk değerlerine karşı daha hassasiyet gösterdiğini gözlemişlerdir. *G. domingensis* türünün karposporlarının gelişiminin hem ışık hem de nütrient miktarından etkilenirken, türün tetrasporofitlerinin gelişiminin sadece ışıktan etkilendiği nütrient miktarından ise etkilenmediğini belirtmişlerdir. Sonuçta *G. domingensis* türünün tetrasporofitlerinin ve karposporlarının çevresel değişkenlerdeki değişimlere karşı çok farklı fizyolojik cevaplar meydana getirdiği Ramlov ve ark. ile yapılan çalışmada ortaya konulmuştur.

Nejrup ve Pedersen (2012), istilacı bir kırmızı yosun olan *Gracilaria vermiculophylla* türünde, tuzlulukta meydana gelen zamansal değişimin etkisini incelemişlerdir. *G. vermiculophylla* ile yapılan laboratuvar deneyleri %15 tuz derişimi üzerindeki tuzluluk değerlerindeki kararlı durumun bu türün optimum büyümesini sağladığını, %15 tuz derişimi altındaki tuzluluk değerlerinin ise türün büyüme oranını azalttığını ileri sürmüşlerdir. Çok düşük tuzlulukların (%0-5), yosun örneklerinde stres oluşturduğunu, düşük tuzluluk değerlerine 2-4 gün maruz kalan yosun örneklerinin ortam koşulları düzeldiğinde tamamen iyileşme gösteremediğini belirtmişlerdir. Çalışmanın sonucunda araştırmacılar *G. vermiculophylla* türünün, yerli haliç türlerinin çoğuna göre düşük tuz derişimi koşullarına iyi uyum gösteremediğini saptamışlardır.

Fredersdorf ve ark. (2009), çalışmalarında Arktik kelp *Alaria esculenta* (Phaeophyceae) türünün farklı yaşam evrelerinde radyasyon, sıcaklık ve tuzluluğun etkileşimli etkilerini araştırmışlardır. Çalışma Norveç (Spitsbergen)'ten toplanan *Alaria esculenta* (L.) Greville örneklerinin iki farklı hayat evresinde (olgun makroskopik sporofitler ve genç mikroskopik zoosporlar) yapılmıştır. Araştırmacılar türün olgun makroskopik sporofitlerini 4⁰C-21⁰C arasındaki sıcaklıklarda ilk deneyde suni aydınlatma

koşullarına (fotosentetik aktif radyasyon, UV: UV-A/ UV-B) ikinci deneyde ise farklı tuzluluklara (%34, 28, 20) maruz bırakılmışlardır. Zoospor süspansiyonlarını ise üç farklı tuzluluk ve aydınlanma koşullarına 2-16⁰C arasındaki dört farklı sıcaklığa maruz bırakmışlar ve genç mikroskobik zoosporların çimlenme başarısını çok faktörlü stres altında çalışmışlardır. Sonuçta *A. esculenta* türünün yaşam evresine bağlı olarak bir hassasiyet sergilediğini belirlemişlerdir. Sporofitlerin kullanıldığı her iki deneyde de elde edilen sonuçlara göre fotosentetik aktivitenin, sıcaklıktan önemli derecede, radyasyon ve tuzluluktan ise daha az oranda etkilendiğini saptamışlardır. Araştırmacılar zoosporların çimlenme kapasitesinin sıcaklık, tuzluluk değişimlerinden ve her ikisinin etkileşimlerinden önemli derecede etkilendiği için incelenen türün mikroskobik evrelerinin, maruz bırakılan çevresel faktörlere karşı olgun makroskobik evrelerden daha hassas olduğunu açıklamışlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre birçok stres faktörünün sinerjistik olarak birbirini etkilediğini ileri sürmüşlerdir. Çalışmada *A. esculenta* türünü etkileyen en önemli çevresel parametrenin sıcaklık olduğunu belirtmişlerdir. Sonuç olarak araştırmacılar *A. esculenta* türünün belli özgün bir spesifik limite kadar artan sıcaklık ve UV radyasyonunu, azalan tuzluluk değerlerini tolere edip ortama uyum sağlayabildiğini göstermişlerdir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Çalışma Alanının Tanımı ve Örnek Alma İstasyonu

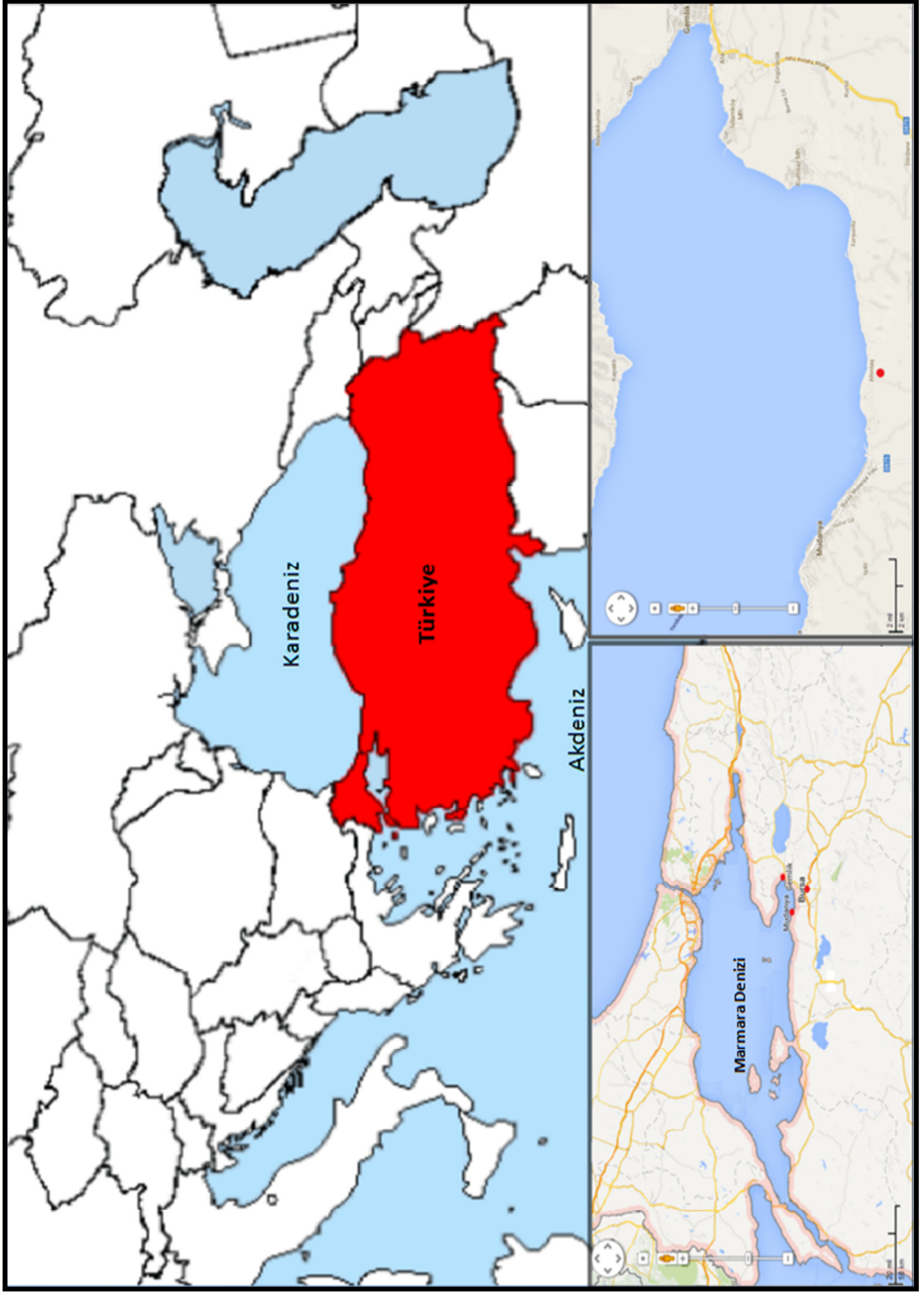
Marmara Denizi, Karadeniz'i Ege ve Akdeniz'e bağlayan bir iç denizdir. Marmara Denizi'nin Türkiye'deki konumu ve çalışma alanını oluşturan Gemlik Körfezi'ndeki Altıntaş istasyonu Şekil 3.1 'de gösterilmiştir.

Gemlik Körfezi, Marmara Denizi'nin doğu-batı doğrultusunda uzanan güneydoğu yönündeki koludur (http://tr.wikipedia.org/wiki/Gemlik_K%C3%B6rfezi, 2013). Marmara Denizi'nin bir girintisi olan Gemlik Körfezi, yaklaşık 75km kıyı bandına sahip olup, bu kıyı bandı içerisinde mevcut 11 yerleşim merkezinde yaklaşık 110 000 kişi yaşamaktadır. Yerleşim yerleri, Bursa ve Yalova illerine bağlıdır (http://tr.wikipedia.org/wiki/Gemlik_K%C3%B6rfezi, 2013).

Bursa ili sınırları içerisinde yer alan Gemlik Körfezi'ndeki Altıntaş istasyonu, örnek alma istasyonu olarak belirlenmiştir. Bursa ilinin mudanya ilçesine bağlı olan Altıntaş istasyonu 40° 19' N, 28° 55' E boylamlarında ve körfezin güney kıyısında yer almaktadır. Bursa'ya 31km uzaklıkta olan Altıntaş'ın 2007 yılındaki nüfusu 2 200'dür. Bölgenin ekonomisi tarım, hayvancılık, balıkçılık ve zeytinciliğe dayanmaktadır. (http://tr.wikipedia.org/wiki/Alt%C4%B1nta%C5%9F,_Mudanya, 2013).

3.2. Örneklerin Toplanması ve Saklanması

Örnekler, Gemlik Körfezi'nde Altıntaş istasyonundan Nisan 2013'te SCUBA donanımı ile 1-1,5m derinlikten toplanmıştır. Örneklerin toplandığı ortamın; sıcaklığı (T), pH'ı, tuzluluğu, elektriksel iletkenliği (EI), toplam çözülmüş madde (TÇM), çözülmüş oksijen (ÇO) ve ışık miktarı gibi değişkenlerin tayini arazi esnasında üçer tekrarlı ölçümler şeklinde yapılmıştır. Ayrıca deniz suyunun kimyasal analizleri için 1 l'lik plastik kaplara, örneklerin toplandığı derinlikten su örneği alınmıştır. Su örnekleri hızlı bir şekilde laboratuvar ortamına getirildikten sonra kimyasal analizler yapılmaya kadar -70°C'de (4 ay) saklanmıştır.



Şekil 3.1. Türkiye'nin genel konumu, Marmara Denizi ve Altıntaş istasyonu

Deniz yosunu örnekleri, laboratuvara getirildikten sonra üzerindeki epifitler temizlenmiş, ışık mikroskobu altında tetrasporofit bireyler belirlenip seçilmiştir. *P. morrowii* türünün sadece tetrasporofit safhasındaki bireyler, belli pH (ortalama $8,4 \pm 0,15$), sıcaklık (ortalama $20 \pm 1^{\circ}\text{C}$), tuzluluk (ortalama $\%23 \pm 1$) ve $100 \mu\text{mol foton m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ışık şiddeti değerlerine sahip akvaryumlarda, 12:12 aydınlanma periyodunda kültüre alınmıştır. Örnekler, farklı tuzluluk derişimlerine sahip akvaryumlara konulmadan önce buldukları ortama uyum göstermeleri sağlanmıştır (4 gün). Örnekler, ortama uyum sürecinden sonra ortalama $\%10 \pm 0,2$; $\%23 \pm 1$; $\%33 \pm 1$; $\%42 \pm 1$ olarak dört farklı tuzluluk derişimlerine sahip akvaryumlarda dört hafta boyunca kültüre alınmışlardır. Kültür ortamları, suni deniz suyu ile hazırlanmış olup provasoli çözeltisi ile zenginleştirilmiştir (Provasoli 1968). Ayrıca örneklerin bulunduğu bu kültür ortamlarına besin maddeleri ve vitaminlerin yanısıra $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (Woelkerling ve ark. 1983) ilavesi yapılmıştır. Akvaryumların suyu, dört haftalık kültür boyunca haftalık olarak değiştirilmiştir.

Örneklerin teşhisi, Zeiss marka Primo Star model ışık mikroskobuyla yapılmıştır. Toplanan deniz yosunu türünün Rhodophyta divisio'suna ait *Polysiphonia morrowii* Harvey olduğu saptanmıştır.

Polysiphonia morrowii Harvey türünün sistematikteki yeri:

Empire: Eukaryota

Kingdom: Plantae

Phylum: Rhodophyta

Subphylum: Eurhodophytina

Class: Florideophyceae

Subclass: Rhodymeniophycidae

Order: Ceramiales

Family: Rhodomelaceae

Tribe: Polysiphonieae

Genus: Polysiphonia

Species: *Polysiphonia morrowii* Harvey

3.3. Fiziksel ve Kimyasal Analizler

Toplanan deniz yosunu örneklerinin bulunduğu ortamdaki su örneğinin ve kültür ortamlarındaki su örneklerinin, ÇO, pH, T, tuzluluk, alkalinite, fosfat (PO₄-P), nitrit azotu (NO₂-N) ve nitrat azotu (NO₃-N) analizleri yapılmıştır. Ayrıca örneğin toplandığı ortamın, Eİ, TÇM ölçümleri de tayin edilmiştir.

Sıcaklık ve pH ölçümleri, Hanna HI 8314 marka pH metre ile gerçekleştirilirken Tuzluluk, Eİ, TÇM ölçümleri Hach marka Sension5 model salinimetre ile gerçekleştirilmiştir.

ÇO, titrasyon yöntemi ile belirlenmiştir (Parsons ve ark. 1984). Kullanılan metot Winkler titrasyon metodunun bir modifikasyonu olup, Mn⁺²'nin Mn⁺⁴'e yükseltgenmesi esasına dayanmaktadır. Çeşitli tepkimeler sonucu açığa çıkan iyot miktarının titrasyonla belirlenmesi oksijen miktarının ölçülmesini sağlamaktadır.

Deniz yosunu örneklerinin toplandığı ortamdaki ışık miktarının ölçümü ise LI-COR marka LI-250A model ışık ölçer ile gerçekleştirilmiştir. Bu çevresel parametrenin ölçümü, daha sonra kültüre alınacak olan deniz yosunu örneklerine verilecek ışık miktarını belirlemede önem göstermektedir.

NO₃-N tayini, Morris ve Riley (1963)'in metodu temel alınarak, kadmiyum indirgeme kolonu gerçekleştirilmiştir. Bu metotta konsantrasyon amonyum klorür ilavesinden sonra 100ml'lik su örneği, içerisinde bakırlanmış kadmiyum granüllerinin olduğu kolondan geçirilmiştir. Deniz suyundaki NO₃⁻'ün hemen hemen hepsi kolondan geçirildiğinde kantitatif olarak NO₂⁻ (nitrit)'ye indirgenmektedir. Oluşan NO₂⁻, sülfanilamid ile diazolandıktan sonra N-(1-naftil)-etilendiamin ile renkli azo boyasını oluşturmaktadır. Bu bileşiğin spektrofotometrik olarak 543nm dalga boyunda ölçümü yapılarak deniz suyu örneğindeki NO₃⁻ miktarı hesaplanmaktadır. Nitrat analizinin doğru olarak gerçekleştirilebilmesi için başlangıçtaki deniz suyu örneğinde bulunan NO₂⁻ miktarının doğru ölçülmesi gerekmektedir. Çünkü başlangıçta bulunan NO₂⁻ miktarı, kolondan

geçirilen su örneğinde hesaplanmış NO_2^- miktarından çıkarıldıktan sonra deniz suyundaki nitrat miktarı tayin edilmektedir.

$\text{NO}_2\text{-N}$ tayini, Bendschneider ve Robinson'un (1952) metoduna göre gerçekleştirilmiştir. Bu metodun esası, 50ml deniz suyu örneğinin sülfanilamid ile diazolandıktan sonra N-(1-naftil)-etilendiamin çözeltisi ile bağlanması esasına dayanmaktadır. Bu bağlanma sonucu oluşan renkli azo boyası spektrofotometrik olarak 543nm dalga boyunda ölçülmüştür.

$\text{PO}_4\text{-P}$ tayini, Murpy ve Riley'in (1962) metoduna göre gerçekleştirilmiştir. 100ml'lik deniz suyu örneğinin molibdik asit, askorbik asit ve üç değerlikli antimon içeren karma bir reaktifle tepkimeye girmesi sağlanmaktadır. Sonuçta oluşan kompleks, indirgenip mavimsi renkte bir solüsyon vermekte ve bu çözeltinin 885nm dalga boyunda ölçümü gerçekleştirilerek $\text{PO}_4\text{-P}$ tayini sağlanmaktadır.

Alkalinite tayini, HACH marka AL-AP modelindeki alkalinite test kiti ile tayin edilmiştir.

Çok tekrarlı yapılan fiziksel ve kimyasal analizlerin verileri, ortalama±standart sapma (ss) şeklinde verilmiştir.

3.4. Biyokimyasal Analizler

Altıntaş istasyonundan toplanan deniz yosunu örnekleri, ortama alıştırmaya sürecinden sonra akvaryumlarda dört haftalık süre ile kültüre alınmıştır. *P. morrowii* Harvey türü üzerinde tuzluluğun etkilerini belirleyebilmek için kültür ortamında sıcaklık, ışık miktarı, pH değişkenleri sabit tutulmuştur. Bir tanesi türün toplandığı yaşam ortamının tuz derişimi (%23) olmak üzere yüksek (%33, %42) ve düşük (%10) tuzluluk derişimlerine maruz bırakılmıştır. Farklı tuzluluk derişimleri uygulanarak *P. morrowii* türü üzerine tuzluluğun etkileri araştırılmıştır. Bu bağlamda kültürdeki örneklerin toplam protein, klorofil-a, fikosiyanın, fikoeritrin, toplam fenol, yağda ve suda çözünen toplam antioksidan içerikleri haftalık olarak tayin edilirken karbonik

anhidraz (CA) aktivitesi tayini sadece son hafta yapılmıştır. Bu biyokimyasal parametrelerin hem farklı tuzluluk derişimlerine karşı değişimi hem de haftalara göre değişimleri ve birbirleriyle olan ilişkileri saptanmaya çalışılmıştır. Ayrıca dört hafta sonunda farklı tuzluluk derişimlerine maruz bırakılan deniz yosunu örneklerinin toplam katı organik madde miktarı da hesaplanmıştır. Yağda ve suda çözünen antioksidan maddenin tayini ve CA tayini için deniz yosunu örneklerinin uygun miktarları sıvı azotta dondurulmuş ve analize kadar -20⁰C’de saklanmıştır. Biyokimyasal analizler, çok tekrarlı yapılmış olup elde edilen veriler ortalama±ss şeklinde verilmiştir.

3.4.1. Toplam protein

Protein tayini Bradford (1976) metodu ile yapılmıştır. Bu metotta belirli bir miktardaki doku örneği potasyum fosfat tamponu ile havanda ezilerek, 3000g’de santrifüj edilmiş ve süpernatant doku ekstraktı olarak kullanılmıştır. Doku ekstraktı, Coomassie Brilliant Blue G-250 ayıracı ile tepkimeye sokulmuş ve proteinlerin bu ayıraç ile boyanma özelliğinden faydalanılarak 595nm dalga boyunda spektrofotometrik olarak ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Örneklerin toplam protein içeriği, bovine serum albumin standart eğrisinden hesaplanarak mg/g YA cinsinden belirlenmiştir.

3.4.2. Klorofil-a

Klorofil-a analizi için örnekler, Inskeep ve Bloom’un (1985) metoduna göre N,N-Dimetilformamid (DMF) ile karanlık ortamda ekstrakte edilmiştir. Ekstraktın spektrofotometrik olarak ölçülmesinden sonra, aşağıdaki formül yardımı ile mg/g YA cinsinden klorofil-a miktarları hesaplanmıştır.

$$\text{Klorofil-a} = 12,70 \times A_{664,5} - 2,79 \times A_{647}$$

3.4.3. Fikoeritrin ve fikosiyenin

Beer ve Eshel’in (1985) metoduna göre, deniz yosunu örnekleri 0,1M fosfat tamponu ile ekstrakte edildikten sonra, 5000g’de 20 dakika santrifüj edilmiştir. Süpernatantın farklı

dalga boylarındaki (455nm, 564nm, 592nm, 618nm, 645nm) absorbansı spektrofotometrik olarak ölçülmüştür. Aşağıdaki formül yardımıyla fikoeritrin ve fikosiyenin miktarları hesaplanmıştır.

$$\text{Fikoeritrin} = ((A_{564} - A_{592}) - (A_{455} - A_{592}) \times 0,20) \times 0,12$$

$$\text{Fikosiyenin} = ((A_{618} - A_{645}) - (A_{592} - A_{645}) \times 0,51) \times 0,15$$

3.4.4. Toplam fenol

Deniz yosunu örneklerinin metanol ekstraktlarının toplam fenolik içerikleri, Taga ve ark. (1984)'nın tanımladığı Folin Ciocalteu's metoduna göre belirlenmiştir. Deniz yosunu örneklerinin metanol ekstraktları hazırlanmış, daha sonra 100µl metanol ekstraktı 2ml %2'lik Na₂CO₃ ile karıştırıldıktan sonra 2 dakika oda sıcaklığında bekletilmiştir. İnkübasyondan sonra %50'lik 100µl Folin Ciocalteu ayırıcı eklenip karıştırılmış ve 30 dakika oda sıcaklığında karanlıkta bırakılmıştır. Örneklerin 720nm dalga boyunda spektrofotometrik olarak ölçümleri yapılmıştır. Toplam fenolik içerik, gallik asit standartı ile hesaplanmış ve yaş dokunun her gramındaki gallik asite eş değer olarak mg/g cinsinden ifade edilmiştir.

3.4.5. Toplam suda ve yağda çözünen antioksidan

Deniz yosunu örneklerinin ekstraktlarında toplam antioksidan kapasite Prieto ve ark. (1999)'ın geliştirdiği Fosfomolibden metoduna göre spektrofotometrik olarak tayin edilmiştir. Bu metot, mavi-yeşil renkli fosfomolibden kompleksinin oluşumuna dayanmaktadır.

Yağda çözünen antioksidan kapasitenin belirlenebilmesi için sıvı azotta dondurulan örneklerin hekzan ile ekstraktları hazırlanmıştır. 600µl hekzan ekstraktı ependorf tüplerine yerleştirildikten sonra ekstraktlardaki hekzan uçurulup aynı hacimde etil alkol ilavesi yapılmıştır. Daha sonra uygun miktarda fosfomolibden reaktifi (32mM sodyum fosfat, 4mM amonyum molibdat, 0,6M sülfirik asit) eklenip karıştırılmıştır. 95⁰C'de 90 dakika inkübasyondan sonra 695nm dalga boyunda absorbansları ölçülmüştür. Yağda

çözünen antioksidan kapasite, mg/g YA cinsinden α -tokoferole denk olarak ifade edilmiştir.

Suda çözünen antioksidan kapasite tayininde sıvı azotta dondurulan deniz yosunu örneklerinin su ile hazırlanan ekstraktları (600 μ l), uygun miktardaki fosfomolibden reaktifi (2,4ml)'nin ilavesi ile 95⁰C'de 90 dakika inkübe edilmiştir. İnkübasyon süresi sonunda 695nm dalga boyunda absorbansları ölçülmüştür. Sonuçta suda çözünen antioksidan kapasitesi, mg/g YA cinsinden L-askorbik asite eşdeğer olarak ifade edilmiştir. Standart eğriler L-askorbik asitin suda çözünmüş farklı miktarlarıyla yapılmıştır.

3.4.6. Karbonik anhidraz aktivitesi

Karbonik anhidraz (EC 4.2.1.1) aktivitesini belirlemek için sıvı azotta dondurulmuş örnekler 50mM Tris, 25mM Dithiothreitol, 25mM iso-askorbik asit ve 5mM EDTA içeren 8,5 pH'a sahip tampon ile ekstrakte edilmiştir. Elde edilen homojenat CA aktivitesinin potansiyometrik olarak ölçülmesinde kullanılmıştır. 0-2⁰C'de yapılan ölçümde 8,1-7,1 pH aralığı içerisindeki 0,4 birimlik pH azalması için geçen zaman kaydedilmiştir. Enzimatik tepkime, homojenat üzerine CO₂'ye doymuş distile su ilavesiyle başlatılmıştır. 1 birim oransal enzim aktivitesi aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanıp örnek ağırlığına göre gerekli düzeltmeler yapılmıştır (Haglund ve ark. 1992).

$$\text{Oransal Enzim Aktivitesi} = (t_o / t_c) - 1$$

t o = enzimatik olmayan (tampon) tepkime için geçen zaman

t c = enzimatik tepkime (homojenat) için geçen zaman

3.4.7. Toplam katı organik madde

Deniz yosunu örneklerinin epifitleri temizlendikten sonra belirli miktarlardaki YA'ları tartılmıştır. Daha sonra örnekler alüminyum folyo ile sarılarak 24 saat 50⁰C'de etüvde

kurutulmuştur. Etüvden çıkarılan deniz yosunu örneklerinin KA'ları tartılmış ve g/g cinsinden toplam katı organik madde miktarı hesaplanmıştır.

3.5. İstatistik

Farklı tuz derişimlerinde dört hafta boyunca kültüre alınan örneklerin, toplam protein, klorofil-a, fikoeritrin, fikosiyanin, toplam fenol, toplam yağda ve suda çözünen antioksidan değerlerindeki değişimler çift yönlü ANOVA testi ile değerlendirilmiştir. Farklı tuz derişimlerine maruz bırakılan örneklerin CA aktivitesi ve toplam katı organik madde miktarları ise tek yönlü ANOVA testi ile istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Çoklu karşılaştırma testleri olarak Tukey ve Tamhane's T2 testleri kullanılmıştır. Normalite ve varyansın homojenliği, sırasıyla Kolmogorov Smirnov ve Levene testleri ile belirlenmiştir. SPSS paket programı kullanılarak tüm istatistiksel analizler 0,05 anlamlılık düzeyinde test edilmiştir.

4. BULGULAR

4.1. Fiziksel ve Kimyasal Analizler

Arazi esnasında deniz yosunu örneklerinin toplandığı deniz suyunun pH, tuzluluk, Eİ, sıcaklık, ışık şiddeti, TÇM, ÇO değerleri tayin edilmiştir. Örneklerin toplandığı bu ortamın pH değerleri $8,32 \pm 0,06$ olarak belirlenirken, tuzluluk değerleri $\%20,94 \pm 0,46$ olarak saptanmıştır. Ayrıca Eİ'si mS/cm cinsinden $34,73 \pm 0,06$ değerlerinde, sıcaklık $14,23 \pm 0,23^{\circ}\text{C}$ değerlerinde, ışık şiddeti $1029,33 \pm 61,65 \mu\text{mol foton m}^{-2}\text{s}^{-1}$ değerlerinde kaydedilirken, TÇM $20,17 \pm 0,06\text{g/l}$, ÇO ise $7,91 \pm 0,25\text{mg/l}$ olarak belirlenmiştir. Örneklerin toplandığı suyun $\text{NO}_3\text{-N}$ değeri $0,01 \times 10^{-2} \text{mg/l}$, $\text{NO}_2\text{-N}$ değeri $2 \times 10^{-4} \text{mg/l}$, $\text{PO}_4\text{-P}$ değeri ise $5 \times 10^{-4} \text{mg/l}$ olarak tayin edilmiştir. Elde edilen bu veriler Çizelge 4.1'de gösterilmektedir.

Altıntaş istasyonundan toplanan deniz yosunu örnekleri, tuzluluk dışındaki diğer değişkenleri uygulamalar arasında sabit tutularak laboratuvar ortamında dört hafta boyunca kültüre alınmıştır. Tuzluluk, sıcaklık ve pH ölçümleri günlük olarak yapılmıştır. Kültür süresi içerisinde akvaryumlardaki kültür ortamlarının pH'ı ortalama $8,4 \pm 0,15$, sıcaklığı ortalama $20 \pm 1^{\circ}\text{C}$ olarak belirlenmiştir. Örneklerin kültüre alındığı ortamın ışık şiddeti $100 \mu\text{mol foton m}^{-2}\text{s}^{-1}$ olarak ölçülmüştür. Tuzluluk ise $\%10 \pm 0,2$; $\%23 \pm 1$; $\%33 \pm 1$; $\%42 \pm 1$ olarak dört farklı tuz derişiminde uygulanmıştır. Örneğin toplandığı ortamın tuz derişim değerine yakın olduğu için $\%23$ tuz derişimi kontrol grubu olarak belirlenmiştir. Kültür süresince örneklerin bulunduğu ortamın özelliklerini belli bir aralıkta tutmak için kültür ortamının suyu haftalık olarak değiştirilmiştir. Her su derişimi öncesinde ve sonrasında $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$, ÇO, alkalinite değerleri ölçülerek örneklerin bulunduğu ortamın $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$, ÇO, alkalinite değerlerinin belli bir aralıkta kalması sağlanmıştır. Dört hafta boyunca kültür ortamının $\text{NO}_3\text{-N}$ değerlerinin $9,1 \times 10^{-2} \pm 5,7 \times 10^{-2} \text{mg/l}$ ile $23,8 \times 10^{-2} \pm 2 \times 10^{-2} \text{mg/l}$ aralığında, $\text{NO}_2\text{-N}$ değerlerinin $0,3 \times 10^{-4} \pm 0,1 \times 10^{-4}$ ile $28,3 \times 10^{-4} \pm 19,2 \times 10^{-4} \text{mg/l}$ aralığında, $\text{PO}_4\text{-P}$ değerleri ise $2,7 \times 10^{-4} \pm 1 \times 10^{-4}$ ile $15,6 \times 10^{-4} \pm 7,3 \times 10^{-4} \text{mg/l}$ aralığında kalması sağlanmıştır. Ayrıca kültür ortamının ÇO değerleri mg/l cinsinden $5,09 \pm 0,5$ ile $10,33 \pm 1,8$ aralığında, alkalinite değerleri mg/l cinsinden $250 \pm 17,6$ ile $395 \pm 4,9$ aralığında tutulmuştur.

Örneklerin bulunduğu kültür ortamının fiziksel ve kimyasal değişkenlerine ait ölçüm değerleri, Çizelge 4.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. *P. morrowii* türünün toplandığı ortamın ve türün kültüre alındığı ortamın fiziksel ve kimyasal değişkenlerinin ölçüm değerleri. NO₃-N değerleri x10⁻², NO₂-N ve PO₄-P değerleri x10⁻⁴ olarak verilmiştir.

Değişken	Örneklerin Toplandığı İstasyon	Örneklerin Kültüre Alındığı Ortam
pH	8,32±0,06	8,4±0,15
Tuzluluk (‰)	20,94±0,46	10±0,2; 42±1
Elektriksel iletkenlik (mS/cm)	34,73±0,06	-----
Sıcaklık (°C)	14,23±0,23	20±1
Işık Şiddeti (µmol foton m ⁻² s ⁻¹)	1029,33±61,65	100
Toplam Çözünmüş Madde (g/l)	20,17±0,06	-----
Çözünmüş Oksijen (mg/l)	7,91±0,25	5,09±0,5; 10,33±1,8
NO ₃ -N (mg/l)	0,01	9,1±5,7; 23,8±2
NO ₂ -N (mg/l)	2	0,3±0,1; 28,3±19,2
PO ₄ -P (mg/l)	5	2,7±1; 15,6±7,3
Alkalinite (mg/l CaCO ₃)	153	250±17,6; 395±4,9

4.2. Biyokimyasal Analizler

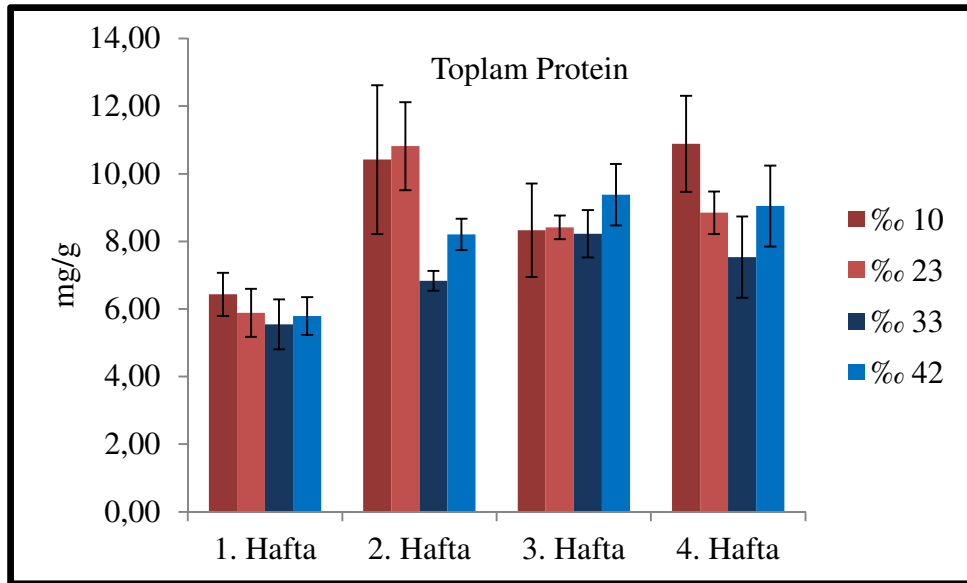
4.2.1. Toplam protein

P. morrowii türünün mg/g YA cinsinden ortalama toplam protein miktarlarının tuzluluk ve zamana bağlı olarak değişimi Şekil 4.1’de verilmektedir. Kültürdeki örneklerin toplam protein değerleri incelendiğinde ‰10 tuz derişimindeki değerlerin 1. haftada en düşük seviyede olduğu (6,43±0,64mg/g YA), 2. haftada bu değerlerinin artış gösterdiği (10,42±2,20mg/g YA), 3. haftada ise bir miktar azalma göstererek (8,33±1,38mg/g

YA), 4. haftada en yüksek değere ($10,88 \pm 1,42 \text{mg/g YA}$) ulaştığı görülmüştür. %10 tuz derişiminde 4. haftadaki örneklerde belirlenen protein değerleri 1. hafta ile karşılaştırıldığında, yaklaşık 1,6 katlık bir artış olduğu kaydedilmiştir. Benzer değişim %23 tuz derişimindeki örneklerin toplam protein değerlerinde de gözlenmiştir. Bu uygulamanın 1. haftasında belirlenen protein değeri $5,88 \pm 0,71 \text{mg/g YA}$ iken 4. haftada bu değeri $8,85 \pm 0,63 \text{mg/g YA}$ olarak kaydedilmiştir. %33 tuz derişiminde kültüre alınan örneklerde kaydedilen en düşük protein değeri çalışmanın 1. haftasında $5,54 \pm 0,74 \text{mg/g YA}$ olarak bulunurken, 2. ve 3. haftalarda bu değerlerde bir artış meydana gelmiştir (sırasıyla $6,83 \pm 0,29 \text{mg/g YA}$; $8,22 \pm 0,70 \text{mg/g YA}$). Uygulamanın son haftasında ise, 3. haftaya göre bir azalma tespit edilmiş olup, örneklerin toplam protein içeriği $7,53 \pm 1,20 \text{mg/g YA}$ olarak belirlenmiştir. %42 tuz derişiminde kültüre alınan örneklerin protein değerlerine bakıldığında, 1. haftada $5,79 \pm 0,56 \text{mg/g YA}$ olarak belirlenmiş ve bu protein değerlerinin diğer haftalardan daha düşük seviyede olduğu dikkat çekmiştir. Aynı uygulamanın 2. haftasında ise örneklerin protein değerlerinde 1. hafta protein değerlerine kıyasla yaklaşık 1,4 kat bir artış gözlenmiştir. Bu artış 3. hafta da devam etmiş ve en yüksek seviyeye ($9,38 \pm 0,91 \text{mg/g YA}$) ulaşmıştır. Uygulamanın 4. haftasında ise benzer değerlerde kalmıştır ($9,44 \pm 1,20 \text{mg/g YA}$). Uygulama boyunca elde edilen protein değerlerine bakıldığında, tüm uygulamalar için 1. haftada belirlenen protein değerlerinin diğer haftalardan daha düşük değerler gösterdiği dikkat çekmiştir.

1. haftada en düşük protein değeri %33 tuz derişimindeki örneklerde ($5,54 \pm 0,74 \text{mg/g YA}$) gözlenirken, en yüksek protein değeri %10 tuz derişimindeki örneklerde ($6,43 \pm 0,64 \text{mg/g YA}$) belirlenmiştir. %23 ve %33 tuz derişimlerindeki protein değerleri ise birbirine yakın olarak kaydedilmiştir. 2. haftanın verileri incelendiğinde ise %10 ve %23 tuz derişimindeki protein değerlerinin sırasıyla $10,42 \pm 2,20 \text{mg/g YA}$, $10,82 \pm 1,30 \text{mg/g YA}$ olduğu görülmüştür. %33 tuz ($6,83 \pm 0,29 \text{mg/g YA}$) ve %42 tuz ($8,21 \pm 0,50 \text{mg/g YA}$) derişimlerindeki protein değerleri, %10 ve %23 tuz derişimindeki değerlerden daha düşük olarak kaydedilmiştir. 3. haftada %10, %23 ve %33 tuz derişimlerinde kültüre alınan örneklerin protein değerleri arasında ise çok büyük bir farklılık gözlenmemiş olup, en yüksek protein değeri %42 tuz derişiminde ($9,38 \pm 0,91 \text{mg/g YA}$) bulunmuştur. 4. haftada ise farklı tuz derişimlerinde kültüre alınan örneklerin toplam protein değerleri incelendiğinde, en yüksek protein değerinin %10

tuz derişimindeki örneklerde olduğu görülmüştür (10,88±1,42mg/g YA). Bu haftada en düşük toplam protein değerine ise %33 tuz derişiminde kültüre alınan örneklerde rastlanmıştır (7,53±1,20mg/g YA). %23 ve %42 tuz derişimlerine maruz bırakılan örneklerin toplam protein değerleri ise %33 tuz derişimindeki örneklerin değerinden daha yüksek olup, sırasıyla 8,85±0,63mg/g YA ve 9,04±1,2mg/g YA olarak bulunmuştur.



Şekil 4.1. *P. morrowii* türünde zamana ve tuzluluğa bağlı olarak toplam protein miktarları

İki yönlü ANOVA sonuçlarına göre tuzluluk (F=15,690; p<0,05) ve zaman (F=51,180; p<0,05), *P. morrowii* türünün toplam protein içeriğini etkilemiştir. Çizelge 4.2’de farklı tuz derişimlerinde kültüre alınan *P. morrowii* örneklerinde protein değerleri için iki yönlü ANOVA sonuçları verilmiştir. Çoklu karşılaştırma testlerine göre %10 ve %23 tuz derişimlerinde kültüre alınan örneklerin protein değerleri arasındaki fark anlamsız olmasına rağmen (p>0,05), hem %33 ve %23 hem de %33 ve %10 tuz derişimindeki protein değerleri arasındaki farklılık anlamlı (p<0,05) görülmüştür. %42 tuz derişimindeki değerler ise diğer uygulamalarda elde edilen protein değerlerinin hiçbirisinden farklı bulunmamıştır (p>0,05). Zaman dikkate alındığında çoklu karşılaştırma testleri, 1. hafta protein değerlerinin diğer haftalardan anlamlı olarak değişiklik gösterdiğini belirlemiştir (p<0,05). Ayrıca iki yönlü ANOVA sonuçlarına

göre elde edilen istatistiksel bulgular, tuzluluk ve zaman birlikte iken örneklerin toplam protein değerleri üzerine etkili olduğunu göstermiştir ($F=5,649$; $p<0,05$).

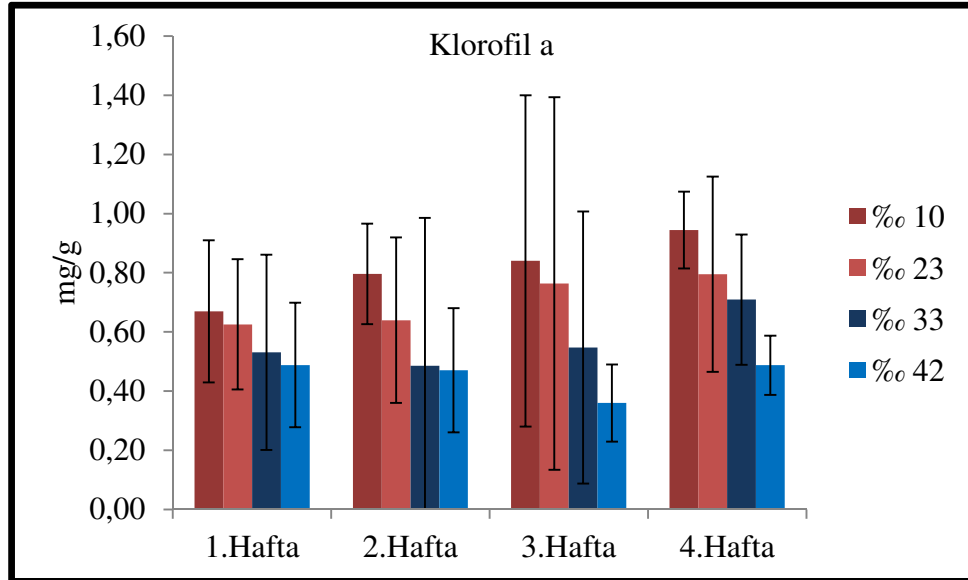
Çizelge 4.2. Farklı tuz derişimlerinde kültüre alınan *P. morrowii* örneklerinde protein değerleri için çift yönlü ANOVA sonuçları

	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	p
Tuzluluk	3	16,919	15,690	0,000
Zaman	3	55,190	51,180	0,000
Tuzluluk*Zaman	9	6,092	5,649	0,000

4.2.2. Klorofil-a

Şekil 4.2’de *P. morrowii* türünde zamana ve tuzluluğa bağlı olarak dört haftalık periyotta örneklerin klorofil-a miktarları gösterilmektedir. %23 tuz derişimindeki klorofil-a değerlerine göre %10 tuz derişimindeki örneklerin klorofil-a değerlerinde tüm haftalarda bir artış gözlenmiştir. Türün toplandığı yaşam ortamındaki tuz derişiminde (%23) kültüre alınan örneklerin klorofil-a değerleri, daha düşük tuz derişimindeki örneklerin klorofil-a değerlerine göre tüm haftalarda daha düşük seviyelerde saptanmıştır. 1. haftada en yüksek klorofil-a değeri ($0,67\pm0,02$ mg/g YA) %10 tuz derişimindeki örneklerde belirlenmiş olup, tuzluluk derişimi arttıkça örneklerde görülen klorofil-a değerleri düşüş göstermiştir. %23, %33 ve %42 tuz derişimlerinde sırasıyla $0,63\pm0,02$ mg/g YA, $0,53\pm0,03$ mg/g YA, $0,49\pm0,02$ mg/g YA olarak belirlenmiştir. 1. haftada en düşük klorofil-a değerinin %42 tuz derişimindeki örneklerde olduğu görülmüştür. Farklı tuz derişimlerinde kültüre alınan örneklerin klorofil-a değerleri 2. ve 3. haftalarda da 1. haftaya benzer bir değişim sergilemiştir. Yapılan istatistiksel analizlerdeki çoklu karşılaştırma testlerine göre sadece 1. ve 4. hafta arasında örneklerin klorofil-a değerleri açısından anlamlı bir farklılık bulunmuştur ($p<0,05$). 1. hafta ile karşılaştırıldığında 4. haftada %10 tuz derişimindeki örneklerin klorofil-a değerlerinde 1,4 kat bir artış söz konusu olmuş ve 4 haftalık kültür boyunca incelenen tüm örnekler arasında en yüksek klorofil-a değeri ($0,94\pm0,01$ mg/g YA) olarak belirlenmiştir. 4. haftada %23 tuz derişimindeki örneklerin klorofil-a değeri ilk haftaki klorofil-a değerlerinden anlamlı derecede yüksek seviyelerde bulunmuştur ($0,80\pm0,03$ mg/g YA). %33 tuz derişimindeki örneklerin klorofil-a değerleri ise $0,71\pm0,02$ mg/g YA olarak kaydedilmiştir. %42 tuz derişimindeki örneklerin klorofil-a

miktarları ise 1. ve 4. haftalarda birbirine yakın değerlerde bulunmuştur. Diğer yandan %10 ve %23 tuz derişimindeki örneklerin klorofil-a değerleri zamana bağı olarak da artış göstermiştir. %33 tuz derişiminde kültüre alınan örneklerin klorofil-a değerleri de 2. hafta dışında zamana bağı olarak bir artış sergilemiştir.



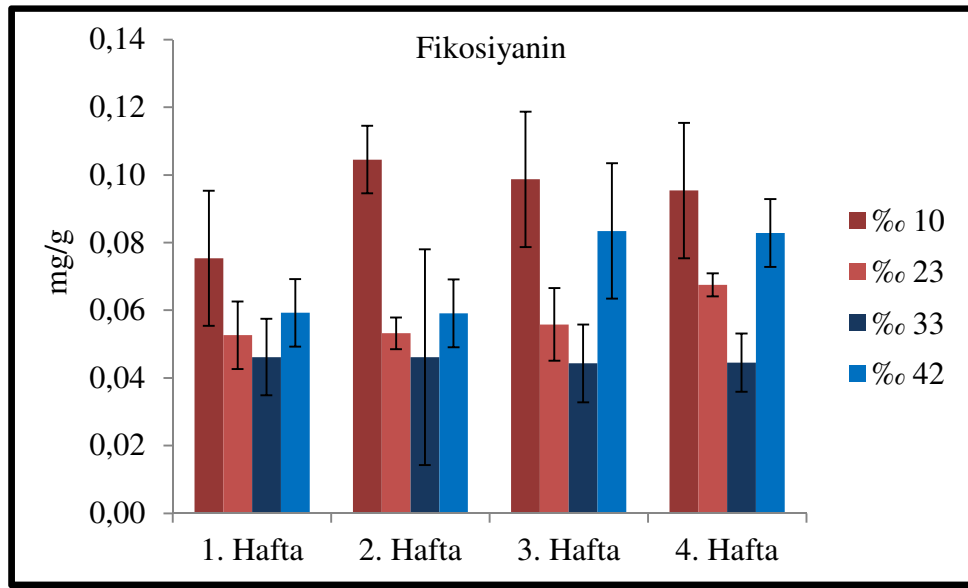
Şekil 4.2. *P. morrowii* türünde zamana ve tuzluluğa bağı olarak klorofil-a miktarları

İstatiksel açıdan incelendiğinde çift yönlü ANOVA sonuçları, tuzluluk değışkeninin *P. morrowii* türünün klorofil-a içeriğini etkilediğini ($F=283,067$; $p<0,05$) göstermiştir. Çoklu karşılaştırma testleri tüm uygulamaların klorofil-a değerlerinin birbirinden farklı olduğunu göstermiştir ($p<0,05$). *P. morrowii* türünün klorofil-a değerleri zaman faktöründen etkilenmiştir ($F=54,605$; $p<0,05$). Örneklerin 1, 2 ve 3. haftalardaki klorofil-a değerleri arasında anlamlı farklılıklar bulunmazken ($p>0,05$), 1. ve 4. haftalarda klorofil-a değerleri arasında anlamlı bir farklılık olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Çift yönlü ANOVA sonuçlarına göre örneklerin klorofil-a değerleri dikkate alındığında, farklı tuzluluk uygulamalarının zamanla bir etkileşim içinde olduğu görülmüştür ($F=13,679$; $p<0,05$). Çizelge 4.3’de *P. morrowii* örneklerinin klorofil-a değerleri için hesaplanan çift yönlü ANOVA sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.3. Farklı tuz derişimlerinde kültüre alınan *P. morrowii* örneklerinde klorofil-a değerleri için çift yönlü ANOVA sonuçları

	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	P
Tuzluluk	3	0,498	283,067	0,000
Zaman	3	0,096	54,605	0,000
Tuzluluk*Zaman	9	0,024	13,679	0,000

4.2.3. Fikosiyanin



Şekil 4.3. *P. morrowii* türünde zamana ve tuzluluğa bağlı olarak fikosiyanin miktarları

Yapılan tez çalışmasında örneklerin fikosiyanin değerlerinin, zamana ve tuzluluğa bağlı olarak değişimi Şekil 4.3’de verilmiştir. %10 tuz derişiminde kültüre alınan örneklerin fikosiyanin değerleri, tüm haftalarda diğer tuz derişimlerindeki değerlerden daha yüksek miktarlarda görülmüştür. %10 tuz derişimindeki örneklerin fikosiyanin değerleri 1. hafta $0,075 \pm 0,02$ mg/g YA olarak belirlenirken, 2. hafta $0,105 \pm 0,01$ mg/g YA olarak belirlenmiş ve kültür boyunca görülen en yüksek değere ulaşmıştır. 3. hafta ve 4. haftalarda bir miktar azalma göstermiştir. %23 tuz derişimindeki değerler tüm haftalarda, %10 tuz derişimindeki fikosiyanin değerlerine göre daha düşük seviyelerde görülmekle birlikte %33 tuz derişimindeki fikosiyanin değerlerinden daha yüksek olarak saptanmıştır. %42 tuz derişiminde kültüre alınan örneklerin fikosiyanin değerleri

ise tüm haftalarda hem %33 hem de %23 tuz derişimindeki örneklerin fikosiyanın değerlerinden daha fazla olarak bulunmuştur. En düşük fikosiyanın değeri 3. haftada %33 tuz derişimindeki örneklerde $0,044 \pm 0,01$ mg/g YA olarak gözlenmiştir.

Çift yönlü ANOVA sonuçları, tuzluluğun *P. morrowii* türünün fikosiyanın içeriğini etkilediğini göstermiştir ($F=51,427$; $p<0,05$). Çoklu karşılaştırma testlerine göre tüm tuz derişimi uygulamalarındaki fikosiyanın değerleri arasındaki farklılık anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$). Çizelge 4.4'de farklı tuzluluk derişimlerinde 4 hafta boyunca kültüre alınan *P. morrowii* örneklerinin fikosiyanın değerleri için ANOVA sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.4. Farklı tuz derişimlerinde kültüre alınan *P. morrowii* örneklerinde fikosiyanın değerleri için çift yönlü ANOVA sonuçları

	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	p
Tuzluluk	3	0,009	51,427	0,000
Zaman	3	0,001	4,801	0,004
Tuzluluk*Zaman	9	0,000	2,415	0,020

%23 tuz derişimindeki örneklerin fikosiyanın değerlerinde zamana bağlı olarak bir artış gözlenmiştir. 1, 2, 3 ve 4. hafta sırasıyla $0,053 \pm 0,01$ mg/g YA, $0,053 \pm 0,004$ mg/g YA, $0,056 \pm 0,01$ mg/g YA ve $0,068 \pm 0,003$ mg/g YA olarak belirlenmiştir. Diğer yandan %33 tuz derişiminde kültüre alınan örneklerin fikosiyanın değerleri 4 hafta boyunca yapılan ölçümlerde birbirine yakın değerlerde görülürken, %42 tuz derişimindeki örneklerin fikosiyanın değerleri 3. haftada 1. haftaya göre 1,4 kat kadar bir artış göstermiştir. 3. ve 4. haftalarda %42 tuz derişiminde kültüre alınan örneklerin fikosiyanın değerleri sırasıyla $0,083 \pm 0,02$ mg/g YA ve $0,083 \pm 0,01$ mg/g YA olarak tayin edilmiştir.

İstatiksel analizler örneklerdeki fikosiyanın içeriğinin zamana göre değişim gösterdiğini, zamanın fikosiyanın değerleri üzerinde etkili bir faktör olduğunu göstermiştir ($F=4,801$; $p<0,05$). Fikosiyanın değerlerinin haftalık değişimi incelendiğinde çoklu karşılaştırma testlerine göre 1. ile 4., 1. ile 2. haftalar arasında örneklerin fikosiyanın değerleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmuştur ($p<0,05$).

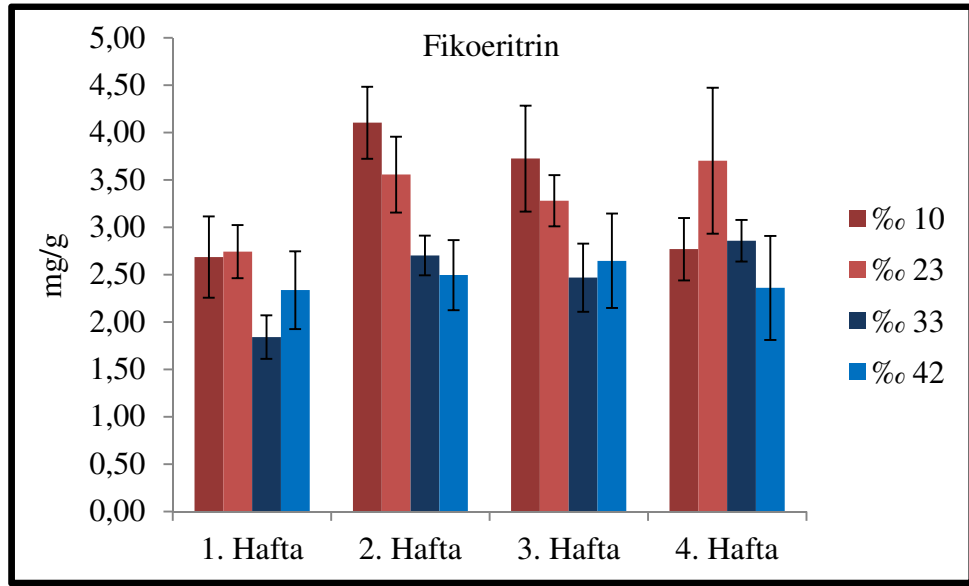
Örneklerin fikosiyanın değerleri 4. haftada %033 tuz derişiminde $0,045\pm 0,01$ mg/g YA, %023 tuz derişiminde $0,068\pm 0,003$ mg/g YA, %042 tuz derişiminde $0,083\pm 0,015$ mg/g YA ve %010 tuz derişiminde $0,095\pm 0,02$ mg/g YA olarak belirlenmiştir. 1. haftada %033 tuz derişiminde örneklerdeki fikosiyanın değeri $0,046\pm 0,01$ mg/g YA, %042 tuz derişimindeki fikosiyanın değeri ise $0,06\pm 0,01$ mg/g YA olup, 4. hafta ile karşılaştırıldığında iki tuz derişimindeki örneklerin fikosiyanın değerleri arasındaki fark 4. hafta daha fazla olarak bulunmuştur.

Ayrıca Çizelge 4.4'te de görüleceği gibi istatistiksel analizler farklı tuzluluk derişimlerinde kültüre alınan örneklerde tuzluluk ve zaman arasında bir etkileşim olduğunu göstermiştir ($F=2,415$; $p<0,05$). Yani farklı tuz derişimlerinin fikosiyanın değerlerine etkisi zaman bağı olarak derişim sergilemiştir.

4.2.4. Fikoeritrin

P. morrowii türünün dört haftalık kültür boyunca farklı tuz derişimlerinde yetiştirilen örneklerin fikoeritrin değerlerinin, tuzluluk ve zamana bağı derişimi Şekil 4.4'de gösterilmektedir. *P. morrowii* türünde fikoeritrin değerleri 4. hafta dışında diğer haftalarda %010 ve %023 tuz derişimindeki örneklerde %033 ve %042 tuz derişimindeki örneklerden daha yüksek olarak gözlenmiştir. İstatistiksel olarak yapılan çoklu karşılaştırma testlerine göre %010 ve %023 tuz derişimindeki ve %033 ve %042 tuz derişimindeki örneklerin fikoeritrin değerleri arasında anlamlı bir farklılık görülmemiştir ($p>0,05$). Dolayısıyla 4. hafta %023 tuz derişiminde kültüre alınan örneklerdeki fikoeritrin değeri ($3,70\pm 0,1$ mg/g YA), %010 tuz derişimindeki örneklerin fikoeritrin değerinden ($2,77\pm 0,33$ mg/g YA) önceki haftalara göre daha yüksek olsa da bu farklılık anlamsızdır ($p>0,05$). 2. hafta %010 ve %023 tuz derişimindeki örneklerin fikoeritrin değerlerinde ilk haftaya göre sırasıyla 1,5 ve 1,3 kat kadar bir artış gözlenmiştir. 3. hafta 2. haftaya göre %010 ve %023 tuz derişimindeki örneklerin fikoeritrin değerlerinde bir düşüş belirlense de yine de %033 ve %042 tuz derişimlerinde kültüre alınan örneklerin fikoeritrin değerlerinden daha yüksek seviyelerdedir (Şekil 4.4). 1. hafta diğer haftalardan farklılık göstermekte olup, çoklu karşılaştırma testlerine göre de anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$). 1. hafta %010 tuz derişimindeki örneklerin

fikoeritrin değeri $2,69 \pm 0,43 \text{ mg/g}$ YA olarak belirlenirken, %23 tuz derişimindeki örneklerin fikoeritrin değeri $2,74 \pm 0,28 \text{ mg/g}$ YA olarak bulunmuş ve birbirine yakın değerler olduğu görülmüştür. 1. hafta en düşük fikoeritrin değeri ise %33 tuz derişimindeki örneklerde gözlenmiştir ($1,84 \pm 0,23 \text{ mg/g}$ YA). %42 tuz derişimindeki örneklerin fikoeritrin değerinde ise %33 tuz derişimindeki fikoeritrin değerlerine göre 0,5 kat kadar artış saptanmıştır. 2. Hafta %33 ve %42 tuz derişimine sahip ortamda kültüre alınan örneklerin fikoeritrin değerleri sırasıyla $2,70 \pm 0,21 \text{ mg/g}$ YA ve $2,49 \pm 0,37 \text{ mg/g}$ YA olarak bulunmuştur. 3. hafta ise 2. haftaya göre %10, 23 ve 33 tuz derişimlerindeki örneklerin fikoeritrin değerlerinde bir azalma görülmüş olup en düşük değer %33 tuz derişimindeki örneklerde görülmüştür ($2,47 \pm 0,36 \text{ mg/g}$ YA). 3. haftada %42 tuz derişimindeki örneklerin fikoeritrin değerlerinde ise 2. haftaya göre 1,06 kat kadar bir artış kaydedilmiştir.



Şekil 4.4. *P. morrowii* türünde zamana ve tuzluluğa bağlı olarak fikoeritrin miktarları

Dört hafta boyunca farklı tuz derişimlerinde kültüre alınan örneklerde en yüksek fikoeritrin değeri 2. haftada %10 tuz derişiminde ($4,10 \pm 0,38 \text{ mg/g}$ YA), en düşük fikoeritrin değeri ise 1. haftada %33 tuz derişiminde ($1,84 \pm 0,23 \text{ mg/g}$ YA) gözlenmiştir (Şekil 4.4).

Çift yönlü ANOVA sonuçları, tuzluluğun (F=35,902; p<0,05) ve zamanın (F=17,789; p<0,05) örneklerin fikoeritrin değerlerini etkilediğini göstermiştir. Aynı zamanda çift yönlü ANOVA sonuçları tuzluluk ve zaman arasında bir etkileşim olduğunu belirtmiştir (F=4,978; p<0,05). Yani tuzluluk ve zaman birlikte iken kültür ortamlarındaki örneklerin fikoeritrin miktarını etkilemiştir. Çift yönlü ANOVA istatistik sonuçları Çizelge 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.5. Farklı tuz derişimlerinde kültüre alınan *P. morrowii* örneklerinde fikoeritrin değerleri için çift yönlü ANOVA sonuçları

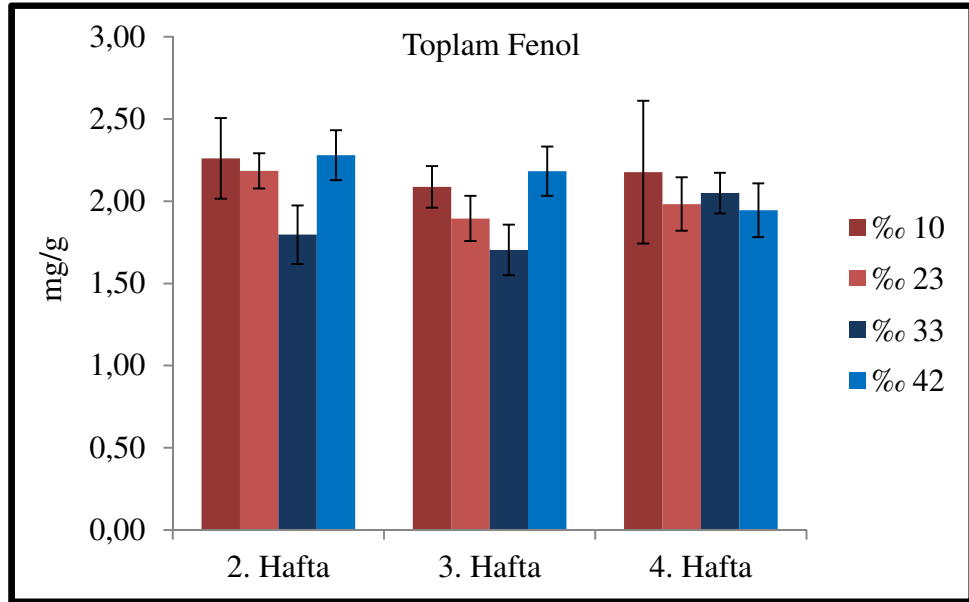
	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	p
Tuzluluk	3	4,904	35,902	0,000
Zaman	3	2,430	17,789	0,000
Tuzluluk*Zaman	9	0,680	4,978	0,000

Çoklu karşılaştırma testlerine göre %10 tuz derişimindeki örneklerin fikoeritrin değerleri ile %33 ve %42 tuz derişimindeki örneklerin fikoeritrin değerleri arasında (p<0,05), %23 tuz derişimindeki örneklerin fikoeritrin değerleri ile %33 ve %42 tuz derişimindeki örneklerin fikoeritrin değerleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (p<0,05).

4.2.5. Toplam fenol

Şekil 4.5'te *P. morrowii* türünde zamana ve tuzluluğa bağlı toplam fenol miktarlarındaki değişim verilmiştir. Farklı tuz derişimlerinde kültüre alınan örneklerin toplam fenol değerleri 2. haftadan itibaren ölçülmüştür. 2. hafta %10 tuz derişimindeki örneklerin toplam fenol değeri 2,26±0,25mg/g YA olarak belirlenirken %23 tuz derişimindeki örneklerde bu değeri daha az olup 2,18±0,11mg/g YA olarak saptanmıştır. %33 tuz derişiminde ise toplam fenol değerleri 2. haftada en düşük seviyede gözlenmiştir (1,80±0,18mg/g YA). %42 tuz derişiminde kültüre alınan örnekleri toplam fenol değeri 2. haftada diğer uygulamaların hepsinden yüksek seviyede belirlenmiştir (2,28±0,15mg/g YA). %42 tuz derişimindeki örneklerde görülen toplam fenol değerinin, %33 tuz derişimindeki değerlerden 1,3 kat daha fazla olduğu ve aradaki

farkın belirgin olarak görüldüğü gözlenmiştir. Örneklerin toplam fenol değerlerinde 3. haftada da 2. haftaya benzer bir durum görülmüştür. Toplam fenol değeri en düşük %33 tuz derişimindeki örneklerde ($1,70\pm 0,15\text{mg/g YA}$) bulunurken en yüksek %42 tuz derişimindeki örneklerde ($2,18\pm 0,15\text{mg/g YA}$) kaydedilmiştir. %10 ve %23 tuz derişimindeki değerlerin ise sırasıyla $2,09\pm 0,13\text{mg/g YA}$ ve $1,90\pm 0,14\text{mg/g YA}$ olduğu saptanmıştır. Son haftada ise 2. ve 3. haftalardan farklı olarak %33 tuz derişiminde kültüre alınan örneklerin toplam fenol değeri, %23 ve %42 tuz derişimindeki değerlerden yüksek bulunmuştur ($2,04\pm 0,12\text{mg/g YA}$). 4. hafta toplam fenol değeri en yüksek seviyeye %10 tuz derişimindeki örneklerde ($2,18\pm 0,43\text{mg/g YA}$) ulaşmıştır.



Şekil 4.5. *P. morrowii* türünde zamana ve tuzluluğa bağlı olarak toplam fenol miktarları

%10 tuz derişiminde kültüre alınan örneklerin toplam fenol değerlerine bakıldığında en yüksek toplam fenol değeri ($2,26\pm 0,25\text{mg/g YA}$) 2. haftada görülürken en düşük toplam fenol değeri ($2,09\pm 0,13\text{mg/g YA}$) 3. haftada gözlenmiştir. 4. haftada ise 3. hafta ile karşılaştırıldığında örneklerin toplam fenol değerlerinde 1,04 kat kadar bir artış saptanmıştır. %23 tuz derişimindeki örneklerin toplam fenol değeri en yüksek 2. haftada gözlenirken ($2,18\pm 0,11\text{mg/g YA}$), 3. ve 4. haftalarda örneklerin fenol değerleri sırasıyla $1,90\pm 0,14\text{mg/g YA}$ ve $2,00\pm 0,16\text{mg/g YA}$ olarak belirlenmiştir.

Dört haftalık kültürde farklı derişimlerde bulunan örneklerin toplam fenol değerlerinin çift yönlü ANOVA sonuçları Çizelge 4.6'da gösterilmektedir. İstatiksel bulgulara göre örneklerin toplam fenol değerleri tuzluluk (F=9,871; p<0,05) ve zamana (F=4,148; p<0,05) bağlı olarak değişim göstermiştir. Çoklu karşılaştırma test sonuçları, %023 tuz derişimindeki örneklerin toplam fenol değerleri ile diğer uygulamalarda kültüre alınan örneklerin toplam fenol değerleri arasında anlamlı bir farklılık olmadığını göstermiştir (p>0,05). Diğer yandan %033 tuz derişimindeki örneklerin toplam fenol değerleri ile %010 ve %042 tuz derişimindeki örneklerin toplam fenol değerleri arasındaki fark anlamlı bulunmuştur (p<0,05). Ayrıca %010 ve %042 tuz derişimindeki örneklerin toplam fenol değerleri arasında anlamlı bir farklılık görülmemiştir (p>0,05). Zaman açısından örneklerin toplam fenol değerleri incelendiğinde, çoklu karşılaştırma testlerine göre 2. ve 3. hafta toplam fenol değerleri arasındaki farklılık anlamlı bulunurken (p<0,05) diğer haftalar arasında anlamlı bir farklılık saptanmamıştır (p>0,05).

Çizelge 4.6. Farklı tuz derişimlerinde kültüre alınan *P. morrowii* örneklerinde toplam fenol değerleri için çift yönlü ANOVA sonuçları

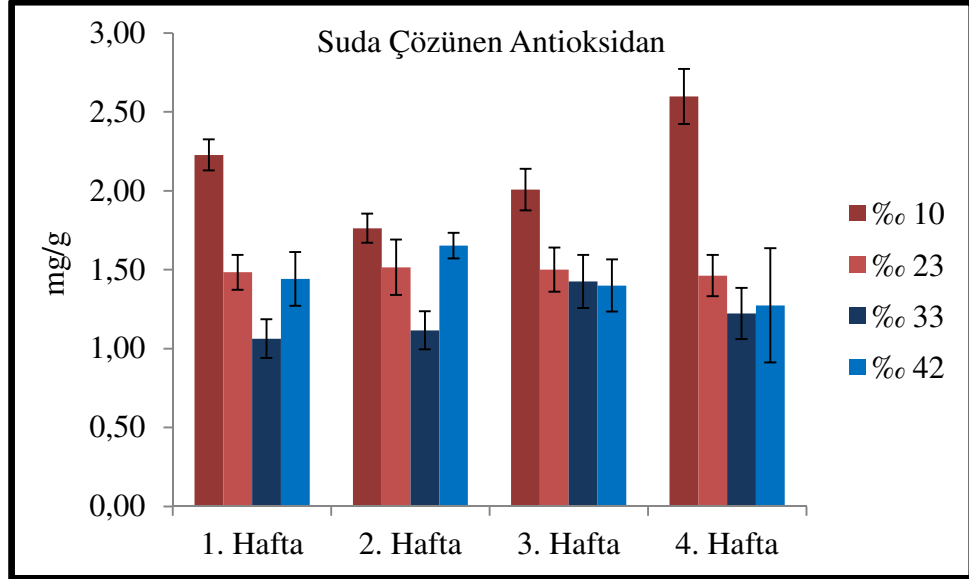
	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	p
Tuzluluk	3	0,383	9,871	0,000
Zaman	2	0,161	4,148	0,021
Tuzluluk*Zaman	6	0,129	3,326	0,007

4.2.6. Toplam suda ve yağda çözünen antioksidan

4.2.6.1. Suda çözünen antioksidan

4 farklı tuz derişiminde kültüre alınan örneklerin suda çözünen antioksidan değerleri Şekil 4.6'de gösterilmiştir. 4 haftalık uygulama periyodu içerisinde, çalışmanın her haftasında en yüksek suda çözünen antioksidan içerikleri %010 tuz derişiminde kültüre alınan örneklerde belirlenmiştir (sırasıyla 1. Hafta 2,23±0,10mg/g YA, 2. hafta 1,76±0,09mg/g YA, 3. hafta 2,00±0,13mg/g YA, 4. hafta 2,60±0,17mg/g YA). Çalışmanın 1. haftasında kaydedilen en düşük suda çözünen antioksidan içeriği %033

tuz derişiminde kültüre alınan örneklerde $1,06\pm0,12\text{mg/g}$ YA olarak belirlenmiştir. %23 ve %42 tuz derişimine maruz bırakılan örneklerin suda çözünen antioksidan miktarı ise hemen hemen birbirine yakın bulunmuştur (sırasıyla $1,48\pm0,11\text{mg/g}$ YA; $1,44\pm0,17\text{mg/g}$ YA).



Şekil 4.6. *P. morrowii* türünde zamana ve tuzluluğa bağlı olarak suda çözünen antioksidan miktarı

1.hafta verileri ile benzer olarak, 2. haftada da en düşük suda çözünen antioksidan içeriği %33 tuz derişiminde kültüre alınan örneklerde bulunmuştur ($1,12\pm0,12\text{mg/g}$ YA). %23 tuz derişiminde kültüre alınan örneklerde bu değer $1,52\pm0,17\text{mg/g}$ YA'e yükselirken, %42 tuz derişiminde ise $1,65\pm0,08\text{mg/g}$ YA olarak kaydedilmiştir. 3. haftada %23 ($1,50\pm0,14\text{mg/g}$ YA), %33 ($1,43\pm0,17\text{mg/g}$ YA) ve %42 ($1,40\pm0,17\text{mg/g}$ YA) tuz derişimlerinde yetiştirilen örneklerin suda çözünen antioksidan miktarları birbirine yakın değerler gösterirken, bu değerler %10 tuz derişiminde yetiştirilen örneklerden daha düşük olmuştur. Benzer durum 4. hafta verilerinde de gözlenmekle birlikte, %10 tuz derişiminde kültüre alınan örneklerin suda çözünen antioksidan miktarı ($2,60\pm0,17\text{mg/g}$ YA) diğer uygulamaların yaklaşık 2 katına ulaşmıştır.

Çizelge 4.7. Farklı tuz derişimlerinde kültüre alınan *P. morrowii* örneklerinde suda çözünen antioksidan değerleri için çift yönlü ANOVA sonuçları

	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	p
Tuzluluk	3	3,918	148,017	0,000
Zaman	3	0,069	2,588	0,059
Tuzluluk*Zaman	9	0,330	12,484	0,000

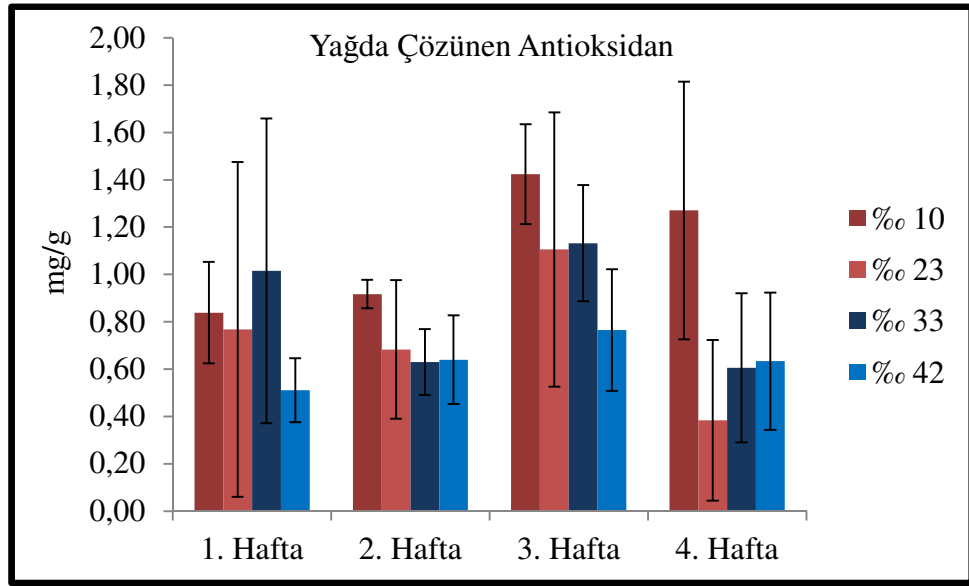
Çift yönlü ANOVA sonuçlarına göre tuzluluk değişkeni örneklerin suda çözünen antioksidan içerikleri üzerine etkili olmuştur (Çizelge 4.7). Çoklu karşılaştırma testleri %10 tuz derişiminde kültüre alınan örneklerin suda çözünen antioksidan içeriklerinin diğer uygulamalardan farklı olduğunu göstermiştir ($p<0,05$). Benzer şekilde %33 tuz derişiminde kültüre alınan örneklerin suda çözünen antioksidan içerikleri de diğer tüm uygulamalardan farklı bulunmuştur ($p<0,05$). %23 ve %42 tuz derişimine maruz kalan örneklerin suda çözünen antioksidan içerikleri ise istatistiksel olarak farklılık göstermemiştir ($p>0,05$). Çift yönlü ANOVA sonuçlarına göre örneklerin suda çözünen antioksidan içerikleri üzerine zamanın anlamlı bir etkisi olmazken ($F=2,588$; $p>0,05$) tuzluluk değişkeni ile birlikte anlamlılık oluşturmuştur (Çizelge 4.7).

4.2.6.2. Yağda çözünen antioksidan

Dört haftalık uygulama periyodu boyunca dört farklı tuz derişiminde kültüre alınan örneklerin yağda çözünen antioksidan içerikleri Şekil 4.7’da verilmiştir. Çalışmanın 1. ($0,84\pm0,21\text{mg/g YA}$) ve 2. haftasında ($0,92\pm0,06\text{mg/g YA}$) %10 tuz derişiminde yetiştirilen örneklerin yağda çözünen antioksidan içerikleri birbirine yakın değerler gösterirken çalışmanın 3. ($1,42\pm0,21\text{mg/g YA}$) ve 4. haftasında ($1,27\pm0,54\text{mg/g YA}$) bu değerler artış göstermiştir. %23 tuz derişiminde $0,77\pm0,71\text{mg/g YA}$ olarak kaydedilen yağda çözünen antioksidan içeriği 2. haftada $0,68\pm0,30\text{mg/g YA}$ ’a düşüş gösterirken 3. haftada yaklaşık 2 katına çıkarak $1,11\pm0,58\text{mg/g YA}$ ’a ulaşmıştır. Ancak 4. haftada ani bir düşüş göstererek $0,38\pm0,34\text{mg/g YA}$ olarak bulunmuştur. %33 tuz derişiminde kültüre alınan örneklerin yağda çözünen antioksidan içerikleri 1. ve 3. haftada (sırasıyla $1,01\pm0,64\text{mg/g YA}$; $1,13\pm0,25\text{mg/g YA}$) hemen hemen birbirine yakın değerler gösterirken uygulamanın 2. ve 4. haftalarında daha düşük değerlerde bulunmuştur (sırasıyla $0,63\pm0,14\text{mg/g YA}$; $0,61\pm0,31\text{mg/g YA}$). %42 tuz derişimine maruz bırakılan örneklerin yağda çözünen antioksidan içerikleri ilk 3 haftada kademeli olarak artış

gösterirken (sırasıyla $0,51\pm0,13\text{mg/g YA}$; $0,64\pm0,19\text{mg/g YA}$; $0,77\pm0,26\text{mg/g YA}$), 4. haftada bir miktar azalmıştır ($0,63\pm0,29\text{mg/g YA}$).

Çalışmanın 1. haftası hariç tutulduğunda 2. 3. ve 4. hafta verilerine bakıldığında en yüksek yağda çözünen antioksidan içeriklerinin, %10 tuz derişiminde kaydedildiği görülmektedir (sırasıyla $0,92\pm0,06\text{mg/g YA}$; $1,42\pm0,21\text{mg/g YA}$; $1,27\pm0,54\text{mg/g YA}$). Diğer tuz derişimlerine sahip ortamlarda kültüre alınan örneklerin yağda çözünen antioksidan içerikleri daha düşük değerler göstermiştir. Özellikle çalışmanın 4. haftasında %10 tuz derişiminde kaydedilen yağda çözünen antioksidan içerikleri ($1,27\pm0,54\text{mg/g YA}$), diğer uygulamalardan yaklaşık 2 kat daha fazla bulunmuştur (%23'te $0,38\pm0,34\text{mg/g YA}$, %33'te $0,61\pm0,32\text{mg/g YA}$, %42'de $0,63\pm0,29\text{mg/g YA}$).



Şekil 4.7. *P. morrowii* türünde zamana ve tuzluluğa bağlı olarak yağda çözünen antioksidan miktarı

Yapılan istatistiksel analizler dört haftalık uygulama içerisinde tuzluluk değişkeninin *P. morrowii* türünün yağda çözünen antioksidan içeriklerini anlamlı olarak etkilediğini göstermiştir (Çizelge 4.8). Çoklu karşılaştırma testleri %10 tuz derişiminde kültüre alınan örneklerin yağda çözünen antioksidan içeriklerinin, %23 ve %42 tuz derişimine maruz bırakılan örneklerin yağda çözünen antioksidan değerlerinden anlamlı olarak

farklılık gösterdiğini ($p < 0,05$), ancak %33 tuz derişimine maruz bırakılan örneklerle benzer olduğunu göstermiştir ($p > 0,05$). Bununla birlikte %33 tuz derişiminde kültüre alınan örneklerin yağda çözünen antioksidan içerikleri, diğer uygulamalardan farklılık göstermemiştir ($p > 0,05$). Benzer şekilde %23 ve %42 tuz derişimine maruz bırakılan örneklerin yağda çözünen antioksidan değerleri arasında anlamlı bir farklılık görülmemiştir ($p > 0,05$).

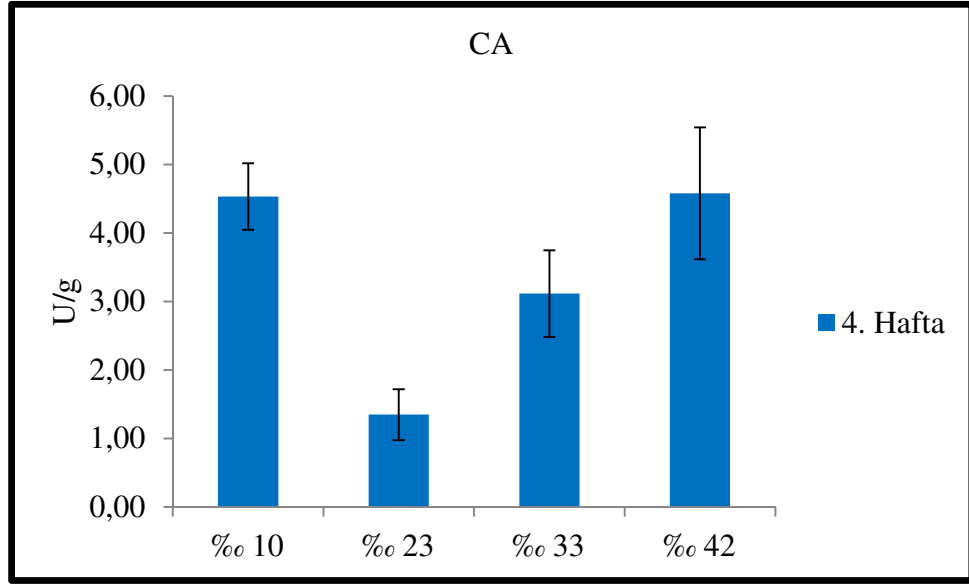
Çift yönlü ANOVA sonuçları örneklerin yağda çözünen antioksidan içerikleri üzerine zamanın etkili olduğunu ($F=5,910$; $p < 0,05$), ancak tuzluluk ve zamanın birlikte etkileşiminin anlamlı bir farklılık oluşturmadığını göstermiştir (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8. Farklı tuz derişimlerinde kültüre alınan *P. morrowii* örneklerinde yağda çözünen antioksidan değerleri için çift yönlü ANOVA sonuçları

	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	p
Tuzluluk	3	1,009	7,254	0,000
Zaman	3	0,822	5,910	0,001
Tuzluluk*Zaman	9	0,224	1,611	0,126

4.2.7. Karbonik anhidraz aktivitesi

Dört haftalık kültür sonunda *P. morrowii* örneklerinin CA aktivitesi belirlenmiş, elde edilen veriler Şekil 4.8’de verilmiştir. 4. haftada yapılan ölçümlerde %23 tuz derişiminde kültüre alınan örneklerin CA değerleri, diğer uygulamalara göre en düşük seviyede gözlenmiştir ($1,35 \pm 0,38$ U/g YA). %10 tuz derişimine maruz bırakılan örneklerde görülen CA değerleri, %23 tuz derişimi uygulamasındaki örneklerin değerlerinden 3,4 kat daha fazla olarak bulunmuştur ($4,53 \pm 0,49$ U/g YA). %33 ve %42 tuz derişiminde kültüre alınan örneklerin CA değerleri de %23 tuz derişimindeki örneklerin değerlerine göre yüksek seviyelerde olup sırasıyla $3,12 \pm 0,63$ U/g YA ve $4,58 \pm 0,96$ U/g YA olarak belirlenmiştir. En yüksek CA değeri, %42 tuz derişimine maruz kalan örneklerde gözlenmiştir (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. *P. morrowii* türünde tuzluluğa bağlı olarak CA aktivitesi

Tek yönlü ANOVA sonuçları, tuzluluğun *P. morrowii* türünün CA aktivitesini etkilediğini göstermiştir ($F=16,369$; $p<0,05$). Çizelge 4.9’de farklı tuz derişimlerinde kültüre alınan örneklerin CA değerleri için tek yönlü ANOVA sonuçları verilmiştir. Çoklu karşılaştırma testlerine göre %23 tuz derişimine maruz bırakılan örneklerdeki CA değeri, diğer tuz derişimi uygulamalarındaki CA değerlerinin hepsinden anlamlı olarak farklılık göstermiştir ($p<0,05$). Buna karşın %10, 33 ve 42 tuz derişimindeki örneklerin CA değerleri arasında bir farklılık gözlenmemiştir ($p>0,05$).

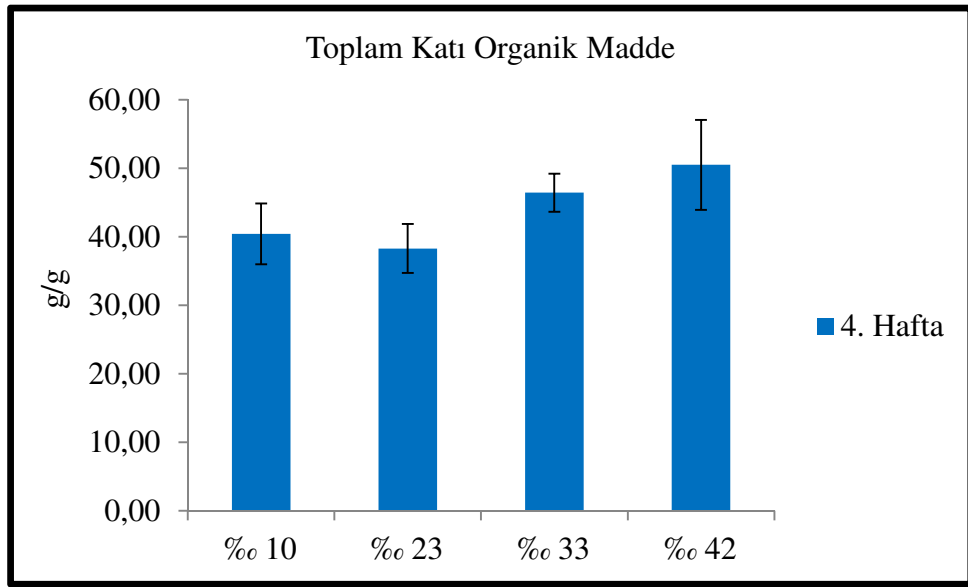
Çizelge 4.9. Farklı tuz derişimlerinde kültüre alınan *P. morrowii* örneklerinde CA değerleri için tek yönlü ANOVA sonuçları

	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	p
Tuzluluk	3	6,962	16,369	0,001

4.2.8. Toplam katı organik madde

Farklı tuz derişimlerinde dört hafta boyunca kültüre alınan örneklerin son hafta toplam katı organik madde miktarları belirlenmiş ve bu değerler Şekil 4.9’da gösterilmiştir. %10 ($40,44\pm 4,45$ g/g KA) ve %23 ($38,30\pm 3,59$ g/g KA) tuz derişimlerinde kültüre alınan örneklerin toplam katı organik madde değerlerinin, birbirine yakın değerlerde

olduğu gözlenmiştir. %33 tuz derişimine maruz bırakılan örneklerin toplam katı organik madde değerinin ise hem %10 hem de %23 tuz derişimindeki değerlerden daha yüksek olduğu saptanmıştır (46,44±2,79g/g KA). En yüksek toplam katı organik madde değeri ise %42 tuz derişimindeki örneklerde görülmüş olup (50,52±6,56g/g KA), bu değer %23 tuz derişimindeki örneklerin değerinden 1,3 kat daha fazla olarak gözlenmiştir. %23 tuz derişimindeki örneklerde bulunan toplam katı organik madde değerinin, sadece %42 tuz derişimindeki değerlerden değil aynı zamanda %10 ve %33 tuz derişimindeki değerlerden de düşük olduğu görülmüştür.



Şekil 4.9. *P. morrowii* türünde tuzluluğa bağlı olarak toplam katı organik madde miktarı

Çizelge 4.10. Farklı tuz derişimlerinde kültüre alınan *P. morrowii* örneklerinde CA değerleri için tek yönlü ANOVA sonuçları

	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	p
Tuzluluk	3	187,135	8,966	0,001

Farklı tuz derişiminde kültüre alınan örneklerin toplam katı organik madde değerleri için tek yönlü ANOVA sonuçları Çizelge 4.10'da verilmiştir. Tek yönlü ANOVA sonuçları, tuzluluğun *P. morrowii* örneklerinin toplam katı organik madde miktarını etkilediğini göstermiştir (F=8,966; p<0,05). Çoklu karşılaştırma testlerine göre %10 ve %23 tuz derişiminde kültüre alınan örneklerin toplam katı organik madde değerleri

arasındaki fark anlamlı görülmezken ($p>0,05$), %23 tuz derişimine maruz bırakılan örneklerin toplam katı organik madde değerlerinin hem %33 hem de %42 tuz derişimindeki örneklerin değerlerinden anlamlı olarak farklılık gösterdiğini belirtmiştir ($p<0,05$). Diğer yandan %10, 33 ve 42 tuz derişimlerinde yetiştirilen örneklerin toplam katı organik madde miktarları arasında istatistiksel olarak bir farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$).

5. SONUÇ VE TARTIŞMA

Dört hafta boyunca kültüre alınan örnekler incelendiğinde, örneklerin farklı tuzluluk derişimindeki toplam katı organik madde miktarlarının tuzluluktan etkilendiği ve en yüksek değerlere %42 ve %33 tuz derişimindeki örneklerde ulaştığı saptanmıştır. Yüksek tuz derişimlerinde kültüre alınan örneklerde belirlenen toplam katı organik madde değerleri, %10 ve %23 (türün toplandığı ortamdaki tuzluluk derişimi) tuz derişiminde kültüre alınan örneklerin değerlerinden oldukça farklılık göstermiştir. %10 ve %23 tuz derişimindeki örneklerin değerleri arasındaki farklılık ise önemsiz bulunmuştur. Yüksek tuz derişimlerinde kültüre alınan örneklerde saptanan toplam katı organik madde miktarındaki bu yüksek değerler, canlının, hücre içi osmotik uyumunu sağlaması amacıyla biriktirmiş olabileceği organik uyumlu çözünenlerden kaynaklanıyor olabileceğini düşündürmektedir.

Canlı organizmalarda osmotik uyum; tuzluluk değişimlerine karşı cevap oluşturmada hücre içi homeostasiyi sağlayıp, hücre içi stabiliteyi sağlamada temel mekanizmadır. Bu yüzden de canlı organizmalarda hücre devamlılığını sağlamadaki rolü büyüktür (Kirst 1990). Özellikle tuzluluk değişimleri altında, hücre içi osmotik uyum, dış ortamdaki tuz derişimindeki dalgalanmaları takiben organizma içinde bir denge sağlamalıdır. Bu bağlamda yüksek tuzluluk koşulları altında osmotik olarak aktif maddelerin (osmolit) biyosentezi veya alınımı ile birikimi gözlenebilmektedir. Buna karşın düşük tuzluluk koşulları altında bu maddelerin yıkılması veya atılması gözlenebilmektedir (Kirst 1990). Bu sayede hücre içindeki osmotik potansiyel ve turgor basıncı ayarlanabilmekte, canlı metabolik faaliyetlerinde bir zarara neden olmadan yaşamını sürdürmektedir. Kısaca bu osmolitler sayesinde canlının ortamdaki değişimlere adapte olması sağlanabilmektedir. Deniz yosunlarındaki osmotik uyumu sağlamada görevli bu osmolitler, organik veya inorganik maddeler olabilmektedir. Deniz yosunlarının çoğundaki temel inorganik osmolitler; Na^+ , K^+ ve Cl^- 'dir (Karsten ve Kirst 1989, Mostaert ve ark. 1995). İnorganik osmolitlerin hücresel derişimleri organik osmolitlere göre düşük metabolik enerji ile kısa sürede hızlı bir şekilde ayarlanabilmektedir (Kirst 1990). Fakat protein ve organel fonksiyonları, membran bütünlüğü ve yapısal makromoleküller, bu artan iyon derişiminden olumsuz olarak etkilenmektedir (Kirst 1990). Diğer taraftan organik

osmolitlerin sitoplazmada biyosentezi ve birikimi, metabolik bir zarar oluşturmada düşük su potansiyeli oluşturmaktadır (Yancey 2005). Bu yüzden organik osmolitler, "uyumlu çözünen"ler olarak isimlendirilmekte ve yüksek derişimlerde bile metabolik aktiviteye bir engel teşkil etmemektedirler (Brown ve Simpson 1972, Karsten ve ark. 1996).

Tuzluluğa cevap olarak deniz yosunlarında ve yüksek bitkilerde biriken organik çözünenler; gliserol gibi polioller, mannitol, sorbitol, amino asitler (örneğin prolin) ve türevleri, sükröz, floridoz, digenasit, isofloridosit, DMSP ve glisin-betain gibi bileşiklerdir (Kirst 1989). Çoğu durumda bu maddeler fotosentetik ürünlerdir. Kırmızı yosunlarda başlıca fotosentez ürünü olan floridoz, temel organik osmolit olarak görev yapmaktadır. Florideophyceae üyelerinin çoğu heterosit floridoz üretip biriktirmesine karşın Ceramiales takımı üyeleri osmotik uyum için genellikle digenasit (düşük moleküler ağırlıklı bir karbohidrat) sentez edip biriktirmektedirler (Kremer 1978).

Yapılan tez çalışmasında yüksek tuz derişimine sahip ortamda, dış ortamdaki osmotik potansiyel yüksek olduğu için kültür ortamındaki örneklerin hücreleri su kaybetmeye başlayacaktır. Bu su kaybının oluşmasını engellemek için muhtemelen incelenen deniz yosunu, hücrelerindeki osmotik potansiyeli uyumlu çözünenlerle artırmış ve ortama adapte olmaya çalışmıştır. Bilindiği gibi organizmalar bünyelerinde değişik organik osmolitleri (örneğin protein yapıda, karbohidrat yapıda) biriktirerek hücre içi dengelerini korumaya çalışmaktadırlar. İncelenen türün protein miktarları göz önüne alınırsa %33 ve %42 tuz derişimine sahip ortamdaki örneklerin protein miktarlarının %23 ve %10 tuz derişimine sahip ortamdaki örneklerinkinden daha az olduğu görülmektedir. Aynı zamanda yine protein yapıda bileşikler olan klorofil-a, fikoeritrin, fikosiyenin (%42 tuz derişimindeki veriler hariç) değerleri incelendiğinde genel anlamda %10 ve %23 tuz derişimindeki değerlerin %33 ve %42 tuz derişimindeki örneklerin değerlerinden daha yüksek olduğu görülmektedir. Dolayısıyla *P. morrowii* türünün yüksek tuz derişimlerinde yetiştirilen örneklerinde gözlenen yüksek toplam katı organik madde değerlerinin, protein yapıda bileşiklerden ziyade başka bileşiklerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Buradan hareketle yüksek tuz derişiminde kültüre alınan örneklerde toplam katı organik madde artışının, muhtemelen uyumlu çözünen

olarak düşük moleküler ağırlıklı karbohidrat bileşiklerinin biyosentezi ve birikimi ile meydana gelmiş olabileceği akla gelmektedir. Ayrıca bu tez çalışmasında *P. morrowii* türünün toplam katı organik madde miktarının, düşük tuz derişiminden etkilenmediği görülmüştür.

Çeşitli araştırmacılar bulgularımızı destekler nitelikte çalışmalar yapmışlardır. Örneğin Karsten ve ark. (1992), *Bostrychia* cinsi bir kırmızı yosun türünün osmotik stresle başa çıkabilmesi için sorbitol ve dulsitol biyosentezi ve birikimi yaptığını göstermişlerdir. Karsten ve ark. (1996), başka bir çalışmalarında *Bangiopsis subsimplex* türünün (Rhodophyta) düşük tuz derişimine sahip koşullar altında sorbitol yıkımı yaptığını, yüksek tuz derişimine sahip koşullarda ise sorbitolü, enzimleri koruyan uyumlu bir çözünen olarak kullanıp biriktirdiğini göstermişlerdir. Eggert ve ark. (2007a) da yine *B. subsimplex* türünü yüksek tuzluluk koşullarına maruz bırakmışlar ve bu algde oluşan düşük moleküler ağırlıklı karbohidrat olan heterosit digenasit ve poliol sorbitol miktarlarını incelemişlerdir. Artan tuzlulukla birlikte heterosit digenasit seviyesinin değişmezken sorbitol seviyesinin arttığını ve sorbitolün bu algin tuzluluğa adapte olup osmotik uyum sağlamasına olanak verdiğini saptamışlardır. Munda ve Kremer (1977), deniz yosunlarını düşük tuzluluk koşullarına maruz bıraktıklarında ise fotosentetik azalma ile beraber artan solunum sonucu düşük moleküler ağırlıklı karbohidrat seviyelerinde bir azalma saptamışlardır. Dickson ve Kirst (1987) çalışmalarında *Porphyridium aerugineum* Geitler türünün artan NaCl derişimine cevap olarak glisin, betain ve prolin sentezi ve birikimini artırdığını saptamışlardır. Aynı zamanda da heterosit, floridoz miktarının da yüksek tuzlulukla artış gösterdiğini belirtmişlerdir. Bazı araştırmacılar *Porphyra purpurea* türünde floridoz karbohidratının artan tuzlulukla beraber arttığını, azalan tuzlulukla beraber ise azaldığını rapor etmişlerdir (Reed ve ark. 1980). Bu deniz yosununda bu karbohidratın özellikle dış ortamdaki artan tuzluluğa karşı hücreyi korumada hizmet eden bir uyumlu çözünen olduğunu ileri sürmüşlerdir. Reed (1983b), *Polysiphonia lanosa* (L.) Tandy türünün %2-%200 arasında çeşitli derişimlerde yüksek ve düşük tuzluluk koşullarına maruz bırakmışlar ve deniz yosununun turgor dengesini sağlamada görevli çözünenleri araştırmışlardır. DMSP ve KCl'nin, osmotik dengenin sağlanmasından sorumlu olan çözünenler olduğunu rapor etmişlerdir. Fakat bu çözünenler, hücrenin turgor dengesini tamamen eski haline

getirememişlerdir. Bu türde osmotik uyumda sadece organik çözünenler değil aynı zamanda inorganik çözünenlerin de rolü olduğunu saptamışlardır.

Yapılan çalışmada, *P. morrowii* türündeki klorofil-a içeriğinin, tuzluluktan önemli oranda etkilendiği saptanmıştır. Klorofil-a değerleri, dört farklı tuz derişiminde kültüre alınan örnekler arasında büyük oranda farklılık göstermiştir. İncelenen örneklerin klorofil-a değerleri, düşük tuz derişimine sahip ortamda zamana bağlı olarak bir artış göstermiştir. Ortamın tuz derişimi arttıkça örneklerdeki klorofil-a değerlerinde bir azalma olduğu gözlenmiştir. %23 tuz derişimindeki örneklerin klorofil-a değerindeki artışın, %33 tuz derişiminde kültüre alınan örneklerin değerlerinden daha fazla olması bu türün doğal ortamının %33 tuz derişimine sahip ortam olabileceği fikrini akla getirmektedir. *P. morrowii* türü, ilk kez Japonya'da Hakodate'de toplanan örnekler arasında kayıtlara geçmiştir (Harvey 1856). Daha sonraları Japonya ve yakın sularda çoğu kez rapor edilmiştir (Inagaki 1933, Tseng and Li 1935, Okamura 1936, Nagai 1941, Yamada and Tanaka 1944, Segi 1951, Tokida 1954, Funahashi 1966, Kang 1966, Kudo ve Masuda 1981, Yoon 1986). Daha sonraları ise türün, Akdeniz'e Kuzeybatı Pasifik Okyanusu'ndan giriş yaptığı belirlenmiştir (Kim ve ark. 2005b). Akdeniz'de de çeşitli araştırmacılar tarafından rapor edilmiştir (Marzocchi ve ark. 2001, Cruiel ve ark. 2002). Erduğan ve ark. (2009) ise *P. morrowii* türünü ilk defa yeni kayıt olarak Çanakkale sularında rapor etmiştir. Daha sonra ise günümüze dek *P. morrowii* ile ilgili bir kayıta Marmara Denizi'nde rastlanmamıştır. Akdeniz'in tuzluluğu Marmara Denizi'nden daha fazladır. *P. morrowii* türünün tuzluluğun daha yüksek olduğu bölgelerde daha çok kayıtlara geçmesi bu türün habitatının %33 tuz derişimine sahip ortamlar olduğu görüşünü desteklemektedir. Fikoeritrin, fikosiyanin, toplam protein, toplam fenol, suda çözünen antioksidan analizlerinden de elde edilen veriler de türün doğal habitatının %33 tuz derişimine sahip ortam olabileceği görüşü ile uyumlu gözükmektedir. Diğer yandan bu türün, Pasifikten Akdeniz'e, oradan da Çanakkale ve Marmara'ya kadar gelip buralarda yayılış göstermesi, bu türün tuz toleransının yüksek olduğu fikrini düşündürmektedir. Dolayısıyla eğer bu türün doğal yaşam ortamındaki tuz derişimi %33 ise, %23 tuz derişimi *P. morrowii* türü için stres oluşturmuş ve bunun sonucunda da kültürdeki örneklerin klorofil-a içeriği artış göstermiş olabilir. Genellikle fotosentetik aktivite düşük ve yüksek tuz derişimlerine sahip ortamlarda

baskılanmaktadır (Seemann ve Critchley 1985). Tuz derişiminin yüksek olduğu alanlarda yaşayan deniz türlerinde düşük tuz derişimine sahip ortamlar, fotosentetik aktiviteyi tuz stresinden daha fazla olumsuz etkilemektedir. Çünkü organizma sahip olduğu adaptasyonlar sayesinde yüksek tuz derişimlerinden çok fazla etkilenmeden yaşamsal faaliyetlerini devam ettirebilmektedir. Düşük tuz derişimlerine uyum sağlayabilmesi için yeterli adaptasyona sahip değilse, düşük tuz derişimlerine sahip ortamlar organizmada daha fazla stres oluşmasına neden olacak ve organizmayı daha fazla olumsuz etkileyecektir. Dolayısıyla *P. morrowii* türü ile yapılan bu tez çalışmasında düşük tuz derişimine sahip ortam, organizma üzerinde daha fazla bir stres oluşturmuş olabilir. Organizma, fotosentetik aktivitede meydana gelen zararın etkilerini ortadan kaldırmak için strese karşı bir tepki olarak klorofil-a, fikoeritrin ve fikosiyanın (fotosentetik pigmentler) miktarlarını artırmış olabilir. Zamana bağlı olarak da %10, %23 ve %33 tuz derişimlerinde kültüre alınan örneklerin klorofil-a değerlerinde artış gözlenmiştir. Farklı tuzluluk derişimlerine (%10, %23 ve %33) maruz kalma zamanı arttıkça stresin oluşturduğu olumsuz koşulların arttığı ve organizmanın bu olumsuz koşullarla başa çıkabilmek için bir tepki olarak klorofil-a değerlerini daha arttırdığı düşünülmektedir. Diğer yandan yüksek klorofil-a değerlerine %10 tuz derişiminde kültüre alınan örneklerde rastlanırken, düşük klorofil-a değerlerine %42 tuz derişimindeki örneklerde rastlanmıştır. Yüksek tuzluluk koşulları altında klorofil içeriğindeki düşüş, pigment-protein kompleksinin lipid protein oranındaki değişimler veya artan klorofilaz aktivitesi nedeniyle olabileceğini düşündürmektedir. Iyengar ve Reddy (1996) tuza toleranslı bitkilerle yaptıkları çalışmalarında bulgularımızı destekler nitelikte sonuçlara ulaşmışlardır. Ueda ve ark. (2003), tuza toleranslı bir bitki olan *Aster tripolium* L. ile yaptıkları çalışmada, ortamdaki fazla suyun, tuza göre bitkinin fotosentetik aktivitesi üzerinde daha fazla olumsuz etkiye neden olduğunu göstermişlerdir. Kakinuma ve ark. (2004), yaptıkları çalışmada *Ulva pertusa* türünün tuzluluk stresine karşı oluşturduğu fizyolojik cevapları incelemişlerdir. Düşük ve yüksek tuzluluk muamelelerinde, klorofil ve toplam pigment içeriğinin artış gösterdiğini belirlemişlerdir. Özellikle bu artışın tuz derişiminin az olduğu ortamda daha fazla olduğunu saptamışlardır. Düşük tuzluluğa cevap olarak toplam pigment miktarı önemli oranda artış olduğunu göstermişlerdir. Ayrıca Parida ve ark. (2004) da *Aegiceras*

corniculatum türünde klorofil ve karotenoid içeriklerinde, tuzluluk artışına bağlı olarak bir azalma meydana geldiğini saptamışlardır (Iyengar ve Reddy 1996).

Farklı tuz derişimlerinde dört hafta boyunca kültüre alınan örnekler incelendiğinde, örneklerdeki fikosiyanın ve fikoeritrin miktarlarının, büyük oranda klorofil-a'ya benzer sonuçlar gösterdiği gözlenmiştir. Hem fikoeritrin hem de fikosiyanın değerleri, %10 ve %23 tuz derişimindeki örneklerde daha yüksek miktarlarda belirlenmiştir. %33 tuz derişiminde kültüre alınan örneklerdeki değerlerin, her ikisinde de düşük tuz derişimindeki örneklerin değerlerinden daha az miktarda saptanması, bu türün Akdeniz'den Marmara Denizi'ne çeşitli yollarla gelmiş olabileceğini, doğal yaşam ortamının %33 tuz derişimine sahip ortam olabileceğini, düşük tuz derişimlerinin bu tür üzerinde bir takım streslere neden olabileceğini düşündürmektedir. Yani bu görüş klorofil-a değerlerinin yanı sıra fikoeritrin ve fikosiyanın değerleriyle de desteklenmektedir. Sonuçta düşük tuz derişimine sahip ortam, bu türün hem fikoeritrin hem de fikosiyanın miktarlarını önemli oranda artırmıştır. Örneklerin fikosiyanın değerlerinde, yüksek tuz derişimindeki ortamda da (%42) önemli bir artış söz konusu olmuştur. Fakat bu artış düşük tuz derişimine sahip ortamdaki değerlerden daha az orandadır. Fikoeritrin pigmenti ise %42 ve %33 tuz derişimindeki değerler arasında anlamlı bir farklılık göstermemesine rağmen 1. ve 3. haftalarda %42 tuz derişimindeki fikoeritrin değerleri, %33 tuz derişimindeki değerlerden daha yüksek olarak kaydedilmiştir. Sonuçta hem düşük hem de yüksek tuz derişimine sahip ortam bu türün fikoeritrin ve fikosiyanın değerlerinde bir artış meydana getirmiştir. Yapılan çalışmada türün yaşadığı ortamdaki tuzluluğun düşüş ve artış göstermesi, organizma üzerinde bir stres oluşturmuş, ROT'de bir artış meydana getirmiş olabilir. Bunun sonucunda tür, ROT'yi ortamdaki uzaklaştırmak için antioksidan özelliği olan fikoeritrin ve fikosiyanın pigmentlerinin miktarını artırmış olabilir. Fikobiliproteinler, ROT'yi, nükleofilik yeteneklerinden dolayı nötralize edebilirler. Bu sayede oksidatif stresi önleyen iyi birer antioksidan maddelerdir (Cano-Europa ve ark. 2010). Diğer yandan fikobiliproteinler, kötü koşullar altında adaptasyon sırasında biyosentez için protein depoları olarak rol oynamalarının (Kumar ve ark. 2010) yanı sıra biyosentez için gerekli yüksek enerji ihtiyacını karşılama, hücrenin yeniden organizyonunu sağlama ve tuz stresi altında membran akışkanlığının korunmasını sağladığından (Kumar ve ark. 2010) dolayı da

miktarlarında bir artış meydana geldiği düşünülmektedir. Kumar ve ark. (2010)'nın *Gracilaria corticata* türüyle yaptıkları çalışmalarının sonuçları bulgularımızı destekler niteliktedir. Araştırdıkları türde kontrole göre yüksek ve düşük tuz derişimine sahip ortamlarda klorofil-a içeriğinin düştüğünü, fikoeritrin ve allofikosiyanın içeriğinin arttığını, fikosiyanın içeriğinin ise sadece yüksek tuz derişimine sahip ortamda arttığını rapor etmişlerdir. Bu tez çalışmasında düşük tuz derişiminde kültüre alınan örneklerin fikoeritrin ve fikosiyanın değerlerinin daha yüksek olması ise bu ortamlarda türün yüksek tuz derişimine sahip ortamlara göre daha çok strese girdiğini yani bu ortamlarda türün bünyesinde daha çok ROT'nin oluştuğunu buna bağlı olarak da organizmanın iç dengesini koruyabilmesi amacıyla daha çok antioksidan bileşik (fikoeritrin ve fikosiyanın) oluşturduğunu göstermektedir. Tür olumsuz koşullara oluşturduğu strese çeşitli şekillerde tepki vererek ortama adapte olma yoluna gitmektedir. Ayrıca biyosentez reaksiyonları için daha çok enerjiye ve N kaynağına ihtiyaç duymuş olabileceğinden miktarlarında bir artış saptanmış olabilir. Fikobiliproteinler, düşük tuz derişimine sahip koşullarda azot kaynakları olarak görev yapmaktadırlar (Kumar ve ark. 2010). Israel ve ark. (1999), *Gracilaria tenuistipitata* türünü tuz stresine maruz bıraktıklarında özellikle yüksek tuzluluğa sahip ortamda örnekteki klorofil-a, fikobiliprotein ve toplam protein değerlerinde bir artış rapor etmiştir. Buna karşın bazı araştırmacılar, *Gelidium coulteri* ile yaptıkları çalışmada düşük ve yüksek tuzluluğa sahip ortamların her ikisinde de örneklerin klorofil ve fikobiliprotein miktarlarında bir düşüş saptamışlardır (Macler 1988). Ayrıca protein miktarında da bir azalma olduğunu ve bu düşüşün klorofil ve fikobiliproteinlerin miktarındaki azalmanın bir sonucu olarak oluşabileceğini ileri sürmüşlerdir.

Örneklerin protein değerleri de düşük ve yüksek tuz derişimine sahip ortamlarda artış göstermiştir. Düşük tuz derişiminde kültüre alınan örneklerin protein değerlerindeki artış miktarı daha belirgin olarak ortaya çıkmıştır. %10 ve %23 tuz derişimleri tüm haftalarda %33 tuz derişimindeki örneklerin protein değerlerinden yüksek bulunmuş ve zamana bağlı artış göstermiştir. Elde edilen bu veriler, diğer klorofil-a, fikoeritrin ve fikosiyanın bulgularıyla benzer sonuçları vermiş olup incelenen türün normal yaşam ortamının %33 tuz derişimine sahip ortam olduğu fikrini desteklemektedir. %33 tuz derişimine sahip ortamdaki örneklerin daha düşük tuz derişimlerinde kültüre alınan örneklerde

belirlenen protein değerlerindeki artış, düşük tuz derişimine sahip ortamda artan fikobiliproteinlerin bir sonucu olabilir. Macler (1988), *Gelidium coulteri* türü ile yaptığı çalışmada düşük tuzlulukta protein değerlerindeki düşüşü, fikobiliproteinlerin ve klorofil pigmentinin kaybına bağlamaktadır. Diğer yandan %42 ve %33 tuz derişimindeki örneklerin protein değerleri arasındaki fark anlamlı olmamakla birlikte, %42 tuz derişiminde protein değerlerinde bir artış söz konusudur. Yüksek tuz derişiminde (%42) örneklerin protein değerlerindeki artış da fikobiliprotein değerlerindeki artıştan kaynaklanıyor olabileceği gibi, organik çözünen olarak çeşitli proteinlerin organizmada birikmesi sonucu da oluşmuş olabilir. Bazı canlılar, osmotik uyum sağlayıp olumsuz koşullara adapte olabilmek, bu sayede yaşamlarını devam ettirmek için çeşitli bileşikler (amino asit, karbohidrat, vb.) bünyelerinde biriktirmektedirler. Örneğin amino asitlerden prolin, organik çözünen olarak canlıların bünyelerinde biriken başlıca amino asitlerdendir. Luo ve Liu (2011), *Ulva prolifera* ile yaptıkları çalışmada yüksek tuzluluğa sahip ortamda türün tallusunda toplam çözülebilir protein miktarının arttığını rapor etmişlerdir. Bazı araştırmacılar, *Gracilaria tenuistipitata* (Lee ve ark. 1999), *Ulva pertusa* (Kakinuma ve ark. 2006) ve *Gracilaria corticata* (Kumar ve ark. 2010) türlerinde düşük ve yüksek tuzluluğa sahip ortamların her ikisinde de prolin birikimi olduğunu rapor etmişlerdir. Özellikle yüksek tuzluluğa sahip ortamda örneklerin tallusunda görülen prolin içeriğindeki artışın, osmotik stres sırasında iyon dengesini korumak için gereken turgoru sağlamada adaptif bir özellik olarak görülebileceğini ortaya koymuşlardır. *Enteromorpha intestinalis* türü, uzun süre yüksek tuz derişimine sahip bir ortama maruz bırakıldığında dokularında protein ve klorofil seviyesinin artış gösterdiği saptanmıştır. Aynı zamanda prolin miktarı da artış göstermiştir. Prolin bir amino asit olduğuna göre bu bileşiğin artması, o organizmanın dokularındaki protein miktarını artıracığı düşünülmektedir. Araştırmacılar bu değişkenlerdeki artışın, hücrenin sitoplazma:vakuol oranındaki değişimlerle bağlantılı olabileceğini ileri sürmüşlerdir (Edwards ve ark. 1988). Yapılan tez çalışmasında *P. morrowii* türünün dokularında yüksek tuz derişimindeki artan protein değerleri de hücredeki sitoplazma:vakuol oranından kaynaklanabilir. Tuz derişiminin yoğun olduğu ortamlarda hücre hızla su kaybederek büzülmeye başlar. Böyle durumlarda büzülen hücrelerde vakuolün hücrede işgal ettiği alan azalırken sitoplazmik kısım çoğunluğu oluşturur. Bu değişimler, protein içeriğindeki değişimlerle tutarlı görülmektedir. Çünkü

inorganik iyonlar vakuolde birikirken, organik çözümler daha çok sitoplazmada yerleşip birikim gösterirler. Sitoplazma:vakuol oranındaki artıştan dolayı prolin gibi daha çok miktarda organik çözümler birikip o türün mevcut koşullara uyum göstermesini sağlayabilir. Çeşitli araştırmacılar, yaptıkları çalışmalarda bulgularımızı destekler nitelikte sonuçlara ulaşmıştır. Örneğin Kakinuma ve ark. (2006), *Ulva pertusa* türünün yüksek tuzluluk koşullarına uyum gösterebilmesi için prolin birikimi yaptığını göstermişlerdir. Israel ve ark. (1999), *Gracilaria tenuistipitata* var. *liui* türünde yüksek tuzluluk değerlerinde toplam çözülebilir protein değerlerine artış saptamışlardır.

Deniz yosunu örneğinin fenol değerleri, tuzluluğa bağlı bir değişim sergilemiştir. En düşük değerlere %33 tuz derişimindeki örneklerde rastlanırken en yüksek fenol değerlerine %42 (yüksek) ve %10 (düşük) tuz derişimlerinde rastlanmıştır. %23 ve %33 tuz derişimindeki örneklerin fenol değerleri arasındaki farklılık anlamlı olmamasına rağmen, %23 ortamdaki değerler daha yüksek olarak saptanmıştır. Kısaca yüksek ve düşük tuz derişimleri, bu türün fenol değerlerinde bir artış meydana getirmiştir. Yüksek ve düşük tuz derişimindeki iyonik etkiler sonucu bu türün metabolik faaliyetleri etkilenmiş ve organizmanın dokularında çeşitli ROT oluşmuş olabilir. Tuzluluk ile oluşan ROT de oksidatif stres oluşturmuş, organizma da oksidatif stresle başa çıkabilmek için antioksidan savunma sistemini oluşturan bileşiklerin miktarını artırmış olabilir. Düşük ve yüksek tuz derişimine sahip ortamlarda artış gösteren fenolik bileşikler, ROT'yi ortamdan uzaklaştırmada temel rol oynamış olabilirler. Organizma da bu sayede değişen ortam koşullarına uyum sağlamış olabilir. Bilindiği üzere fenolik bileşikler, doğal antioksidan maddelerdir. Deniz yosunlarında polifenollerin derişimi, türe, yaşadığı habitata ve çevresel koşullara (aydınlama, sıcaklık ve tuzluluk) bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Rodríguez-Bernaldo de Quirós ve ark. 2010). Polifenollerin, antioksidan aktiviteleri yapılarındaki fenol zincirleri ilgilidir. Bu fenol zincirleri, elektron yakalayıcıları olarak görev yapmaktadır ve peroksil, süperoksid-anyonları ve hidroksil radikallerini ortamdan uzaklaştırmaktadırlar (Wang ve ark. 2009). Polifenolik bileşikler, bahsedilen özellikleri sayesinde serbest radikalleri nötralize edebilmektedirler (Andersan ve ark. 2001). Bitkilerdeki fenolik bileşikler, ROT'yi süpürücü etkilerinin yanı sıra metal şelatlaştırıcıları, enzim modülatörleri ve lipid peroksidasyonunu önleyen ajanlar olarak görev yapmaktadırlar

(Rodrigo ve Bosco 2006). Tüm bu özellikler fenolik bileşiklerin bir antioksidan madde olduğunu desteklemektedir. Deniz yosunları, bünyelerindeki antioksidan bileşikler sayesinde oksidatif strese karşı savunma sistemi geliştirip ortama adaptasyon sağlayabilirler. Matanjun ve ark. (2008), inceledikleri sekiz deniz yosunu türünde fenolik içerik ve antioksidan aktivite arasında önemli bir ilişki saptamıştır. Diğer yandan *P. morrowii* ile yapılan bu tez çalışmasında yüksek tuz derişimine sahip ortamda fenolik bileşiklerde meydana gelen artış, organizmanın dokularında oluşan ROT'nin sonucunda olabileceği gibi osmotik stres sırasında iyonik dengeyi oluşturup turgor basıncını korumak için de olabilir. Organizma artan NaCl'nin iyonik etkilerini ortadan kaldırmak için bir uyum mekanizması göstermiş olabilir. Çeşitli araştırmalar da bizim bulgularımız destekler nitelik sergilemiştir. Örneğin Kumar ve ark. (2010), tuzluluğun neden olduğu oksidatif strese tepki olarak *Gracilaria corticata* türünün biyokimyasal özelliklerinde meydana gelen değişimi incelemişlerdir. Sonuçta hem düşük hem de yüksek tuz derişimine sahip ortamda polifenol içeriğinde artış saptamışlardır. Yüksek tuz derişimine sahip ortamdaki polifenol artışını, tuzlulukla oluşan osmotik stres sırasında iyonik dengeyi koruyarak hücre için gerekli turgor basıncını sağlamada adaptif bir özellik olabileceğini ileri sürmüşlerdir. Diğer yandan düşük ve yüksek tuz derişimine sahip ortamlardaki örneklerde yüksek ROT üretimi olduğunu göstermişlerdir. Elde ettikleri sonuçlardan polifenollerin, tuzlulukla indüklenen oksidatif stres sonucu üretilen ROT'yi ortadan kaldırma temel rol oynayabilecekleri düşünülmüştür. Parida ve ark. (2004) artan polifenol içeriğinin, düşük ve yüksek tuz derişimine sahip ortamlarda meydana gelen olumsuz iyonik etkileri ortadan kaldırmak için bir uyum mekanizması olduğunu rapor etmişlerdir. Yine başka bir çalışmada *Aegiceras corniculatum* türünün biyokimyasal bileşenlerine tuzluluğun etkisi incelendiği bir çalışmada, polifenol içeriğinin artan tuzlukla birlikte artış gösterdiği belirlenmiştir (Parida ve ark. 2004). Araştırmacılar artış gösteren bu polifenolik bileşiklerin, koruyucu metabolitler olarak rol oynadıklarını ileri sürmüşlerdir. Artan polifenol içeriğinin, yüksek tuz derişimine sahip ortamda NaCl'nin iyonik etkilerini ortadan kaldırmak için bir uyum mekanizması olabileceğini rapor etmişlerdir. Diğer yandan Yıldız ve ark. (2011), bir kırmızı deniz yosunu olan *Gracilaria bursa-pastoris* ile yaptıkları çalışmada, türün polifenolik içeriği ile antioksidan aktivitesi arasında

pozitif bir ilişki saptamışlardır. Türün yüksek antioksidan kapasitesinin, yüksek polifenolik içerik ve karakteristik pigmentlerden kaynaklanabileceğini öne sürmüşlerdir.

Bitkilerde kötü koşullar altında oluşan ROT'nin olumsuz etkileriyle başa çıkmak için enzimatik ve enzimatik olmayan savunma sistemleri bulunmaktadır (Noctor ve Foyer 1998, Asada 1999). Suda çözünen antioksidanlar (askorbat ve glutatyon) ve yağda çözünen antioksidanlar (α -tokoferol ve karotenoidler) ROT'yi ortamdaki uzaklaştırıcı enzimatik olmayan temel bileşiklerdir (Noctor ve Foyer 1998, Smirnoff ve Wheeler 2000, Munné-Bosch ve Alegre 2002). ROT'ye karşı antioksidan savunma mekanizmaları, stres koşulları altında canlının yaşamı için oldukça önemlidir. Canlıların strese karşı toleranslarının yüksek olması, yüksek antioksidan enzim aktivitesi ve yüksek antioksidan içerik ile ilgilidir (Butow ve ark. 1994, Collèn ve Davison 1999a, b). Çeşitli araştırmalar bu ilişkinin varlığını çalışmalarında göstermişlerdir (Dionisio-Sese ve Tobita 1998, Hernández ve ark. 1999, Amor ve ark. 2005, Kim ve ark. 2005a). *P. morrowii* türünün tuzluluk değişimleri altında suda çözünen antioksidan içeriğindeki farklılıklar incelendiğinde, en düşük suda çözünen antioksidan seviyelerine %33 tuz derişimindeki örneklerde rastlanmıştır. %23 tuz derişiminin bu tür üzerinde bir strese neden olduğu suda antioksidan verileriyle de uyumlu görülmektedir. Bu tuzluluk derişiminden (%33) daha düşük veya daha yüksek derişimlerde ise suda çözünen antioksidan seviyelerinde artış gözlenmiştir. Suda çözünen antioksidanlar, en yüksek değerlere %10 tuz derişimindeki örneklerde ulaşmıştır. Bu türün, düşük tuz derişimine sahip ortamdaki yüksek tuz derişimine sahip ortama göre daha fazla olumsuz olarak etkilendiği görülmektedir. Türün suda çözünen antioksidan içeriği gözlemlenen diğer değişkenlerle (toplam protein, fikosiyenin, fikoeritrin, toplam fenol) büyük ölçüde benzer değişim göstermiştir. *P. morrowii* türünde suda çözünen antioksidan içeriğindeki bu artış, tuzluluk derişimlerine bağlı olarak oluşan H_2O_2 'den kaynaklanabilir. H_2O_2 , *P. morrowii* türünde bir oksidatif stres oluşturmuş, bunun sonucunda da oluşan bu oksidatif stresle başa çıkabilmek için tür suda çözünen antioksidan içeriğini artırmış olabilir. Bilindiği üzere Askorbat ve glutatyon gibi suda çözünen antioksidanlar, hücrede H_2O_2 seviyeleri arttığı zaman artış göstermektedir. Çünkü bu iki bileşik, H_2O_2 'yi detoksifiye edip ortamdaki uzaklaştırmada, bu sayede canlıyı oksidatif strese karşı korumada temel rol oynamaktadır. Elde edilen veriler, %10 tuz derişimindeki

örneklerin dokularında %42 ve %23 tuz derişimindeki örneklere göre daha yüksek miktarda H₂O₂ oluştuğunu düşündürmektedir. Buna bağlı olarak da *P. morrowii*, H₂O₂'yi ortamdan uzaklaştırmak için suda çözünen antioksidan kapasitesini artırmış ve ortama uyum sağlamaya çalışmış olabilir. Yapılan çeşitli araştırmalar düşüncelerimizi destekler niteliktedir. Örneğin, Smith (1985), çalışmasında glutasyon seviyesindeki artış ile katalaz aktivitesinin kaybı ve H₂O₂ birikimi arasında bir ilişki saptamıştır. Lu ve ark. (2006), tuzluluk stresine maruz kalan *Ulva fasciata* Delile türünde antioksidan savunma sisteminin düzenlenmesini araştırmışlardır. Kontrole göre düşük ve yüksek tuz derişimine sahip ortamlarda biriken H₂O₂'nin, organizmada bir stres oluşturduğunu, toplam askorbat içeriğinin düşük tuzluluk derişimlerinde artış gösterirken, tuzluluk derişiminin artmasıyla azaldığını saptamışlardır. Diğer yandan kontrole göre (%30) toplam glutasyon ve GSSG (okside glutasyon) içeriği hem düşük (%5 ve %15) hem de yüksek (%60 ve %90) ortamda bir artış gösterdiğini belirlemişlerdir. Düşük tuzluluk koşullarında (%15) askorbat ve glutasyon içeriğinin artmasının, antioksidan enzim aktiviteleriyle beraber ortamda biriken H₂O₂'nin ortamdan uzaklaştırılmasından sorumlu olduğunu göstermişlerdir.

P. morrowii türünün yağda çözünen antioksidan değerleri de en fazla düşük (%10) tuz derişimine sahip ortamda artış göstermiştir. %23, %33 ve %42 tuz derişimleri arasındaki farklılık anlamlı bulunmamıştır. Düşük tuz derişimine sahip ortamda yağda çözünen antioksidan değerlerindeki bu artış, oluşan ROT'ye bağlı olarak artan lipid peroksidasyonunun bir sonucu olabilir. *P. morrowii*, lipid peroksidasyonunu engellemek için dokularındaki α -tokoferol miktarını artırmış olabilir. Bilindiği gibi α -tokoferol (E vitamini), hücre zarlarında bulunur ve zardaki yağ asitlerini lipid peroksidasyonuna karşı koruyan bir bileşiktir (Derviş 2011). Ayrıca α -tokoferol, kloroplastlardaki tilakoid membranlarda bulunmakta ve zarların etrafını kuşatmaktadır. Lipid çevrede dominant antioksidan madde olarak rol oynamaktadır (Fryer 1992). Düşük tuz derişimine sahip ortamdaki örneklerin α -tokoferol içeriğindeki artış, klorofillerin de üzerinde bulunduğu tilakoid membranları oksidatif stresten korumuş ve klorofil içeriğinin artış göstermesine katkıda bulunmuş olabilir. α -tokoferol gibi bileşiklerin miktarındaki artışlar, türün tuza tolerans göstermesini sağlamasına katkıda bulunmuş olabilir. Gossett ve ark. (1994) yün bitkisinde, Hernández ve ark. (1995) bezelyede tuz tolerans ile α -tokoferol seviyesi

arasında güçlü bir ilişki belirlemiştir. Jahnke ve White (2003) çalışmalarında düşük tuzluluk derişimlerinde *Dunaliella tertiolecta* türünün glutasyon ve α -tokoferol içeriğinde artış, toplam ve indirgenmiş askorbat içeriğinde ise bir düşüş meydana geldiğini saptamışlardır. Diğer yandan artan tuzluluk derişimleri, glutasyon ve α -tokoferol seviyesini düşürürken toplam askorbat içeriğini artırdığını rapor etmişlerdir. Sonuçta NaCl stresi altında türün askorbat içeriğinin, tuza tolerans sağlamada temel rol oynayan bileşik olduğunu öne sürmüşlerdir. Ayrıca ekstrem yüksek tuzluklarda, MDHAR ve APX enzim aktivitesinin artış gösterdiğini de rapor etmişlerdir.

Tuza toleranslı türler, antioksidan içeriklerinde bir artış meydana getirip ortama adaptasyon sağlayabilirler. Diğer yandan duyarlı türlerin antioksidan içeriğinde değişim olmaz veya bir azalma meydana gelir (Gossett ve ark. 1994, Hernández ve ark. 2000, Shalata ve ark. 2002). Bu bağlamda bu tez çalışmasında elde edilen verilere bağlı olarak, *P. morrowii* türünün antioksidan kapasitesindeki artıştan dolayı düşük ve yüksek tuz derişimine sahip ortamlara uyum sağlamaya çalıştığı ve tuz derişimlerine karşı toleranslı bir tür olabileceği akla gelmektedir.

P. morrowii türünün CA aktivitesi tuzluluk derişimlerinden etkilenmiştir. %23 tuz derişimine göre diğer tuz derişimlerinde kültüre alınan örneklerin CA aktivitesinde bir artış görülmüştür. %23 tuz derişiminden daha yüksek derişimlerde toplam katı organik madde miktarı artmıştır. Hatta %10 tuz derişimindeki toplam katı organik madde miktarı anlamlı olarak farklılık göstermese de %23 tuz derişimindeki değerlerden daha fazla olarak belirlenmiştir. Toplam katı organik madde miktarındaki artışın daha çok karbohidratlardan kaynaklanabileceği düşünülmüştü. *P. morrowii* türü, osmotik uyum sırasında karbohidrat gibi moleküllerin sentezini gerçekleştirebilmek için CA aktivitesini artırmaya yönelik bir uyum mekanizması geliştirmiş olabilir. CA, bikarbonatı (HCO_3^-) karbondioksite (CO_2) dönüştürerek deniz yosununun inorganik karbon kaynağını kullanmasına imkan vermiş olabilir. Aynı zamanda %23 tuz derişimine göre %10, %33, %42 tuz derişimlerinde kültüre alınan örneklerde artan CA aktivitesi, bu deniz yosununun inorganik karbon kaynağı olarak HCO_3^- 'ü kullandığını, artan CA aktivitesi ile daha fazla HCO_3^- 'ü CO_2 'ye çevirdiğini, bu sayede bünyesine daha fazla CO_2 alıp, karbohidrat gibi organik moleküllerin sentezini daha çok

yapabildiğini düşündürmektedir. Nitekim bu düşünce toplam katı organik madde değerleriyle de desteklenmektedir. Diğer yandan düşük ve yüksek tuz derişimine sahip ortamlardaki olumsuz koşullar sonucu oluşan H₂O₂, CA aktivitesinin çalışmasından sorumlu genlerin işleyişini değiştirmiş, bu yüzden de CA aktivitesinde bir artış meydana gelmiş olabilir. Diğer bir yaklaşım da CA aktivitesinin tuzluluk stresi ile düşmemesinin sebebi, artan antioksidan madde seviyeleriyle ortamda CA aktivitesini olumsuz olarak etkileyen ROT'nin uzaklaştırılması olabilir. Sonuçta *P. morrowii*, tuzluluk değişimlerine karşı adaptasyon sağlayabilir. Liu ve ark. (2012), *Dunaliella salina* türünde düşük osmotik stres altında oluşan H₂O₂'nin bir sonucu olarak CA aktivitesinin azaldığını belirtmişlerdir. Huovinen ve ark. (2007), güney Pasifik deniz yosunlarıyla yaptıkları çalışmada CA aktivitesinin UV ile değişip değişmediğini incelemişlerdir. UV radyasyonuna maruz kalan *Polysiphonia sp.* türünde CA aktivitesinin artış gösterdiğini saptamışlardır. Booth ve Beardall (1991), *D. salina* ile yaptıkları çalışmada artan tuzluluğa bağlı olarak hücre yüzeyindeki CA aktivitesinin arttığını saptamışlardır. CA aktivitesindeki artışların, fotosentezde CO₂ ve HCO₃⁻ karşı affinitesi artması ile yakından ilişkili olduğunu belirtmişlerdir. Haglund ve Pedersen (1992), *Gracilaria tenuistipitata* türünü yüksek pH'ta farklı tuzluluk derişimlerinin olduğu ortamlarda kültüre almışlardır. Sonuçta kültür ortamındaki CO₂ konsantrasyonunun, deniz yosununun CA aktivitesini etkilediğini rapor etmişlerdir.

Sonuç olarak yapılan çalışmada *P. morrowii* türünün tuzluluktan etkilendiği, tuzluluğun türün fizyolojisinde bir takım değişiklikler meydana getirdiği belirlenmiştir. Özellikle ortamdaki tuzluluğun azalması, bu tür üzerinde daha etkili olmuştur. Genel olarak *P. morrowii*, düşük (%010, %023) ve yüksek (%042) tuz derişimlerdeki ortamlarda toplam protein, klorofil-a (%042 hariç), fikosiyenin, fikoeritrin, toplam fenol, suda çözünen antioksidan miktarını; düşük tuz derişiminde (%010) yağda çözünen antioksidan miktarını; yüksek tuz derişimlerinde (%033, %042) bünyesindeki toplam katı organik madde miktarını; düşük (%010) ve yüksek (%033, %042) tuz derişimlerine maruz bırakıldığında ise CA aktivitesini artırmıştır. Dolayısıyla bu tür, bahsedilen çeşitli savunma stratejileriyle değişen ortam koşullarına uyum sağlayarak tuzluluk değişimlerine karşı tolerans göstermiştir. Daha önce Marmara Bölgesi'nde bu tür ile ilgili bir çalışma yapılmadığı için elde edilen sonuçların literatüre katkı sağlayacağı

düşünülmektedir. İklim değişimine bağlı olarak meydana gelebilecek tuzluluk değişimlerinin, bu değişimlere karşı toleranslı olmayan bazı canlı popülasyonlarının ortamdaki yok olmasına neden olurken, *P. morrowii* türünün tuzluluk değişimlerine toleransı sayesinde tuzluluğun değişim göstereceği ortam koşullarına uyum sağlayıp o ortamda yüksek popülasyonlara ulaşacağı düşünülmektedir. Diğer yandan iklim değişiminin bağlı olarak ileriki yıllarda meydana gelebilecek tuzluluk değişimlerinin bu türü daha uzun vadede nasıl etkileyeceği, ekosistemde bulunan diğer canlı popülasyonlarının bu değişimden nasıl etkileneceği incelenip araştırılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

ACIA. 2005. Arctic Council and International Arctic Science Committee. Arctic climate impact assessment, Scientific report. Cambridge University Press, Cambridge, 1042 pp.

Ackman, R.C., Tocher, C.S., McLachlan, J. 1966. Dimethyl- β -propiothetin: determination by reactor gas-liquid chromatography, occurrence in algae and implications in fisheries. Proc. Int. Seaweed Symp., Ed.: Young, E.G. and McLachlan, J.L., Pergamon Press, Oxford, 5: 235-242.

Airoldi, L., Balata, D., Beck, M.W. 2008. The Gray Zone: relationships between habitat loss and marine diversity and their applications in conservation. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 366: 8-15.

Amor, N.B., Hamed, K.B., Debez, A., Grignon, C., Abdelly, C. 2005. Physiological and antioxidant responses of the perennial halophyte *Crithmum maritimum* to salinity. *Plant Sci.*, 168: 889–899.

Andersan, K.J., Teuber, S.S., Gobeille, A., Cremin, P., Waterhouse, A.L., Steinberg, F.M. 2001. Walnut polyphenolics inhibit in vitro human plasma and LDL oxidation. Biochemical and molecular action of nutrients. *J. Nutr.*, 131: 2837-2842.

Andreae, M.O. 1980. Dimethyl sulphoxide in marine and freshwaters. *Limnol. Oceanogr.*, 25: 1054-1063.

Anonim, 2013. Gemlik Körfezi. http://tr.wikipedia.org/wiki/Gemlik_K%C3%B6rfezi (Erişim tarihi: 04/12/2013).

Anonim, 2013. http://tr.wikipedia.org/wiki/Alt%C4%B1nta%C5%9F,_Mudanya (Erişim tarihi: 04/12/2013).

Aoun, Z.B., Said, R.B., Ferhat, F. 2010. Anti-inflammatory, antioxidant and antimicrobial activities of aqueous and organic extracts from *Dictyopteris membranacea*. *Bot. Mar.*, 53: 259-264.

Asada, K. 1999. The water–water cycle in chloroplasts: scavenging of active oxygen and dissipation of excess photons. *Ann. Rev. Plant. Physiol. Plant. Mol. Biol.*, 50: 601-639.

Athukorala, Y., Lee, K., Kim, S., Jeon, Y. 2007. Anticoagulant activity of marine green and brown algae collected from Jeju Island in Korea. *Bioresour. Technol.*, 98: 1711–1716.

Beer, S., Eshel, A. 1985. Determining Phycoerythrin and Phycocyanin Concentrations in Aqueous Crude Extracts of Red Algae. *Aust. J. Mar. Freshw. Res.*, 36: 785-792.

Bendschneider, K., Robinson, R. J. 1952. A new spectrophotometric method for the determination of nitrite in sea water. *J. Mar. Res.*, 11: 87.

Bischof, K., Gomez, I., Molis, M., Hanelt, D., Karsten, U., Lüder, U., Roleda, M.Y., Zacher, K., Wiencke, C. 2006. Ultraviolet radiation shapes seaweed communities. *Rev. Environ. Sci. Biotechnol.*, 5(2–3): 141–166.

Bisson, M.A., Kirst, G.O. 1995. Osmotic acclimation and turgor pressure regulation in algae. *Naturwissenschaften*, 82: 461–471.

Bocanegra, A., Bastida, S., Benedì, J., Ródenas, S., Sánchez-Muniz, F.J. 2009. Characteristics and nutritional and cardiovascular-health properties of seaweeds. *Journal of Medicinal Food*, 12(2): 236-258.

Bold, H.C., Wynne, M.J. 1985. Introduction to the algae. Prentice-Hall, 720 pp.

Booth, W.A., Beardall, J. 1991. Effects of salinity on inorganic carbon utilization and carbonic anhydrase activity in the halotolerant alga *Dunaliella salina* (Chlorophyta). *Phycologia*, 30(2): 220-225.

Boustany, R.G., Michot, T.C., Moss, R.F. 2010. Effects of salinity and light on biomass and growth of *Vallisneria americana* from Lower st. Johns River, FL, USA. *Wetlands Ecol. Manage*, 18: 203-217.

Bradford, M. 1976. A Rapid And Sensitive Method For The Quantitation Of Microgram Quantities of Protein Utilizing The Principle of Protein-Dye Binding. *Anal. Biochem.*, 72: 248-254.

Brown, A.D., Simpson, J.R. 1972. Water relations of sugar-tolerant yeasts: role of intracellular polyols. *J. Gen. Microbiol.*, 72: 589.

Brown, C.J., Fulton, E.A., Hobday, A.J., Mearns, R.J., Possingha, H.P., Bulman, C., Christensen, V., Forrest, R.E., Gehrke, P.C., Gribble, N.A., Griffiths, S.P., Lozano-Montes, H., Martin, J.M., Metcalf, S., Okey, T.A., Watson, R., Richardson, A.J. 2010. Effects of climate-driven primary production change on marine food webs: implications for fisheries and conservation. *Global Change Biology*, 16: 1194-1212.

Butow, B., Wynne, D., Tel-Or, E. 1994. Response of catalase activity to environmental stress in the freshwater dinoflagellate *Peridinium gatunense*. *J. Phycol.*, 30: 17–22.

Cano-Europa, E., Ortiz-Butrón, R., Gallardo-Casas, C.A., Blas-Valdivia, V., Pineda-Reynoso, M., Olvera-Ramírez, R., Franco-Colin, M. 2010. Phycobiliproteins from *Pseudanabaena tenuis* rich in c-phycoerythrin protect against HgCl₂ caused oxidative stress and cellular damage in the kidney. *J. Appl. Phycol.*, 22: 495–501.

- Cardozo, K.H.M., Guaratini, T., Barros, M.P. et al. 2007.** Metabolites from algae with economical impact. *Comparative Biochemistry and Physiology C*, 146(1-2): 60-78.
- Challenger, F. 1959.** Aspects of the organic chemistry of sulphur. Butterworths, London, 71pp.
- Choi, T.S., Kang, E.J., Kim, J., Kim, K.Y. 2010.** Effect of salinity on growth and nutrient uptake of *Ulva pertusa* (Chlorophyta) from an eelgrass bed. *Algae*, 25(1): 17-26.
- Collén, J., Davison, I.R. 1999a.** Reactive oxygen production and damage in intertidal *Fucus spp.* (Phaeophyceae). *J. Phycol.*, 32:54–61.
- Collén, J., Davison, I.R. 1999b.** Reactive oxygen metabolism in intertidal *Fucus spp.* (Phaeophyceae). *J. Phycol.*, 35:62–69.
- Connan, S., Stengel, D.B. 2011.** Impacts of ambient salinity and copper on brown algae: 1. Interactive effects on photosynthesis, growth, and copper accumulation. *Aquatic Toxicology*, 104: 94-107.
- Cram, W.J. 1976.** Negative feedback regulation of transport in cells. The maintenance of turgor, volume and nutrient supply: In: Encyclopedia of plant physiology, vol. 2A, Ed.: Luttge, U., Pitman, M.G., Springer-Verlag, Berlin, 284-326 pp.
- Curiel, D., Bellemo, G., Rocca, B.L., Scattolin, M. and Marzocchi, M. 2002.** First report of *Polysiphonia morrowii* Harvey (Ceramiales, Rhodophyta) in the Mediterranean Sea. *Bot. Mar.*, 45: 66-70.
- Davis, K.J.A. 1987.** Protein damage and degradation by oxygen radicals. I. General aspects. *J. Biol. Chem.*, 262: 9895–9901.
- Derviş, E. 2011.** Oral antioksidanlar. *Dermatoz*, 2(1): 263-267.
- Dickson, D.M.J., Wyn Jones, R.G., Davenport, J. 1982.** Osmotic adaptation in *Ulva lactuca* under fluctuating salinity regimes. *Planta*, 155: 409-415.
- Dickson, D. M. J., Kirst, G.O. 1987.** Osmotic adjustment in marine eukaryotic algae: The role of inorganic ions, quaternary ammonium, tertiary sulphonium and carbohydrate solutes. *New Phytol.*, 106: 645-655.
- Dionisio-Sese, M.L., Tobita, S. 1998.** Antioxidant responses of rice seedlings to salinity stress. *Plant Sci.*, 135: 1–9.
- Doğan, M., Avu, A., Can, E. N., Aktan, A. 2008.** Farklı domates tohumlarının çimlenmesi üzerine tuz stresinin etkisi. *SDÜ Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi*, 3(2): 174-182.

- Durmaz, Y., Duyar, H.A., Gökpinar, Ş., Öğretmen, Y.Ö., Bandarra, N. 2008.** *Ulva spp.* (Sinop, Karadeniz) türünün yağ asitleri, α - tokoferol ve toplam pigment miktarını araştırılması. *Journal of fisheries Sciences.com.*, 2(3): 350-356.
- Edwards, D.M., Reed, R.H., Chudek, J.A., Foster, R., Stewart, W.D.P. 1987.** Organic solute accumulation in osmotically-stressed *Enteromorpha intestinalis*. *Marine Biology*, 95: 583-592.
- Edwards, D.M., Reed, R.H., Stewart, W.D.P. 1988.** Osmoacclimation in *Enteromorpha intestinalis*: long-term effects of osmotic stress on organic solute accumulation. *Marine Biology*, 98: 467-476.
- Eggert, A., Nitschke, U., West, J.A., Michalik, D., Karsten, U. 2007a.** Acclimation of the intertidal red alga *Bangiopsis subsimplex* (Stylonematophyceae) to salinity changes. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 343: 176–186.
- Eggert, A., Raimund, S., Michalik, D., West, J., Karsten, U. 2007b.** Ecophysiological performance of the primitive red alga *Dixonella grisea* (Rhodellophyceae) to irradiance, temperature and salinity stress: growth responses and the osmotic role of mannitol. *Phycologia*, 46: 22–28.
- El Gamal, A.A. 2010.** Biological importance of marine algae. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 18: 1–25.
- Erdügan, H., Akı, C., Acar, O., Dural, B., Aysel, V. 2009.** New record for the East Mediterranean, Dardanalles (Turkey) and its Distribution: *Polysiphonia morrowii* Harvey (Ceramiales, Rhodophyta). *Turk. J. Fish. Aquat. Sci.*, 9: 231-232.
- FAO. 2011.** <http://www.fao.org/fishery/statistics/en.->(Accessed 26 Sept. 2011).
- Foster, G.G., Hodgson, A.N. 1998.** Consumption and apparent dry matter digestibility of six intertidal macroalgae by *Turbo sarmaticus* (Mollusca: Vetigastropoda: Turbinidae). *Aquaculture*, 167: 211-227.
- Fredersdorf, J., Müller, R., Becker, S., Wiencke, C., Bischof, K. 2009.** Interactive effects of radiation, temperature and salinity on different life history stages of the Arctic kelp *Alaria esculenta* (Phaeophyceae). *Oecologia*, 160: 483-492.
- Fryer, M. J. 1992.** The antioxidant effects of thylakoid vitamin E (a- tocopherol). *Plant Cell Environ.*, 15: 381–392.
- Funahashi, T. 1966.** Marine algae from Vladivostok and its vicinity. *Bull. Jap. Soc. Phycol.*, 14: 127-145.
- Gordillo, F.J.L., Dring, M.J., Savidge, G. 2002.** Nitrate and phosphate uptake characteristics of three species of brown algae cultured at low salinity. *Marine Ecology Progress Series*, 234: 111-118.

- Gossett, D.R., Millhollon, E.P., Lucas, M.C. 1994.** Antioxidant responses to NaCl stress in salt-tolerant and salt-sensitive cultivars of cotton. *Crop Sci.*, 34: 706–714.
- Graham, L.E., Graham, J.M., Wilcox, L.W. 2009.** *Algae*, 2nd ed.: Pearson/Benjamin Cummings, San Francisco, CA, 616 pp.
- Grosso, C., Vinholes, J., Valentão, P., Andrade, P.B. 2011.** Halogenated compounds from seaweed, a biological overview: Seaweed: Ecology, nutrient composition and medicinal uses, Ed: In F. Columbus, Nova Science Publishers, New York, USA, pp: 1-25.
- Gylle, A.M., Nygard, C.A., Ekelund, N.G.A. 2009.** Desiccation and salinity effects on marine and brackish *Fucus vesiculosus* L. (Phaeophyceae). *Phycologia*, 48: 156-164.
- Haglund, K., Pedersén, M. 1992.** Growth of the red alga *Gracilaria tenuistipitata* at high pH. Influence of some environmental factors and correlation to an increased carbonic-anhydrase activity. *Botanica Marina*, 35: 579-587.
- Haglund, K., Björk, M., Ramazanov, Z., Garcia-Reina, G., Pedersen, M. 1992.** Role of carbonic anhydrase in photosynthesis and inorganic-carbon assimilation in the red alga *tenuistipitata*. *Planta*, 187: 275-281.
- Hales, J.M., Fletcher, R.L. 1990.** Studies on the recently introduced brown alga *Sargassum muticum* (Yendo) Fensholt. V. Receptacle initiation and growth, and gamete release in laboratory culture. *Botanica Marina*, 33: 241-249.
- Harvey, W.H. 1856.** *Algae*, in Asa Gray, list of dried plants collected in Japan by S. W. Williams, esq. and Dr. J. Morrow. *Mem. Amer. Acad. Art Sci.*, 2: 331-332.
- Hayden, H.S., Blomster, J., Maggs, C.A., Silva, P.C., Stanhope, M.J., Waaland, J.R. 2003.** Linnaeus was right all along: *Ulva* and *Enteromorpha* are not distinct genera. *Eur. J. Phycol.*, 38: 277–294.
- Hellebust, J.A. 1976.** Osmoregulation. *Annual Review of Plant Physiology*, 27: 485-505.
- Heo, S.J., Park, E.J., Lee, K.W., Jeon, Y.J. 2005.** Antioxidant activities of enzymatic extracts from brown seaweeds. *Bioresour. Technol.*, 96: 1613-1623.
- Hernández, J.A., Olmos, E., Corpas, F.J., Sevilla, F., del Rio, L.A. 1995.** Salt induced oxidative stress in chloroplasts of pea plants. *Plant Sci.*, 105: 151–167.
- Hernández, J.A., Campillo, A., Jimenez, A., Alarcon, J.J., Sevilla, F. 1999.** Response of antioxidant systems and leaf water relations to NaCl stress in pea plants. *New Phytol.*, 141: 241–251.

- Hernández, J.A., Jiménez, A., Mullineaux, P., Sevilla, F. 2000.** Tolerance of pea (*Pisum sativum* L.) to long-term salt stress is associated with induction of antioxidant defences. *Plant Cell Environ.*, 23: 853–862.
- Huovinen, P., Gómez, I., Orostegui, M. 2007.** Patterns and UV sensitivity of carbon anhydrase and nitrate reductase activities in south Pacific macroalgae. *Mar. Biol.*, 151: 1813-1821.
- Imlay, J.A., Linn, S. 1998.** DNA damage and oxygen radical toxicity. *Science*, 240: 1302–1309.
- Inagaki, K. 1933.** Marine red algae of Oshoro Bay and its vicinity. *Sci. Pap. Inst. Alg. Res., Fac. Sci., Hokkaido Imp. Univ.*, 2: 1-77.
- Inskeep, W.P., Bloom, P.R. 1985.** Extinction Coefficients of Chlorophyll a and b in N,N-Dimethylformamide and 80% Acetone. *Plant. Physiol.*, 77: 483-485.
- IPCC 2007.** Intergovernmental panel on climate change. Climate change 2007: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the fourth assessment. Cambridge University Press, Cambridge, 996 pp.
- Israel, A., Martinez-Goss, M., Friedlander, M. 1999.** Effect of salinity and pH on growth and agar yield of *Gracilaria tenuistipitata* var. *liui* in laboratory and outdoor cultivation. *J. Appl. Phycol.*, 11: 543–549.
- Iyengar, E.R.R., Reddy, M.P. 1996.** Photosynthesis in high salt-tolerant plants. Ed.: Pesserkali, M. Hand Book of Photosynthesis. Marshal Dekar, Baten Rose, USA, 56–65 pp.
- Jahnke, L.S., White, A.L. 2003.** Long-term hyposaline and hypersaline stresses produce distinct antioxidant responses in the marine alga *Dunaliella tertiolecta*. *J. Plant Physiol.*, 160: 1193-1202.
- Jiménez-Escrig, A., Sánchez-Muniz, F.J. 2000.** Dietary fibre from edible seaweeds: chemical structure, physicochemical properties and effects on cholesterol metabolism. *Nutr. Res.*, 20: 585–598.
- Kakinuma, M., Kuno, Y., Amano, H. 2004.** Salinity stress responses of a sterile mutant of *Ulva pertusa* (Ulvales, Chlorophyta). *Fish Sci.*, 70: 1177–1179.
- Kakinuma, M., Coury, D.A., Kuno, Y., Itoh, S., Kozawa, Y., Inagaki, E., Yoshiura, Y., Amano, H. 2006.** Physiological and biochemical responses to thermal and salinity stresses in a sterile mutant of *Ulva pertusa* (Ulvales, Chlorophyta). *Marine Biology*, 149: 97-106.
- Kamer, K., Fong, P. 2000.** A fluctuating salinity regime mitigates the negative effects of reduced salinity on the estuarine macroalga, *Enteromorpha intestinalis* (L.) link. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 254: 53-69.

- Kamer, K., Fong, P. 2001.** Nitrogen enrichment ameliorates the negative effects of reduced salinity on the green macroalga *Enteromorpha intestinalis*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 218: 87-93.
- Kang, J.W. 1966.** On the geographical distribution of marine algae in Korea. *Bull. Pusan Fish. Coll.*, 7: 1-125.
- Karsten, U., Kirst, G.O. 1989.** Incomplete turgor pressure regulation in the terrestrial red alga *Bostrychia scorpioides* (Huds.) Mont. *Plant Sci.*, 61: 29–36.
- Karsten, U., Wiencke, C., Kirst, G.O. 1991.** 1. The effect of salinity changes upon the physiology of eulittoral green macroalgae from Antarctica and Southern Chile. 2. Intracellular inorganic ions and organic compounds. *Journal of Experimental Botany*, 42: 1533–1539.
- Karsten, U., West, J.A., Zuccarello, G. 1992.** Polyol content of *Bostrychia* and *Stictosiphonia* (Rhodomelaceae, Rhodophyta) from field and culture. *Bot. Mar.*, 35: 11–19.
- Karsten, U., Barrow, K.D., Nixdorf, O., King, R.J. 1996.** The compatibility with enzyme activity of unusual organic osmolytes from mangrove red algae. *Aust. J. Plant Physiol.*, 23: 577–582.
- Khaled, M.E.A. 2005.** Utilization some of seaweeds in poultry diets. (Master of Science). Department of Environment and Biological Agriculture Faculty of Agriculture Al Azhar University.
- Khan, W., Rayirath U.P., Subramanian, S., Jithesh, M.N., Rayorath, P., Hodges, D.M., Critchley, A.T., Craigie, J.S., Norrie, J., Prithiviraj, B. 2009.** Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. *J. Plant Growth Regul.*, 28: 386-399.
- Kim, S.Y., Lim, J.H., Park, M.R., Kim, Y.J., Park, T.I., Se, Y.W., Choi, K.G., Yun, S.J. 2005a.** Enhanced antioxidant enzymes are associated with reduced hydrogen peroxide in barley roots under saline stress. *J. Biochem. Mol. Biol.*, 38: 218–224.
- Kim, M.S., Yang, E.C., Mansilla, A., Boo, S.M. 2005b.** Recent introduction of *Polysiphonia morrowii* (Ceramiales, Rhodophyta) to Punta Arenas, Chile. *Botanica marina*, 47(5): 389-394.
- Kim, M., Rajapakse, N., Kim, S. 2009.** Anti inflammatory effect of *Ishige okamurae* ethanolic extract via inhibition of NF B transcription factor in RAW 264.7 cells. *Phytother. Res.*, 23: 628-634.
- Kinne, O. (Ed.) 1971.** Environmental factors : Marine ecology, London, Wiley-Interscience, part 2, 683-1244 pp.

Kirst, G.O. 1989. Salinity tolerance of eukaryotic marine algae. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, 40: 21 – 53.

Kirst, G.O. 1990. Salinity tolerance of eukaryotic marine algae. *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, 40: 21–53.

Kong, C.S., Kim, J.A., Yoon, N.Y., Kim, S.K. 2009. Induction of apoptosis by phloroglucinol derivative from *Ecklonia cava* in MCF-7 human breast cancer cells. *Food Chem. Toxicol.*, 47: 1653-1658.

Kong, C., Kim, J., Ahn, B., Vo, T., Yoon, N., Kim, S. 2010. 1-(3,5-Dihydroxyphenoxy)-7-(2,4,6-trihydroxyphenoxy)-2,4,9-trihydroxydibenzo-1,4-dioxin inhibits adipocyte differentiation of 3T3-L1 fibroblasts. *Mar. Biotechnol.*, 12: 299-307.

Kremer, B.P. 1978. Patterns of photoassimilatory products in Pacific Rhodophyceae. *Can. J. Bot.*, 56: 1655–1659.

Kudo, T., Masuda, M. 1981. A taxonomic study of *Polysiphonia morrowii* Harvey (Rhodophyta, Ceramiales). *Jap. J. Phycol.*, 29: 263-272.

Kumar, K.S., Ganesan, K., Rao, P.V.S. 2008. Antioxidant potential of solvent extracts of *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty-an edible seaweed. *Food Chem.*, 107: 289-295.

Kumar, M., Kumari, P., Gupta, V., Reddy, C. R. K., Jha, B. 2010. Biochemical responses of red alga *Gracilaria corticata* (Gracilariales, Rhodophyta) to salinity induced oxidative stress. *J. of Exp. Mar. Biol. and Ecol.*, 391: 27-34.

Lartigue, J. Neill, A., Hayden, B. L., Pulfer, J. Cebrian, J. 2003. The impact of salinity fluctuations on net oxygen production and inorganic nitrogen uptake by *Ulva lactuca* (Chlorophyceae). *Aquatic Botany*, 75: 339-350.

Lee, T.M., Chang, Y.C., Lin, Y.H. 1999. Seasonal acclimation in *Gracilaria tenuistipitata*. Differences in physiological responses between winter and summer *Gracilaria tenuistipitata* (Gigartinales, Rhodophyta). *Bot. Bull. Acad. Sin.*, 49: 93–100.

Li, Y., Lee, S., Le, Q., Kim, M., Kim, S. 2008. Anti-allergic effects of phlorotannins on histamine release via binding inhibition between IgE and Fc RI. *J. Agr. Food Chem.*, 56: 12073-12080.

Liu, W., Ming, Y., Li, P., Huang, Z. 2012. Inhibitory effects of hypo-osmotic stress on extracellular carbonic anhydrase and photosynthetic efficiency of green alga *Dunaliella salina* possibly through reactive oxygen species formation. *Plant Physiology and Biochemistry*, 54: 43-48.

Lobban, C.S. and P.J. Harrison. 1994. Seaweed ecology and physiology . Cambridge University Press, Cambridge, 366 pp.

- Lobban, C.S., Harrison, P.J. 1997.** Seaweed ecology and physiology. Cambridge University Press, New York.
- Lu, I. F., Sung, M. S., Lee, T. M. 2006.** Salinity stress and hydrogen peroxide regulation of antioxidant defense system in *Ulva fasciata*. *Mar. Biol.*, 150: 1-15.
- Luna, C., Gonzalez, C., Trippi, V. 1994.** Oxidative damage caused by an excess of copper in oat leaves. *Plant Cell Physiology*, 5: 11-15.
- Luo, M. B., Liu, F. 2011.** Salinity-induced oxidative stress and regulation of antioxidant defense system in the marine macroalga *Ulva prolifera*. *J. of Exp. Mar. Biol. and Ecol.*, 409: 223-228.
- Maeda, H., Hosokawa, M., Sashima, T., Miyashita, K. 2007.** Dietary combination of fucoxanthin and fish oil attenuates the weight gain of white adipose tissue and decreases blood glucose in obese/diabetic KK-Ay Mice. *J. Agr. Food. Chem.*, 55: 7701-7706.
- Macler, B.A. 1988.** Salinity effects on photosynthesis, carbon allocation and nitrogen assimilation in the red alga *Gelidium coulteri*. *Plant Physiol.*, 88: 690-694.
- Martins, I., Oliveira, J. M., Flindt, M.R., Marques, J. C. 1999.** The effect of salinity on the growth rate of the macroalgae *Enteromorpha intestinalis* (Chlorophyta) in the Mondego estuary (west Portugal). *Acta oecologica*, 20(4): 259-265.
- Marzocchi, M., Bellemo, G., Miotti, C., Curiel, D., Scattolin, M. 2001.** Le Macroalge Dei Substrati Duri Del Canal Grande (Centro Storico Di Venezia): Prime Considerazioni. *BolL Mus. civ. St. Nat. Venezia*, 52(2): 1.
- Matanjun, P., Muhammad, S., Mustapha, N.M., Muhammad, K., Ming, C.H. 2008.** Antioxidant activities and phenolics content of eight species of seaweeds from north Borneo. *J. Appl. Phycol.*, 20: 367-373.
- Matsubara, K., Matsuura, Y., Hori, K., Miyazawa, K. 2000.** An anticoagulant proteoglycan from the marine green alga, *Codium pugniformis*. *J. Appl. Phycol.*, 12: 9-14.
- McAvoy, K.M., Klug, J.L. 2005.** Positive and negative effects of riverine input on the estuarine green alga *Ulva intestinalis* (syn. *Enteromorpha intestinalis*) (Linneaus). *Hydrobiologia*, 545: 1-9.
- McKersie, B.D., Leshem, Y. 1994.** Stress and stress coping in cultivated plants. Kluwer Academic Publishers, New York.
- Morris, A.W., Riley, J.P. 1963.** The determination of nitrate in sea water. *Analytica Chimica Acta*, 29: 272-279.

Mostaert, A.S., Karsten, U., King, R.J. 1995. Inorganic ions and mannitol in the red alga *Caloglossa leprieurii* (Ceramiales, Rhodophyta): Response to salinity change. *Phycologia*, 34: 501–507.

Munda, I.M., 1964. Observations on variations in form and chemical composition of *Fucus ceranoids* L. *Nova Hedwigia*. 8: 403-414.

Munda, I.M., Kremer, B.P. 1977. Chemical composition and physiological properties of fucoids under conditions of reduced salinity. *Marine Biology*, 42: 9-15.

Munné-Bosch, S., Alegre, L. 2002. The function of tocopherols and tocotrienols in plants. *Crit. Rev. Plant Sci.*, 21: 31–57.

Murphy, J., Riley, J.P. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytica Chimica Acta*, 27: 31-36.

Nagai, M. 1941. Marine algae of the Kurile Islands. II. *J. Fac. Agr. Hokkaido Imp. Univ.*, 46: 139-310, pls. 4-6.

Nejrup, L.B., Pedersen, M.F. 2012. The effect of temporal variability in salinity on the invasive red alga *Gracilaria vermiculophylla*. *Eur. J. Phycol.*, 47(3): 254–263.

Noctor, G., Foyer, C.H. 1998. Ascorbate and glutathione: keeping active oxygen under control. *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, 49: 249–279.

Norton, T.A. 1977. Ecological experiments with *Sargassum muticum*. *Journal of Marine Biological Association of the United Kingdom*, 57: 33-43.

Ogata, E., Schramm, W. 1971. Some observations on the influence of salinity on growth and photosynthesis in *Porphyra umbilicalis*. *Marine Biology*, 10(1): 70-76.

Okamura, K. 1936. *Nippon Kaiso Shi*. Uchida-Rokakuho, Tokyo, 964 pp.

Parida, A.K., Das, A.B., Sanada, Y., Mohanty, P. 2004. Effects of salinity on biochemical components of the mangrove, *Aegiceras corniculatum*. *Aquatic Botany*, 80: 77-87.

Parida, A.K., Das, A.B. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 60: 324–349.

Parsons, T. R., Maita, Y. Lalli, C. M. 1984. A manual of chemical and biological methods for seawater analysis. Pergamon Press, 173pp.

Perez-Aflocea, F., Estan, Mt., Caro, M., Guerrier, G. 1996. Osmotic adjustment in *Lycopersicon esculentum* and *Lycopersicon pennellii* under sodium chloride and polyethylene glycol 6000 iso-osmotic stress. *Physiology Plant*, 87: 493-498.

Pinchetti, J.L.G., Fernández, E.C., Diez, P.M., Reina, G.G. 1998. Nitrogen availability influences the biochemical composition and photosynthesis of tank-cultivated *Ulva rigida* (Chlophyta). *Journal of Applied Phycology*, 10: 383-389.

Preetha, S.P., Deveraj, H. 2010. Role of sulphated polysaccharides from *Sargossum wightii* in the control of diet-induced hyperlipidemia and associated inflammatory complications in rats. *Eur. J. Inflammation*, 8: 23-30.

Prieto, P., Pineda, M., Aguilar, M. 1999. Spectrophotometric Quantition of Antioxidant Capacity Through the Formation of A Phosphomolybdenum Complex: Specific Application to the Determination of Vitamin E. *Anal. Biochem.*, 269: 337-41.

Provasoli, L. 1968. Media and prospects for the cultivation of marine algae: Cultures and collections of algae. Proceedings of the US-Japan Conference, Hakone, September 1966, *Jpn. Soc. Plant Physiol.* pp: 63-75.

Ramlov, F., M.C. de Souza, J., Farias, A., Maraschin, M., Horta, P. A., Yokoya, N. S. 2012. Effects of temperature, salinity, irradiance, and nutrients on the development of carposporelings and tetrasporophytes in *Gracilaria domingensis* (Kütz.) Sonder ex Dickie (Rhodophyta, Gracilariales). *Botanica Marina*, 55: 253–259.

Reed, R.H., Collins, J.C., Russell, G. 1980. The Effects of Salinity upon Galactosyl-Glycerol Content and Concentration of the Marine Red alga *Porphyra purpurea* (Roth) C. Ag. *J. Exp. Bot.*, 31(6): 1539-1554.

Reed, R.H. 1983a. Measurement and osmotic significance of dimethylsulphoniopropionate in marine macroalgae. *Marine Biology Letters*, 4: 173–181.

Reed, R.H. 1983b. The osmotic responses of *Polysiphonia lanosa* (L.) Tandy from marine and estuarine sites: Evidence for incomplete recovery of turgor. *J. of Exp. Mar. Biol. and Ecol.*, 68(2): 169-193.

Rodrigo, R., Bosco, C. 2006. Oxidative stress and protective effects of polyphenols: Comparative studies in human and rodent kidney. A review. *Comparative Biochem. Physiol. Part C*, 142: 317–327.

Rodriguez, E.B.,Rodriguez-Amaya, D.B. 2007. Formation of apocarotenals and epoxy-carotenoids from β -carotene by chemical reactions and by autoxidation in model systems and processed foods. *Food Chemistry*, 101(2): 563-572.

Rodríguez-Bernaldo de Quirós A, Lage-Yusty, M.A., López-Hernández, J. 2010. Determination of phenolic compounds in macroalgae for human consumption. *Food Chem.*, 121: 634–638.

Satoh, K., Smith, C. M., Fork, D. C. 1983. Effects of salinity on primary processes of photosynthesis in the red alga *Porphyra perforata*. *Plant Physiol.*, 73: 643-647.

Scherner, F., Ventura, R., Barufi, J.B., Horta, P.A. 2012. Salinity critical threshold values for photosynthesis of two cosmopolitan seaweed species: Providing baselines for potential shifts on seaweed assemblages. *Marine Environmental Research*, 1-12.

Schneider, S.H., Semenov, S., Patwardhan, A., Burton, I., Magadza, C.H.D., Oppenheimer, M., Pittock, A.B., Rahman, A., Smith, J.B., Suarez, A., Yamin, F. 2007. Assessing key vulnerabilities and the risk from climate change. Ed.: Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P.J., Hanson, C.E., *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, 779-810 pp.

Seemann, J.R., Critchley, C. 1985. Effects of salt stress on the growth, ion content, stomatal behavior and photosynthetic capacity of a salt-sensitive species, *Phaseolus vulgaris* L. *Planta*, 164: 151-162.

Segi, T. 1951. Systematic study of the genus *Polysiphonia* from Japan and its vicinity. *J. Fac. Fish. Pref. Univ.*, Mie I: 169-272, pls. 1-16.

Shalata, A., Mittova, V., Volokita, M., Guy, M., Tal, M. 2002. Response of the cultivated tomato and its wild salt-tolerant relative *Lycopersicon pennellii* to salt-dependent oxidative stress: the root oxidative system. *Physiol. Plant*, 112: 487-494.

Smirnoff, N., Wheeler, G.L. 2000. Ascorbic acid in plants: biosynthesis and function. *Crit Rev. Plant Sci.*, 19: 267-290.

Smith, I. 1985. Stimulation of glutathione synthesis in photorespiring plants by catalase inhibitors. *Plant Physiol.*, 79: 1044-1047.

Smit, A.J. 2004. Medicinal and pharmaceutical uses of seaweed natural products: a review. *J. Appl. Phycol.*, 16: 245-262.

Sousa, A. I., Martins, I., Lillebø, A. I., Flindt, M. R., Pardal, M. A. 2007. Influence of salinity, nutrients and light on the germination and of *Enteromorpha* sp. spores. *J. of Exp. Mar. Biol. And Ecology*, 341: 142-150.

Steen, H. 2004. Effects of reduced salinity on reproduction and germling development in *Sargassum muticum* (Phaeophyceae, Fucales). *European Journal of Phycology*, 39: 293-299.

Taga, M.S., Miller, E.E., Pratt, D.E. 1984. Chia seeds as a source of natural lipid antioxidants. *Journal of American Oil Chemistry Society*, 61: 928-931.

- Tierney, M.S., Croft, A.K., Hayes, M. 2010.** A review of antihypertensive and antioxidant activities in macroalgae. *Bot. Mar.*, 53: 387-408.
- Tokida, J. 1954.** The marine algae of Southern Saghalien. *Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, 2: 1-264. Pls. 1-15.
- Tribollet, A.D., Vroom, P.S. 2007.** Temporal and spatial comparison of the relative abundance of macroalgae across the Mariana Archipelago between 2003 and 2005. *Phycologia*, 46: 187-197.
- Tseng, C.K., Li, L.C. 1935.** Some marine algae from Tsingtao and Chefoo, Shantung. *Bull. Fan Mem. Inst. Biol.*, 6: 183-235.
- Ueda, A., Kanechi, M., Uno, Y., Inagaki, N. 2003.** Photosynthetic limitations of a halophyte sea aster (*Aster tripolium* L.) under water stress and NaCl stress. *J Plant Res.*, 116: 65–70.
- Wang, T., Jónsdóttir, R., Ólafsdóttir, G. 2009.** Total phenolic compounds, radical scavenging and metal chelation of extracts from Icelandic seaweeds. *Food Chemistry*, 116: 240-248.
- Wang, Y., Wang, Y., Zhu, L., Zhou, B., Tang, X. 2012.** Comparative studies on the ecophysiological differences of two green tide macroalgae under controlled laboratory conditions. *PLoS ONE* 7(8):e38245. *Doi:10.1371/journal.pone.0038245*
- Watanabe, T., Nishizawa, K. 1984.** The utilization of wakame (*Undaria pinnatifida*) in Japan and manufacture of 'haiboshi wakame' and some of its biochemical and physical properties. *Hydrobiologia*, 116/117(1): 106–111.
- White, R.H. 1982.** Analysis of dimethyl sulphonium compounds in marine algae. *J. mar. Res.*, 40: 529-535.
- Wilson, K.A., Able, K.W., Heck, K.L. 1990.** Predation rates on Juvenile Blue Crabs in estuarine nursery habitats: evidence for the importance of macroalgae (*Ulva lactuca*). *Marine Ecology Progress Series*, 58: 243-251.
- Winter, U., Kirst, G.O. 1992.** Turgor pressure regulation in *Chara aspera* (Charophyta) – the role of sucrose accumulation in fertile and sterile plants. *Phycologia*, 31: 240–245.
- Wise, R.R., Naylor, A.W. 1987.** Chilling-enhanced photooxidation: evidence for the role singlet oxygen and endogenous antioxidants. *Plant Physiol.*, 83: 278–282.
- Woelkerling, W.J., Spenceri K.G., West, J.A. 1983.** Studies on selected Corallinaceae (Rhodophyta) and other algae in a defined marine culture medium. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 67:61-77.

- Wong, S.L., Chan, J. 2000.** Salinity and light effects on growth, photosynthesis, and respiration of *Grateloupia filicina* (Rhodophyta). *Aquaculture*, 182: 387-395.
- Xia, J., Li, Y., Zou, D. 2004.** Effects of salinity stress on PSII in *Ulva lactuca* as probed by chlorophyll fluorescence measurements. *Aquatic Botany*, 80: 129-137.
- Yamada, Y., Tanaka, T. 1944.** Marine algae in the vicinity of the Akkeshi Marine Biological Station. *Sci. Pap. Inst. Alg. Res. Fac. Sci. Hokkaido Imp. Univ.*, 3: 48-77.
- Yancey, P.H. 2005.** Organic osmolytes as compatible, metabolic and counteracting cytoprotectants in high osmolarity and other stresses. *J. Exp. Biol.*, 208: 2819–2830.
- Yoon, H.Y. 1986.** A taxonomic study of genus *Polysiphonia* (Rhodophyta) from Korea. *Korean J. Phycol.*, 1: 3-86.
- Yıldız, G., Vatan, Ö., Çelikler, S., Dere, Ş. 2011.** Determination of the phenolic compounds and antioxidative capacity in red algae *Gracilaria bursa-pastoris*. *International Journal of Food Properties*, 14: 496-502.
- Ytreberg, E., Karlsson, J., Ndungu, K., Hassellöv, M., Breitbarth, E., Eklund, B. 2011.** Influence of salinity and organic matter on the toxicity of Cu to a brackish water and marine clone of the red macroalgae *Ceramium tenuicorne*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 74: 636–642.
- Zou, Y., Qian, Z., Li, Y., Kim, M., Lee, S., Kim, S. 2008.** Antioxidant effects of phlorotannins isolated from *Ishige okamurae* in free radical mediated oxidative systems. *J. Agr. Food Chem.*, 56: 7001-7009.
- Zubia, M., Fabre, M.S., Kerjean, V., Lann, K.L., Stiger-Pouvreau, V., Fauchon, M., et al. 2009a.** Antioxidant and antitumoural activities of some Phaeophyta from Brittany coasts. *Food Chemistry*, 116: 693–701.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Mihriban ÇETİN
Doğum Yeri ve Tarihi : BURSA 27/03/1986
Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu

Lise : Bursa Anadolu Erkek Lisesi (2000-2004)
Lisans : Uludağ Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi
Biyoloji Bölümü (2004-2008)
Yüksek Lisans : Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Tezsiz Yüksek Lisans (2008-2009)

Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Tezli Yüksek Lisans Biyoloji Anabilim Dalı Hidrobiyoloji
Bilim Dalı (2010-)

Çalıştığı Kurum ve Yıl : Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi
(ÖYP Araştırma Görevlisi) (2010-2011)

Uludağ Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi
(ÖYP Araştırma Görevlisi) (2011-)

İletişim (e-posta) : mihribanozen@uludag.edu.tr