

T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

AZOT KAYNAKLARININ VE KONSANTRASYONLARININ *ULVA RIGIDA* (ULVOPHYCEAE) C. AGARDH'IN BÜYÜME VE ANTİOKSİDAN İÇERİKLERİNE ETKİSİ

Özge ÖZGÜR

Su Ürünleri Yetiştiricilik Anabilim Dalı

ÇANAKKALE

Not: Tez kapağı yüksek lisans tezlerinde "Turkuaz", doktora tezlerinde "Mavi" dir. (Tez basımı aşamasında bu sayfa basılmayacaktır. Tez dış kapak örneğidir)

T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

AZOT KAYNAKLARININ VE KONSANTRASYONLARININ *ULVA RIGIDA* (ULVOPHYCEAE) C. AGARDH'IN BÜYÜME VE ANTİOKSİDAN İÇERİKLERİNE ETKİSİ

Özge ÖZGÜR
Su Ürünleri Yetiştiricilik Anabilim Dalı
Tezin Sunulduğu Tarih: **18/01/2021**

Tez Danışmanı:

Doç. Dr. İlknur AK

ÇANAKKALE

Özge ÖZGÜR tarafından Doç. Dr. İlknur AK yönetiminde hazırlanan ve **18/01/2021** tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan "**Azot Kaynaklarının ve Konsantrasyonlarının *Ulva rigida* (Ulvophyceae) C. Agardh'ın Büyüme ve Antioksidan İçeriklerine Etkisi**" başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü **Su Ürünleri Yetiştiricilik Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

JÜRİ

Doç. Dr. İlknur AK ……
Başkan

Doç. Dr. Gülen TÜRKER ……
Üye

Dr. Öğr. Üyesi Edis KORU …….
Üye

Prof. Dr. Pelin KANTEN
Müdür
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Sıra No: …… *(Enstitü tarafından doldurulacak)*

Bu çalışma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimince Desteklenmiştir. Proje Numarası: FYL-2019-2898

İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Özge ÖZGÜR

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmamın gerçekleşmesinde bana danışmanlık ederek göstermiş olduğu büyük destek, sabır ve yardımlarından dolayı öncelikle değerli hocam Doç. Dr. İlknur AK'a, çalışmanın laboratuvar analizlerindeki kıymetli katkılarından dolayı Doç. Dr. Gülen TÜRKER'e çalışmam süresince manevi desteği için sevgili arkadaşım Halil Dinçer MARTİN'e, öğrenim hayatım boyunca her zaman yanımda olan değerli aileme teşekkürlerimi sunarım.

Özge ÖZGÜR

Çanakkale, Ocak 2021

SİMGELER VE KISALTMALAR

%	Yüzde oranı
g	Gram
mg	Miligram
µg	Mikrogram
l	Litre
cm	Santimetre
µmol	Mikromol
mM	Mikromolar
°C	Santigrad derece
CE	Kateşin eşdeğeri
GAE	Gallik asit eşdeğeri
BHT	Bütillenmiş hidroksitolüen
BHA	Bütillenmiş hidroksianisol
UV	Ultraviyole
ASM	Yapay deniz suyu ortamı
ROT	Reaktif oksijen türleri
NR	Nitrat redüktaz
NIR	Nitrit redüktaz
TAN	Toplam amonyum
FAO	Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
DPPH	1,1-Difenil-2-pikrilhidrazil radikali
IC_{50}	İnhibisyon değeri
$NaNO_3$	Sodyum nitrat
NH_4NO_3	Amonyum nitrat
ANOVA	Tek yönlü varyans analizi

ÖZET

AZOT KAYNAKLARININ VE KONSANTRASYONLARININ *ULVA RIGIDA* (ULVOPHYCEAE) C. AGARDH'IN BÜYÜME VE ANTİOKSİDAN İÇERİKLERİNE ETKİSİ

Özge ÖZGÜR
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Su Ürünleri Yetiştiricilik Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi
Danışman: Doç. Dr. İlknur AK
18/01/2021, 37

Ulva rigida (Chlorophyceae) pigmentler, polifenolik bileşikler, esansiyel yağ asitleri ve mineraller gibi anitoksidan bileşikler açısından zengin kozmopolit bir türdür. Bu makro algin günlük büyüme hızı ve antioksidan özellik gösteren bileşikleri ışık şiddeti, besin tuzları ve sıcaklık gibi çevresel faktörlere göre değişim göstermektedir. Bu çalışmada, azot çeşitlerinin ve konsantrasyonların *U. rigida*'nın büyüme hızı, serbest radikal giderim aktivitesi, toplam fenolik, flavonoid, kondanse tanen ve pigment içeriklerine olan etkileri araştırılmıştır. Çalışma sonucunda, algin yüksek hızı ve serbest radikal giderim aktivitesi için en etkili sodyum nitrat konsantrasyonu 3,53 mM gün^{-1} $NaNO_3$ olarak belirlenmiştir. En yüksek toplam flavonoid içeriği 4,94 mM gün^{-1} $NaNO_3$ uygulanan grupta saptanmıştır. Deneme gruplarının fenolik madde içerikleri 0,56±0,04 ile 2,35±0,08 μgGAE mg^{-1} ekstrakt arasında değişim göstermiştir. Kondanse tanen içeriğinin ise en yüksek değeri doğadan toplanan talluslarda bulunmuştur. Doğadan toplanan tallusların klorofil *a* içeriklerinin çok düşük olduğu belirlenirken, klorofil *c* içeriklerinin ise yüksek olduğu belirlenmiştir. Çalışma sonuçlarına bakıldığında kullanılan azot kaynağına ve miktarına göre algin büyüme hızı ve antioksidan içeriklerinin değişim gösterdiği tespit edilmiştir.

Anahtar sözcükler: *Ulva rigida*, yetiştiricilik, azot kaynakları, antioksidan, flavonoid

ABSTRACT

EFFECTS OF NITROGEN SOURCES AND CONCENTRATIONS ON GROWTH AND ANTIOXIDANT CONTENTS OF *ULVA RIGIDA* (ULVOPHYCEAE) C. AGARDH

Özge ÖZGÜR

Çanakkale Onsekiz Mart University

School of Graduate Studies

Master of Science Thesis in Aquaculture

Advisor: Assoc. Prof. Dr. İlknur AK

01/18/2021, 37

Ulva rigida (Chlorophyceae) is a cosmopolitan species which have antioxidant compounds like pigments, polyphenolic contents, essential fatty acids and minerals. The daily growth rate and antioxidant contents of this green macroalga influenced many factors such as light, nutrients, and temperature regimes. In this study, the effect of nitrogen sources and concentrations on the free radical scavenging activity, the total flavonoid, phenolic, condensed tannin contents, and pigment composition of *U. rigida* was investigated. At the end of the study, we found that the most effective nitrate concentration for growth and free radical scavenging activity was 3,53 mM day^{-1} $NaNO_3$. The maximum total flavonoid content was found in the 4,94 mM day^{-1} $NaNO_3$ group. The phenolic content of the experimental groups varied between 0,56 ± 0,04 and 2,35 ± 0,08 µgGAE mg^{-1} extract. The highest content of condensed tannins was found in natural stocks. Also, we found that chlorophyll *a* content of the wild stocks was extremely low, while the chlorophyll *c* content was high. According to the study results, the growth rate and antioxidant contents of algae changed according to the nitrogen source and amount used.

Keywords: *Ulva rigida*, culture, nitrogen sources, antioxidant, flavonoid

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

TEZ SINAVI SONUÇ FORMU ii
İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI iii
TEŞEKKÜR iv
SİMGELER VE KISALTMALAR v
ÖZET vi
ABSTRACT vii
ŞEKİLLER DİZİNİ x
TABLOLAR DİZİNİ xi
BÖLÜM 1
GİRİŞ 1
BÖLÜM 2
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 3
2.1. *Ulva rigida*'nın Genel Özellikleri 3
2.2. Azot kaynaklarının *Ulva* türleri üzerine etkisi 4
2.3. Alglerin antioksidan içerikleri ve etkileyen faktörler 7
2.4. Alglerin pigment içerikleri ve etkileyen faktörler 9
BÖLÜM 3
MATERYAL VE YÖNTEM 12
3.1. Materyal 12
3.2. Deneme gruplarının oluşturulması 13
3.3. Su kalitesi 14
3.4. Günlük büyüme hızı 14
3.5. DPPH serbest radikali giderim aktivitesi 15
3.6. Toplam fenolik içeriğinin belirlenmesi 15
3.7. Toplam flavonoid içeriğinin belirlenmesi 15
3.8. Toplam kondanse tanin içeriğinin belirlenmesi 16
3.9. Pigment içeriklerinin belirlenmesi 16
3.10. İstatistiksel analizler 16
BÖLÜM 4
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA 17
4.1. Deneme gruplarının sıcaklık ve pH değerlerinde meydana gelen değişimler 17
4.2. Günlük büyüme hızı ve biyomas verimleri 17
4.3. DPPH Serbest radikal giderim aktivitesi 19

4.4. Toplam flavonoid madde içerikleri 20
4.5. Toplam fenolik madde içerikleri 21
4.6. Toplam kondanse tanin içerikleri 22
4.7. Pigment içerikleri 23
4.8. Serbest radikal giderim aktivitesi ile diğer değişkenler arasındaki ilişki 23
BÖLÜM 5
SONUÇ VE ÖNERİLER 26
KAYNAKLAR 28
ÖZGEÇMİŞ I

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1. *Ulva rigida*'nın genel görünümü. 3
Şekil 2. *Ulva* türlerinin hayat devri 4
Şekil 3. Bitki hücrelerinde nitrat özümleme tepkimeleri. 6
Şekil 4. Yetiştiricilik çalışmalarında kullanılan alg talluslarının toplandığı bölge 12
Şekil 5. Kültür dolabında deneme gruplarının genel görünümü 13

TABLOLAR DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1. Yapay deniz suyu ortamının bileşenleri. 14
Tablo 2. Deneme gruplarında kullanılan azot miktarları 15
Tablo 3. Grupların ortalama sıcaklık (°C) değerleri 17
Tablo 4. Grupların ortalama pH değerleri 17
Tablo 5. Deneme gruplarının ortalama büyüme hızları ve biyomas verimlerinde meydana gelen değişimler 18
Tablo 6. Deneme gruplarının serbest radikal giderim aktivitelerinin inhibisyon yüzdeleri ve IC_{50} inhibisyon değerleri 20
Tablo 7. Deneme gruplarının toplam flavonoid, toplam fenolik ve kondanse tanin miktarları 22
Tablo 8. Deneme sonunda hasat edilen tallusların klorofil *a*, klorofil *b*, klorofil *c* ve toplam karoten içerikleri 24
Tablo 9. Değişkenlere ait Pearson korelasyon analizi sonuçları 25

BÖLÜM 1
GİRİŞ

Makroalgler, birçok canlı için beslenme, barınma ve üreme alanlarını oluşturmaları nedeniyle deniz ekosistemlerinin önemli elementlerinden biridir. Ayrıca yaklaşık 14 bin yıldan beri insan gıdası olarak da tüketilmektedir (Phyconomy, 2020, 15 Kasım). Makroalgler aminoasit, yağ asidi, mineral maddeler, polisakkaritler, polifenolik maddeler ve vitaminler bakımından zengin olmaları nedeniyle başta gıda, tarım, ilaç, kozmetik olmak üzere birçok alanda kullanılmaktadır (Ak ve Türker, 2019). Dünya genelinde yaklaşık 291 makro alg türünün ekstansif ve entansif sistemlerde yetiştiriciliği yapılmaktadır (FAO, 2020). Makro alglere olan talebin son yüzyılda artış göstermesiyle birlikte bu canlıların hasat oranı artmış ve ekosistemleri büyük ölçüde zarar görmüştür. Bu nedenle bazı ülkelerde hasat edilen ürünlere yıllık kota koyulmuştur, bazı ülkelerde ise talebi karşılamak amacıyla yetiştiricilik çalışmaları hız kazanmıştır. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütünün (FAO) 2018 yılı verilerine göre küresel makro alg üretiminin %97,80 yetiştiricilik yoluyla ele edilmektedir (FAO, 2020). Yetiştiricilik yoluyla üretimin pazar büyüklüğü 13 milyar Amerikan dolarının üzerindedir. Ekonomi analistlerinin tahminlerine göre yetiştiricilik yoluyla makro alg üretiminin 2025 yılında %227 artarak 30 milyar dolara ulaşacağı öngörülmektedir (Yahoo Finance, 2020, 15 Kasım).

Aljinat, agar-agar ve karragen gibi ekonomik değeri yüksek polisakkaritleri içermeleri nedeniyle yetiştirilen alglerin büyük çoğunluğunu kırmızı ve esmer alg türleri oluşturmasına karşın üretim miktarı düşük olan yeşil algler özellikle insan gıdası olarak tüketilmektedir (Ak ve Türker, 2019). Küresel ölçekte makro alg üretimi ve değerlendirilmesine yönelik 277 adet firmanın 44 tanesi yeşil makro algler üzerine hizmet vermektedir. Bu firmaların 40 tanesi ise deniz marulu olarak da bilinen *Ulva* türleri üretimini ve/veya işlemesini gerçekleştirmektedir (Phyconomy, 2020, 15 Kasım). *Ulva* türleri hücre koruyucu ve tedavi edici etkilere sahip bazı antioksidan özellik gösteren bileşikleri içermesi nedeniyle özellikle Japonya, Güney Kore ve Çin gibi ülkelerde besin olarak tüketilmektedir. Bu nedenle, dünya genelinde toplanan yeşil alg türlerinin %25'ini *Ulva* cinsine ait türler oluşturmaktadır (Ak ve Türker, 2019).

Son yıllarda bilim insanları makro algal antioksidanlar ve bunların kullanım alanlarına yönelik çalışmalara yönelmişlerdir (Ak ve Türker, 2019; Kelman ve diğerleri, 2012; Luo, Wang, Yu, Qu ve Su, 2010; Plaza ve diğerleri, 2010). Bu çalışmalarda farklı tipte antioksidanlar, antimikrobiyal ve antienflamatuar maddelerin makro alg özleri ve

fraksiyonlarından izolasyonuna odaklanılmıştır (Plaza ve diğerleri, 2010). Ancak makro alglerden elde edilen bu kıymetli bileşikler algin yetiştiği çevresel parametrelerdeki değişimlere ve algin hayat devrine bağlı olarak değişim göstermektedir. Ekstrakte edilen ürünün veriminin ve kalitesinin arttırılması, tuzluluk, ışık, sıcaklık gibi çevresel faktörlerin algin büyüme ve biyokimyasal kompozisyonu üzerine etkisinin ortaya çıkarılmasıyla mümkün olacaktır.

Doğadan toplanan makro alglerin antioksidan özelliklerinin belirlenmesine yönelik yapılan çalışma sayısı oldukça fazla olmasına karşın algin antioksidan içeriğine çevresel koşulların etkisinin belirlenmesine yönelik çalışmalar oldukça azdır (Kang, Huang, Lim, Hsu ve Hwang, 2020; Toth ve diğerleri, 2020; Vega, Álvarez-Gómez, Güenaga, Figueroa ve Gómez-Pinchetti, 2020). Bu çalışma ile insan gıdası olarak da tüketilen *Ulva rigida*'nın; büyüme hızı, biyomas verimi, pigment içerikleri (klorofil *a*, klorofil *b*, toplam klorofil ve karoten) ve antioksidan özellikleri (toplam flavonoid ve fenolik içeriği, kondense tanin içeriği ve DPPH serbest radikal temizleme aktivitesi) üzerine farklı azot kaynakları ($NaNO_3$ ve NH_4NO_3) ve konsantrasyonlarının etkisi araştırılmıştır. Buna bağlı olarak üretimi yapılan türün faklı ortam koşullarına adaptasyonu ortaya çıkarılarak gıda, kozmetik gibi alanlarda kullanılmak için en verimli yetiştiricilik koşullarının belirlenmesi mümkün olacaktır. Elde edilen sonuçlar ile bu yeşil makro algin ticari amaçlı üretimi için temel kaynak teşkil edeceği düşünülmektedir.

BÖLÜM 2
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. *Ulva rigida*'nın Genel Özellikleri

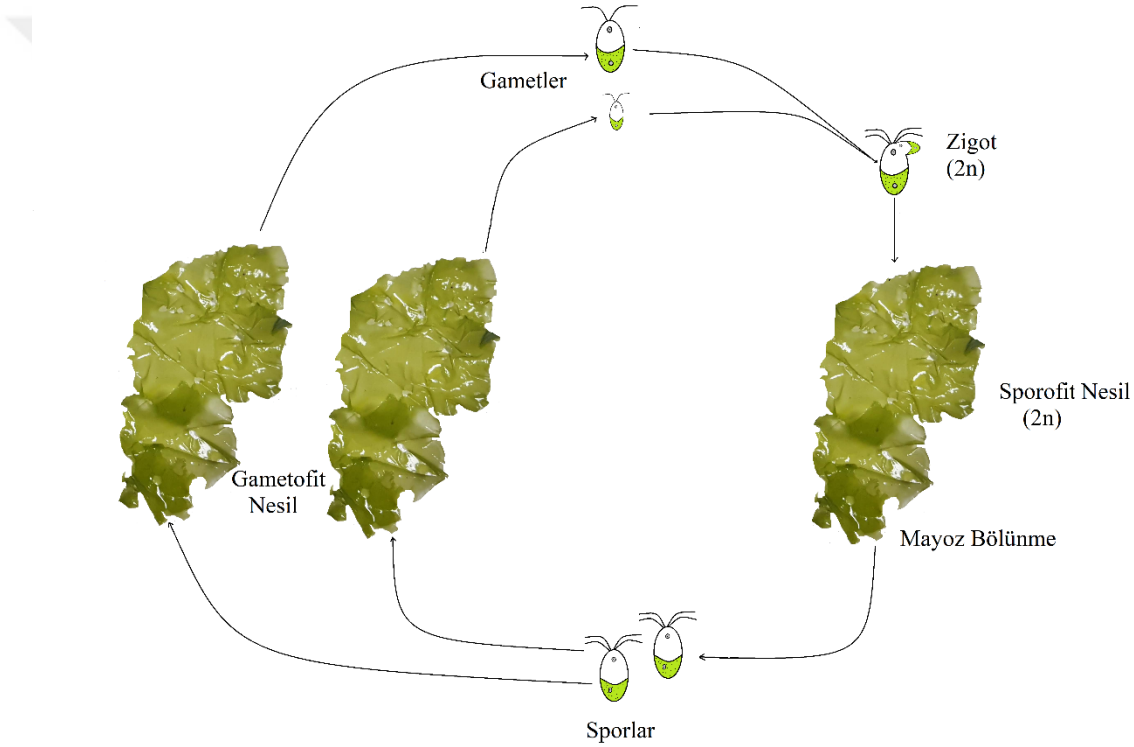
Ulvophyceae sınıfı ve Ulvales takımı içerisinde yer alan *Ulva rigida* (Şekil 1) su hareketlerinin gel-git, hava basıncı ve rüzgâr gibi olaylarla etkilendiği mediolittoral zonda dağılım göstermektedir (Cirik ve Cirik, 2011). Deniz kıyısında oluşturdukları görüntü nedeniyle likenler veya kırsal bitkiler ile de karıştırılmaktadır. Işık, sıcaklık ve tuzluluk miktarında meydana gelen değişimlere kolaylıkla uyum sağlayabilmektedirler (Ak ve diğerleri, 2016). Tallusun enine kesitinde iki sıra hücre birbirine adeta yapışık durumdadır. *Ulva* türlerinin hücre çeperleri önemli ve nadir bulunan glukuronik asit, glukoz, arabinoz ve ramnoz gibi polisakkaritleri içermektedir (Abdel-Fattah ve Edrees, 1972). Deniz marulu olarak isimlendirilen bu alg türünün tallusu sap şeklinde kısa bir ayakla zemine tutunmuş şekildedir (Cirik ve Cirik, 2011). Tallusların büyüklükleri 25 – 30 cm'dir arasında değişim gösterir ancak ötrof ve sakin sularda tallus 50 cm'ye ulaşır (Ak ve diğerleri, 2016).



Şekil 1. *Ulva rigida*'nın genel görünümü (orijinal).

Eşeyli ve eşeysiz üreme görülmektedir. Eşeysiz üreme zoosporlarla olur. Eşeyli üreme ise izogami iledir. Haplo-diplofazik Digenetik hayat devri görülmektedir. Gametofit nesil eş kamçı uzunluğuna sahip gametleri oluştururlar. Gametler birleşerek diploid zigotu

meydana getirir. Daha sonra zigot kamçısını kaybederek çimlenir ve diploid sporofit nesli meydana getirir. Gametofite benzer bir tallus oluşturan sporofit nesil Mayoz bölünme geçirerek haploid sporları oluşturur. Haploid sporlar ise çimlenerek gametofit nesli meydana getirir (Cirik ve Cirik, 2011). Ticari olarak "Aonori" veya "Yeşil laver" olarak isimlendirilen *Ulva* sp. ve *Enteromorpha* sp. türleri özellikle Japonya, Kore ve Tayvan gibi Uzakdoğu ülkelerinde taze, kurutulmuş ve konserve şeklinde tüketilmektedir (Ünver Alçay, Bostan, Dinçel ve Varlık, 2017). *Ulva* türleri iyi bir A, B_2, B_{12} ve C vitamini kaynağıdır. Ayrıca α-tocopherol bakımından zengindir. *Ulva* özütlerinin antioksidan, anti-mikrobiyal ve anti-viral etkilerinin olduğu birçok çalışmada bildirilmiştir (Ak ve Türker, 2019; Ivanova ve diğerleri, 1994; Ortiz ve diğerleri, 2006).



Şekil 2. *Ulva* türlerinin hayat devri (orjinal).

2.2. Azot kaynaklarının *Ulva* türleri üzerine etkisi

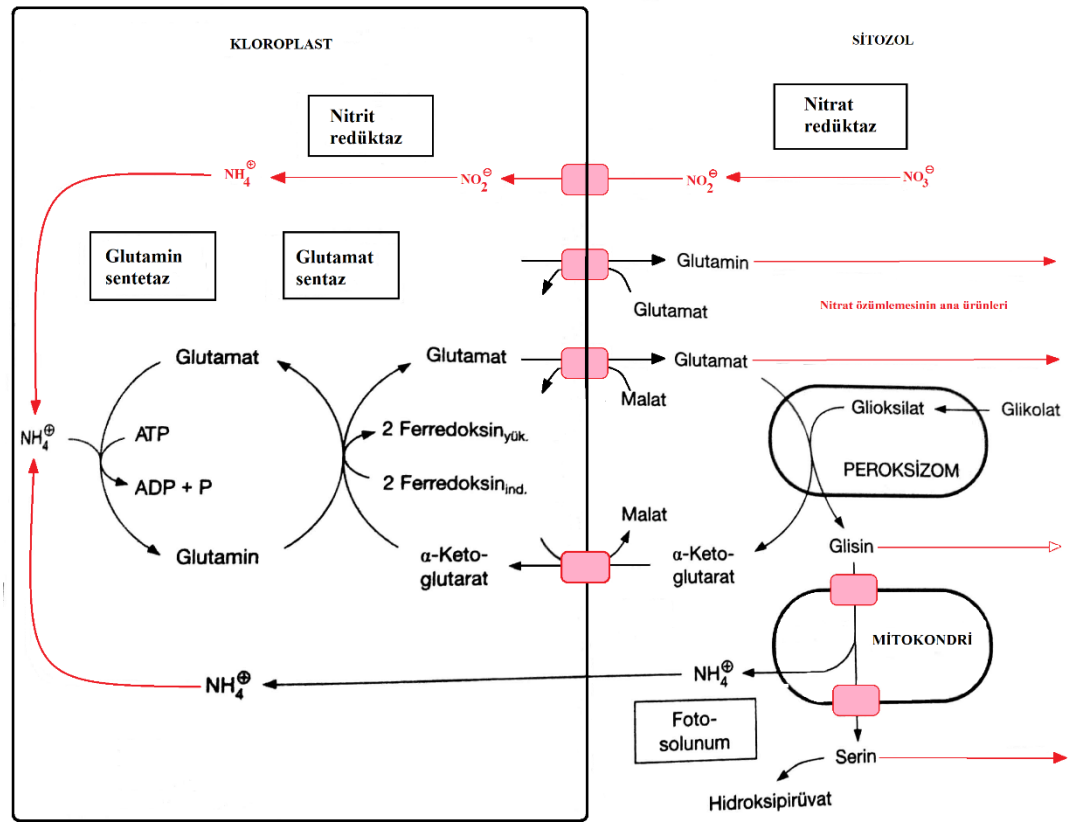
Makro algler okyanus yüzeyinde %1'den daha az alan kaplamalarına karşın toplam birincil üretimin %10'nunu oluştururlar (Smith, 1981). Bu organizmalar azot ve fosfat bileşiklerini kullanarak fotosentez yaparlar ve bu nedenle ötrofikasyon ile mücadelede biyolojik filtre olarak kullanılabileceği de Lavania, Azman, Mohd Said, Ahmad ve Mohamad (2014) tarafından saptanmıştır. Birçok çalışma makro alglerin biyokimyasal içeriklerinin besin tuzu kompozisyonlarına göre değişim gösterdiğini bildirmiştir (Figueroa

ve diğ., 2014; Floreto, Hirata, Ando ve Yamasaki, 1993; Gómez Pinchetti, del Campo Fernández, Moreno Díez ve Reina, 1998; Kang ve Chung, 2018; Ramlov ve diğerleri, 2011; Toth ve diğerleri, 2020). Makro algler azot kaynağı olarak hem nitrat bileşiklerini hem de amonyum bileşiklerinden faydalanabilmektedir (Copertino, Tormena ve Seeliger, 2009). Ancak ortamda bulunan nitrat bileşiklerini önce nitrite sonra da amonyuma indirgeyerek kullanmaktadır (Lobban ve Harrison, 1994). Toplam amonyum (TAN) ve nitratın asimilasyonu alglerde farklı şekillerde gerçekleşmektedir. Amonyum düşük veya yüksek afiniteli taşıyıcılar tarafından hücre içerisine geçerken iyonize olmamış amonyak ise yüksek pH'da sitoplazmik zardan hücre içerisine difüze olur (Glibert ve diğerleri, 2016). Sitoplazmaya girdikten sonra algler, toplam amonyağı glutamin sentetaz- glutamin: 2 oksoglutarat amidotransferaz (GS-GOGAT) yoluyla doğrudan amino asitleri sentezler (López-Figueroa ve Rüdiger, 1991). Toplam amonyağa kıyasla nitrat asimilasyonu daha yavaştır. Aktif taşıma ile hücre içerisine giren nitrat, nitrat redüktaz (NR) ve nitrit redüktaz (NIR) enzimleri ile önce nitrite daha sonra ise amonyuma indirgenir. Bu nedenle aktif taşıma zorunlu olduğu için yüksek enerji girdisi gerektirir (Taylor, Barr, Grant ve Rees, 2006). Nitrat nitrite indirgenmesi genellikle elektron vericisi olarak iki ferrodoksin kullanan NR enzimi tarafından katalize edilirken, nitritten amonyuma indirgeme nitrit tarafından nitrat alım hızıyla katalize edilmektedir (Lara, Romero ve Guerrero, 1987). Bu nedenle, düşük toplam amonyum seviyeleri bile NRı inaktive ederek algler tarafından nitrat alımını engellemektedir. Amino asit sentezi için azotun yanı sıra karbon iskeletlerine de ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle azot alım hızı ile karbon metabolizması birbirine bağlıdır ve bu da çeşitli birleşim ve dönüşüm yollarında fosfora bağlıdır (Turpin, Elrifi, Birch, Weger, ve Holmes, 1988). Ancak, alg hücresine amonyum bileşikleri enerji harcamadan geçiş yapar (Naldi ve Wheeler, 2002; Williams, Percival, Merino ve Mooney, 1987). Makro alglerin inorganik azot ihtiyaçları ve kullanım şekilleri türlere göre farklılıklar göstermektedir (Lobban ve Harrison, 1994). Makro alglerin amonyum ve nitrat bileşiklerinin kullanma mekanizmaları ile ilgili çalışmalar bulunmaktadır (Ale, Mikkelsen ve Meyer, 2011; Naldi ve Wheeler, 2002; Reidenbach ve diğerleri, 2017; Thomas ve Harrison, 1987; Vandermeulen ve Gordin, 1990; Xu ve Gao, 2012).

Birçok çalışmada amonyumun uygun konsantrasyon aralığında ise algin büyüme hızını arttırır fakat yüksek konsantrasyonları algler için ölümcül olabilmektedir (Gerendás, Zhu, Bendixen, Ratcliffe ve Sattelmacher, 1997; Kang ve Chung, 2018; Kang, Kambey, Shen, Yang ve Chung, 2017; Reidenbach ve diğerleri, 2017). Amonyum toleransı makro alg sınıflarına göre farklılık göstermektedir. Collos ve Harrison (2014) altı makro alg türü

arasından yeşil algler sınıfındaki türlerin diğer alg sınıflarına göre amonyuma toleransının daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

U. rigida'nın spesifik büyüme hızı ortamdaki çözünmüş inorganik azot miktarı ile ilişkili olduğu Viaroli, Naldi, Bondavalli ve Bencivelli, (1996) tarafından bildirmiştir. Zou, Gao ve Ruan (2001) 100 µmol/l NH_4^+ konsantrasyonunda yetiştirilen *Ulva lactuca* talluslarının büyüme hızlarının diğer deneme gruplarına göre daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Ortamdaki amonyum konsantrasyonu arttıkça *U. lactuca*'nın günlük büyüme hızının azaldığını saptanmışlardır. Benzer sonuçlar Shengqi ve diğerleri (2012) tarafından *Egeria densa* için bildirilmiştir. Reidenbach ve diğerleri (2017) 38,0±18,6 µmol l^{-1} NH_4^+ kullanılarak yetiştirilen *Ulva australis*'in 0,4±0,3 µmol l^{-1} NH_4^+ uygulanan gruba göre iki kat daha fazla büyüme hızına sahip olduğunu bulmuştur.



Şekil 3. Bitki hücrelerinde nitrat özümleme tepkimeleri. Fotorespirasyon yolunda oluşan NH_4^+ siyah, nitrat özümlemesi ile oluşan NH_4^+ kırmızı ile renklendirilmiştir (Heldt ve Piechulla, 2014).

Ancak, Ale, Mikkelsen, Meyer (2011) *U. lactuca* yetiştiriciliğinde azot kaynağı olarak amonyumun kullanıldığı grupların büyüme hızlarının, nitratın azot kaynağı olarak kullanıldığı gruplara oranla daha yüksek olduğunu ve *U. lactuca*'nın azot türevlerini kullanmada seçicilik gösterdiğini saptamışlardır.

Shahar ve diğerleri (2020) *Ulva* yetiştiriciliğinde azot kaynağı olarak amonyak kullandığı çalışmasında algin amonyağı hızlı şekilde aldığını, aynı zamanda ortofosfat alım hızı ve C: N oranın nitrat kullanılan deneme gruplarından daha yüksek olduğunu bulmuşlardır. Ayrıca, *Ulva*'nın amonyak ilave edilen besin ortamından nitrat ilave edilen besin ortamına aktarılmasıyla birlikte tallusların karbonhidrat içeriklerinde de artış meydana gelmiştir. Kültür ortamında azot kaynağı olarak sadece nitratın kullanıldığı kültürlerin hem yağ hem de fosfor içeriğinin diğer gruplara göre daha yüksek olduğunu saptamışlardır. Amonyakça zengin deniz suyundan nitrat bakımından zengin deniz suyuna aktarılan tallusların ise nitrat alımına hemen başladığı belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, amonyak kullanılan grupların protein içerikleri yüksek iken nitrat kullanımında tallusların karbohidrat içeriğinin daha fazla olduğu belirlenmiştir.

Alglerin mevsimsel büyüme döngüsünde azot algin tek yıllık ya da çok yıllık olmasıyla yakından ilişkilidir. Çok yıllık türlerde, ortamda bulunan azot miktarı mevsimsel döngüde önemli bir rol oynasa da büyümenin başlamasını kontrol etmez (Altamirano, Flores-Moya, Conde ve Figueroa, 2000). Ancak, Sucul ortamdaki azot miktarı, tek yıllık *Ulva* türlerinin büyümesi için en sınırlayıcı faktördür. Ramus ve Venable (1987) tek yıllık *U. olivascens*'i fırsatçı bir tür olarak tanımlamış ve mevcut olduğunda ortamdaki azotu kullanarak hızla biyokütleye dönüştürdüğünü bildirmiştir.

2.3. Alglerin antioksidan içerikleri ve etkileyen faktörler

Reaktif oksijen türleri (ROT) veya diğer serbest radikaller, normal fizyolojik süreçlerle sürekli olarak üretilir (Raja, Hemaiswarya, Arunkumar ve Carvalho, 2016). Radyasyon, kirleticiler, organik çözücüler, böcek ilaçları gibi farklı etkiler nedeniyle organizmalardaki reaktif türlerin seviyeleri çarpıcı bir şekilde artabilir ve proteinler, lipitler, amino asitler ve DNA gibi tüm hücresel bileşenlerde geri dönüşü olmayan oksidatif hasara neden olabilirler (Karawita ve diğerleri, 2005; Vasconcelos ve diğerleri, 2019). Oksidatif hasarlar yaşlanmaya ve diyabet, artrit, ateroskleroz ve kanser gibi diğer birçok hastalığa neden olur (Zhang ve diğ., 2017). ROT, lipidler, proteinler, şekerler ve vitaminlerle reaksiyona girer ve işlevlerini değiştirir (Choe ve Min, 2005). Ek olarak, ROT, oksidatif bozulmayı şiddetlendirebilir ve gıdaların raf ömrünü kısaltabilir (Choe, 2017; Cox, Abu-Ghannam ve Gupta, 2010). Antioksidanlar oksidatif stresi geciktirir ve serbest radikalleri nötralize eder (Sindhi ve diğerleri, 2013). Sentetik antioksidan formların kullanımını azaltmak için yeni doğal antioksidan kaynaklarına olan ilgi son yıllarda artmıştır (Cox, Abu-Ghannam ve Gupta, 2010). Genellikle bütillenmiş hidroksianisol

(BHA) veya bütillenmiş hidroksitoluen (BHT) gibi kimyasallar sentetik antioksidan olarak kullanılmaktadır. Ancak, doğal antioksidanlara olan talepler gün geçtikçe artış göstermektedir (Vasconcelos ve diğerleri, 2019). Bitkisel kaynaklı antioksidanlar ayrıca oksidatif bozulmanın boyutunu geciktirebilir veya hafifletebilir ve gıdaların raf ömrünü uzatabilir (Choe, 2017; Cox, Abu-Ghannam ve Gupta, 2010). Ticari olarak temin edilebilen doğal antioksidanlar çoğunlukla karasal bitkilerden elde edilir (Goiris ve diğerleri, 2012). Bununla birlikte, birçok araştırmada mikro ve makro algin insan vücudunu serbest radikallerden ve diğer güçlü oksitleyici ajanlardan koruyabilen doğal antioksidanlar olduğu belirlenmiştir (Ak ve Türker, 2019; Cox, Abu-Ghannam ve Gupta, 2010; Dykens, Shick, Benoit, Buettner ve Winston, 1992; Goiris ve diğerleri, 2012; Collins, Fitzgerald, Stanton ve Ross, 2016; Kumar ve diğerleri, 2019; Meenakshi, Manicka Gnanambigai, Tamil, Arumugam ve Balasubramanian, 2009). Alglerin içerdiği polifenoller (fenoller, flavonoidler, taninler) ve pigmentler (yani fukoksantin karoten, klorofil) gibi ikincil metabolitleri bu konuda fırsatlar sunmaktadır (Duan, Zhang, Li ve Wang, 2006; Jerez-Martel ve diğerleri, 2017; Luo, Wang, Yu, Qu ve Su, 2010). Son zamanlarda araştırmacılar, deniz yosunlarında yeni ve etkili antioksidan antienflamatuar ve antikanser bileşikleri bulmaya odaklanmışlardır (Ak ve Türker, 2019; Cox, Abu-Ghannam ve Gupta, 2010; Duan, Zhang, Li ve Whang, 2006; Jerez-Martel ve diğerleri, 2017). Bu metabolitlerin alglerden özütlenmesi ile yüksek katma değerli ürünlerin oluşturulmasını hedefleyen yeni çalışmaların sayısını da arttıracaktır (Raja, Hemaiswarya, Arunkumar ve Carvalho, 2016). Ak ve Türker, (2019) Çanakkale Boğazından toplanan *Ulva rigida*'nın serbest radikal giderim aktivitesinin 3,76±0,02 mg g^{-1} ekstrakt ve DPPH serbest radikal giderim aktivitesinin % inhibisyon değerini ise %41,40±0,05 olarak saptamışlardır.

Fenolik veya polifenol bileşikler kimyasal olarak, sahip olduğu aromatik halkada çeşitli fonksiyonel gruplara ilaveten hidroksil grubu taşıyan bileşikler olarak tanımlanırlar. Flavonoid ve tanin grupları gibi fenolik bileşikler, alglerin antioksidan kapasitelerini yükselten en önemli metabolitler olarak kabul edilmektedir (Duan, Zhang, Li ve Wang, 2006; Rodrigo ve Bosco, 2006). Bu bileşikler arasında fenolikler alglerde baskındır ve en güçlü antioksidan kaynaklardan biridir (Cox, Abu-Ghannam ve Gupta, 2010).

Fenolik bileşikler veya polifenoller, doğal antioksidanların en önemli sınıflarından biri olarak kabul edilir (Duan, Zhang, Li ve Whang, 2006). Ayrıca fenolik bileşikler; fenolik asitler, flavonoidler, izoflavonoidler, stilbenler, lignanlar ve fenolik polimerler (kondanse taninler ve hidrolize edilebilir taninler) gibi birkaç sınıfa ayrılabilirler (Manach, Scalbert, Morand, Rémésy ve Jiménez, 2004). Birçok çalışma, alglerdeki fenolik

bileşiklerin en etkili antioksidanlardan biri olduğunu göstermiştir (Cox, Abu-Ghannam ve Gupta, 2010; Duan, Zhang, Li ve Wang, 2006; Goiris ve diğerleri, 2012). Polifenoller, reaktif oksijen türleri (ROT) olarak davranabilirler ve metal iyonlarını şelatlayarak lipid oksidasyonunu önleyebilirler (Rodrigo ve Bosco, 2006). McCauley, Winberg, Meyer ve Skropeta (2018) yüksek azot konsantrasyonunda yetiştirilen *Ulva* sp. talluslarının toplam fenolik içeriklerinin de yüksek olduğunu bildirmiştir.

Flavonoidler deniz yosunlarının savunma sistemlerinde önemli bir rol oynarlar ve en büyük polifenolik bileşik grubudur (Goiris ve diğerleri, 2012). Flavonoidler indirgeyici ajanlar, hidrojen vericiler ve tekli oksijen söndürücüler olarak hareket etmelerine izin veren yüksek redoks potansiyeline sahip olmaları nedeniyle çok önemli antioksidanlardır (Phang, Yeong, Lim, Nor ve Tee Gan, 2010). Metal iyonlarını şelatlayarak etki ederler ve stresli ortam koşullarında antioksidan endojen sistemine destek verirler (Rodrigo ve Bosco, 2006). Ayrıca, lipoksijenazı inhibe ederek antioksidan özellik gösterirler (Goiris ve diğerleri, 2012). Yüksek ışık şiddeti veya ultraviyole (UV) radyasyonu ve kirleticiler gibi stresli çevre koşullarına karşı bitki savunma mekanizmalarında önemlidirler (Zubek, Mielcarek ve Turnau, 2012). Alglerin flavonoid içeriklerindeki değişiklikler, alg sınıflarına ve çevresel koşullara bağlı olabilir. Farasat, Khavari-Nejad, Nabavi ve Namjooyan (2014), aynı bölgeden farklı mevsimlerde toplanan alglerin flavonoid içeriklerinin de farklılık gösterdiklerini bildirmiştir.

Taninler ikincil bitki metabolitleridir ve kara ve deniz bitkileri arasında yaygındır (Zubek, Mielcarek ve Turnau, 2012). Taninler, kodanse ve hidrolizlenebilen taninler olmak üzere sınıflandırılırlar (Heldt ve Piechulla, 2014). Kondanse taninler flavonoid polimerleridirler ve deniz yosunlarından yüksek bitkilere kadar bitkilerde yaygın olarak bulunmaktadır (Zubek, Mielcarek ve Turnau, 2012). Hidrolizlenebilen taninler gallik asitleri içerirler (Heldt ve Piechulla, 2014). UV radyasyonunu absorbe ederek hücre içi ışık koruyucu görevi görürler (Zubek, Mielcarek ve Turnau, 2012). Ayrıca, taninler bitkileri mikroorganizmaların saldırılarına karşı da korurlar (Heldt ve Piechulla, 2014). Cox, Abu-Ghannam ve Gupta (2010) yeşil alglerin tanin içeriklerinin kahverengi ve kırmızı alglere göre daha düşük miktarlarda bulunduğunu bildirmişlerdir.

2.4. Alglerin pigment içerikleri ve etkileyen faktörler

Alglerde klorofiller, karotenler ve fikobiliproteinler fotosentezde aktif olarak rol oynarlar (Heldt ve Piechulla, 2015; Lobban ve Harrison, 1994). Tilakoit zarlarda ışığı soğuran en önemli pigmentler klorofillerdir (Nelson ve Cox, 2013). Klorofilin temel yapısı dört pirolden oluşan bir halka tetrapirol'dür ve porfirin olarak da isimlendirilir. Mg^{2+}

merkezi atom olarak halkanın ortasında yer alır (Heldt ve Piechulla, 2015). Mg^{2+} çevresini saran hetero halkalı beş üyeli halka sistemi bir tek, bir çift bağ şeklinde geniş bir polien yapısına sahiptir. Bu tip polienlere özgü olarak, spektrumun görünür bölgesinde güçlü soğurum yaparlar. Klorofillerin molar sönümleme katsayıları çok yüksektir. Bu nedenle, görünür ışığın soğurumu için çok uygundur (Nelson ve Cox, 2013). Klorofil *a* (chl *a*) reaksiyon merkezinde gereklidir ve tüm alglerde bulunur. Daima proteinlere bağlı olarak bulunan klorofillerin Chl *a*, klorofil *b* (chl *b*), klorofil *c* (chl *c*) ve klorofil *d* (chl *d*) gibi farklı türleri bulunur (Lobban ve Harrison, 1994). Chl *b*, yeşil alglerde, chl *c* esmer algler ve chl *d* ise kırmızı alglerde chl *a*'dan sonra baskın olan klorofil türevleridir. Chl *a* ve *b*'nin her biri, chl *c* (c_1 ve c_2) 'de bulunmayan uzun bir yağ asidi kuyruğuna ($C_2OH_{39}COO$—) sahiptir. Chl *c*, chl *a* ve *b*'ye göre mavi ışığı daha güçlü ve kırmızı ışığı daha az absorbe eder. Chl *d* bazı kırmızı alglerde rapor edilmiştir, ancak muhtemelen fotosentezde hiçbir işlevi yoktur (Rowan, 1989).

Gómez Pinchetti, del Campo Fernández, Moreno Díez ve Reina (1998) *U. rigida*'yı önce azotla zenginleştirilmiş (günlük NH_4^+ ve NO_3^- , NO_2^- konsantrasyonları sırasıyla 0,5-1,7 ve 0,06-0,15 mg l^{-1}) deniz suyunda yetiştirmiş ve daha sonra azot içermeyen deniz suyu ortamına aktarmıştır. Deneme gruplarının pigment içeriklerinde meydana gelen değişimleri incelemişlerdir. Azot içeren ortamda yetiştirilen grupların deneme sonunda klorofil *a* ve klorofil *b* içeriklerinin başlangıca oranla artış gösterdiğini saptarlarken azot içermeyen grupların pigment içeriklerinde ise azalmaların meydana geldiğini bulmuşlardır.

Altamirano, Flores-Moya, Conde ve Figueroa (2000) *Ulva olivascens*'in nispi büyüme hızı, fotosentetik pigment içeriği ve dahili karbon ve nitrojen seviyelerini mevsimsel olarak iki yıl süresince incelemişlerdir. Algin büyüme hızının ilkbahar ve yaz başında yaz ortasına göre yüksek olmasına karşın klorofil *a*, klorofil *b* ve karoten içeriklerinin %70-80 oranında azaldığını saptamışlardır.

Vega, Álvarez-Gómez, Güenaga, Figueroa ve Gómez-Pinchetti (2020) entegre kültür sistemlerinde çipura ve *U. rigida*'nın yetiştiriciliğini gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada yeşil algin klorofil *a*, kloroil *b* ve karoten içeriğinde meydana gelen değişimleri incelemişlerdir. Denemeler sonucunda *U. rigida*'nın klorofil *a* içeriğini en yüksek 11,8 mg/g kuru ağırlık olarak saptanmıştır. Klorofil *b* ve toplam karoten içeriğinin artış gösterdiği çalışma sonucunda belirlenmiştir.

Deniz yosunları çok çeşitli karotenlere sahiptir, bunlardan en az üçü fotosentezde aktif olarak rol oynar (Lobban ve Harrison, 1994). Karotenler C_{40} tetraterpenlerdir; karotenler hidrokarbonlardır ve ksantofiller bir veya daha fazla oksijen molekülü içerir.

Çoğu yeşil algde, karotenler (beta karoten ve belki lutein) fotosentezde rol oynar, ancak baskın anten pigmentleri değildir. Esmer alglerde bulunan fukoksantin, bazı sifonlu yeşil algler ile *Ulva japonica* ve *U. olivascens* gibi derin sularda dağılım gösteren yeşil alglerde sifonoksantin fotosentezde aktif olarak rol oynamaktadır (Lobban ve Harrison, 1994).

Plaza ve diğerlerine (2010) göre pigmentler hücre iletişimine ve insan sağlığının korunmasına yardımcı olur. Ayrıca algal karotenler, insan beslenmesinde rol oynarlar, provitamin A sağlarlar ve yaşa bağlı maküler dejenerasyonu ve serebrovasküler hastalıkları önleyebilirler ve ROT ile ilgili insan hastalıklarına karşı antioksidan özellik gösterirler (Akoh, 2017; Balboa, Conde, Moure, Falqué ve Domínguez, 2013; Collins, Fitzgerald, Stanton ve Ross, 2016).

Ji ve diğerleri (2019) *U. lactuca*'nın pigment kompozisyonunun ortamdaki amonyum konsantrasyonu arttıkça katyon alımının azalması ve bu nedenle klorofil a içeriğinin kontrol grubuna göre %23,1 daha az olduğunu bildirmişlerdir. Çünkü pigment sentezinde potasyum, kalsiyum ve magnezyum gibi önemli katyonların alımının azalmasına bağlı olarak pigment içeriğinin de azaldığını bildirmişlerdir. Makro alglerin karoten pigmentleri, özellikle Beta karoten pigmenti de antioksidan özellik göstermektedir (Plaza ve diğerleri, 2010).

Fotosentetik pigmentlerin içeriği, besinler veya ışık gibi çevresel koşullardan da etkilenir (Figueroa ve diğerleri, 2009). Düşük ışık ve balık atıklarındaki azot kullanılarak yetiştirilen *U. rigida*'nın klorofil a ve karoten içeriğinin doğal stoklara göre yaklaşık %80 daha fazla olduğunu bildirmişlerdir.

Azot içeriği yüksek ortamlarda yetiştirilen *Ulva* talluslarının pigment içeriklerinin azot içeriği düşük olan ortamlarda yetiştirilenlere göre daha fazla pigment içeriğine sahip olduğu (Gómez Pinchetti ve diğerleri, 1998; Kumari, Kumar, Reddy ve Jha, 2013) tarafından bildirilmiştir.

McCauley, Winberg, Meyer ve Skropeta (2018) *Ulva* sp.'yi azot içeriği yüksek ve azot içeriği düşük olan iki farklı ortamda yetiştirerek pigment içeriğinde meydana gelen değişimleri araştırmışlardır. Çalışma sonucunda düşük azot içeriğinde yetiştirilen *Ulva* sp.'nin toplam klorofil içeriğinin diğer ortamda yetiştirilen talluslara göre yaklaşık 57 kat daha az olduğunu bildirmişlerdir. Benzer şekilde ortamdaki azot miktarı azaldıkça deneme gruplarının toplam karoten içeriklerinin de azaldığını bildirmişlerdir.

BÖLÜM 3
MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Çanakkale Boğazında, Kepez mevkiinden toplanan (40° 6'44.11"K, 26°24'7.35"D) Ulvophyceae sınıfına ait *Ulva rigida* tallusları çalışma materyali olarak kullanılmıştır. Talluslar epifitik organizmalardan fırça ve pens yardımıyla ayıklanmıştır. Tallusların havlu kâğıtlar ile kurulandıktan sonra ağırlıkları saptanmıştır. Toplanan biyomasın bir kısmı denemeler öncesi antioksidan içeriklerinin belirlenmesi amacıyla 35°C'lik etüvde 48 saat boyunca kurutulmuştur. Denemelerde kullanılacak biyomas ise 0,45 µm filtreden geçirilmiş ve UV ile sterilize edilmiş deniz suyu ile yıkanmıştır. Tallusların laboratuvar koşullarına adapte olması için steril deniz suyunda, 20 °C'de, 100 µmol foton $m^{-2}s^{-1}$ ışık şiddeti ve 16:8 saat fotoperiyot uygulanan ortamda 15 gün süreyle yetiştirilmiştir. Kültür kapları zeminden havalandırılarak tallusların eşit miktarda ışık görmesi sağlanmıştır. Kültürlerde günlük olarak buharlaşan su miktarı yerine saf su ilave edilmiştir. Ayrıca, kültür ortamının sıcaklık, tuzluluk ve pHsında meydana gelen değişimler izlenmiştir.



Şekil 4. Yetiştiricilik çalışmalarında kullanılan alg talluslarının toplandığı bölge

3.2. Deneme gruplarının oluşturulması

Denemeler ÇOMÜ Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Fakültesi Plankton stok biriminde ve İşleme teknolojisi laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Adaptasyonu sağlanan talluslar 5 g l^{-1} olacak şekilde 3l'lik kültür kaplarına yerleştirilmiştir. Deneme grupları 20 °C sabit sıcaklıkta, 100 µmol foton $m^{-2}s^{-1}$ ışık şiddeti ve 16:8 saat fotoperiyot uygulan kültür dolabında oluşturulmuştur (Şekil 5). Denemeler 21 gün boyunca sürdürülmüştür.



Şekil 5. Kültür dolabında deneme gruplarının genel görünümü (orijinal)

Denemeler süresince Tablo 1'de gösterilen Yapay Deniz Suyu Ortamı kullanılmıştır (Andersen, 2005). Denemelerde alg talluslarının ve besin ortamının su kolonunda eşit düzeyde ışıktan yararlanabilmesi amacıyla havalandırma uygulanmıştır.

Tablo 1.
Yapay deniz suyu ortamının bileşenleri (Andersen, 2005)

İnorganik tuzlar	**g/l**
NaCI	35
$MgSO_4 7H_2O$	2,6
KCI	0,6
$CaCI_2 2H_2O$	0,3
KH_2PO_4	0,05
$NaHCO_3$	0,22
P-2 Metal solüsyonu	**g/100ml**
$Na_2EDTA 2H_2O$	0,1
H_3BO_3	0,114
$FeCI_3 6H_2O$	4,9
$MnSO_4 H_2O$	16,4
$ZnSO_4 7H_2O$	2,2
$CoCI_2 6H_2O$	0,48
Şelatlı demir solüsyonu	
$Na_2EDTA 2H_2O$	10 g/500ml
0,1 N HCI	450 ml
$FeCI_3 6H_2O$	0,81g/ml

Denemelerde azot kaynağı olarak $NaNO_3$ ve NH_4NO_3 kullanılmıştır. Alg talluslarının büyümesi ve antioksidan içeriklerinde meydana gelen değişimlerin izlenmesi amacıyla birinci denemede $NaNO_3$, ikinci denemede NH_4NO_3, üçüncü denemede %50 $NaNO_3$+%50 NH_4NO_3 beş farklı konsantrasyonda günlük olarak deneme gruplarına ilave edilmiştir (Tablo 2). Kontrol gruplarında ise 1,5 g/l $NaNO_3$ kullanılmıştır.

3.3. Su kalitesi

Denemeler süresince günlük olarak deneme gruplarının pH ölçümleri ise pH metre ile ve sıcaklık değişimleri 0,01 °C duyarlılıktaki termometre ile gerçekleştirilmiştir. Tuzluluk değeri Refraktometre ile kontrol edilmiştir. Deneme gruplarına beş günde bir su değişikliği uygulanarak pH değeri sabit tutulmuştur.

3.4. Günlük büyüme hızı

Deneme gruplarının büyüme hızı beş günde bir tallusların ağırlıkları ölçülerek belirlenmiştir. Suları giderilen talluslar hassas terazide (Kern 44049N) ağırlıkları sabitleninceye kadar tekrar tekrar tartılmıştır. Günlük büyüme hızları Troell ve diğ. (1997)'ne göre belirlenmiş ve % olarak ifade edilmiştir.

Tablo 2.
Deneme gruplarında kullanılan azot miktarları

	Gruplar				
Azot Kaynakları	**1. Grup**	**2. Grup**	**3. Grup**	**4. Grup**	**5. Grup**
$NaNO_3$ (mM $gün^{-1}$)	2,12	2,82	3,53	4,24	4,94
NH_4NO_3 (mM $gün^{-1}$)	1,12	1,50	1,87	2,25	2,50
%50 $NaNO_3$+ %50 NH_4NO_3 (mM $gün^{-1}$)	1,05+ 0,56	1,14+ 0,75	1,76+ 0,94	2,12+ 1,12	2,47+ 1,31
Kontrol (mM)			17,65		

3.5. DPPH serbest radikali giderim aktivitesi

DPPH serbest radikal giderim aktivitesi, Brand-Williams, Cuvelier ve Berset (1995)'e göre yapılmıştır. 1 mg örnek alınmış, üzerine 1 ml metanol ilave edilmiştir. Kontrol olarak 1 ml metanol kullanılmış olup, oda sıcaklığında 30 dk boyunca bekletilen örneklerin 517 nm dalga boyundaki absorbansları ölçülmüştür. Örneklerin DPPH serbest radikal giderim aktivitesi aşağıda verilen denkleme göre hesaplanmıştır.

$$\text{DPPH giderim aktivitesi (\%)} = [(A_{kontrol}\text{-}A_{örnek})/A_{kontrol}]*100 \quad (3.1)$$

$A_{örnek}$: Örneğin absorbansı, $A^{kontrol}$: Kontrolun absorbansı

Toplam DPPH radikallerinin %50'sini inhibe eden bileşiklerin konsantrasyonu (IC_{50} inhibisyon değeri) nonlinear regresyon ile hesaplanmıştır. Butillenmiş hidroksitolüen (BHT) pozitif kontrol olarak kullanılmıştır.

3.6. Toplam fenolik içeriğinin belirlenmesi

Farklı azot kaynakları ve konsantrasyonlarında yetiştirilen *U. rigida* talluslarındaki toplam fenol miktarı Djeridane ve diğerleri (2006)'nin Folin-Ciocalteu reaktif yöntemi kullanılarak belirlenmiştir.

3.7. Toplam flavonoid içeriğinin belirlenmesi

Toplam flavonoid içeriği Quettier-Deleu ve diğerleri (2000)'e göre ölçülmüştür. Metanol çözeltisi ve metanol içinde çözündürülmüş daha sonra %2'lik $AlCl_3$ çözeltisi ilave edilmiştir. Numuneler, 24 ^oC'de bir saat bekletildikten sonra Abs450'de değeri

ölçülmüştür. Aynı işlem standart rutin çözeltisi için de tekrarlanarak kalibrasyon eğirisi oluşturulmuştur.

3.8. Toplam kondanse tanin içeriğinin belirlenmesi

Kondanse tanin içeriği Price, Van Scoyoc ve Butler (1978)'ne göre yapılmıştır. 0.5 g makroalg santrifüj tüplerine yerleştirilerek metanol içine %1'lik hidroklorik asit (HCl) ilave edilmiştir. Daha sonra karışım, 20 dakika boyunca 30 °C'deki çalkalayıcılı su banyosuna yerleştirilmiştir. Santrifüjlenen örneklere 5 ml vanilin reaktifi ve kör örnekleri için ise metanol içerisinde%4 HCl ilave edildikten sonra tam olarak 20 dakika süreyle inkübe edilmiştir. Daha sonra 500 nm'de absorbans değeri ölçülmüştür. Sonuçlar örnek gramı başına mikrogram kateşin eşdeğeri (CE) (μg CE g^{-1}) olarak ifade edilmiştir.

3.9. Pigment içeriklerinin belirlenmesi

Deneme gruplarının pigment içeriğinin belirlenmesi için denemeler sonunda örnekler alınmıştır. Örnekler %90'lık aseton çözeltisi içinde buzdolabında karanlık ortamda 24 saat bekletilmiştir. Daha sonra deniz kumuyla öğütülen talluslar membran filtrasyon yöntemiyle süzülmüştür. Süzüntü 1500 rpm'de 5 dakika santifirüj edilmiş ve örneklerin klorofil *a*, klorofil *b*, toplam karoten içerikleri Jeffrey ve Humphrey (1975) ve Lichtenthaler (1987) yöntemlerine göre belirlenmiştir. Absorbans değeri 750 nm, 664 nm, 630 nm ve 450 nm dalga boylarında ölçülmüştür.

3.10. İstatistiksel analizler

Deneme gruplarının büyüme hızları, biyomas verimleri, toplam fenolik, flavonoid, kondanse tanin ve pigment içeriklerine ait veriler tek yönlü varyans (ANOVA) kullanılarak analiz edilmiştir. ANOVA'dan önce, tüm veriler varyans homojenliği ve normal dağılım açısından kontrol edilmiştir. Veri setleri arasındaki korelasyonları değerlendirmek için Pearson'ın korelasyon analizi kullanılmış olup güven aralığı %95 ($p=0,05$) olarak esas alınmıştır.

BÖLÜM 4
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Deneme gruplarının sıcaklık ve pH değerlerinde meydana gelen değişimler

Denemeler süresinde grupların ortalama sıcaklık ve pH değerleri Tablo 3'de ve Tablo 4'de özetlenmiştir. Deneme gruplarının ortalama sıcaklık değerlerinin 21,9±0,9 ile 24,4±0,9 °C arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir ($p>0,05$). Grupların ortalama pH değerleri ise 8,2±0,1 ile 8,7±0,2 arasında saptanmıştır ($p>0,05$).

Tablo 3.
Grupların ortalama sıcaklık (°C) değerleri

Gruplar	$NaNO_3$	NH_4NO_3	$NaNO_3$+NH_4NO_3
1	23,2±1,0[a]	23,7±0,3[a]	23,6±0,2[a]
2	21,9±0,9[a]	22,7±0,1[a]	22,4±0,2[a]
3	22,4±0,6[a]	23,0±0,4[a]	22,6±0,1[a]
4	23,3±0,4[a]	23,6±0,4[a]	23,3±0,2[a]
5	23,3±0,5[a]	24,1±0,3[a]	23,6±0,3[a]
Kontrol	23,5±0,5[a]	24,4±0,9[a]	23,8±0,4[a]

*Aynı sütunda gösterilen harfler kullanılan azot kaynakları arasında istatistiksel olarak $p>0,05$ düzeyinden fark olmadığını göstermektedir.

Tablo 4.
Grupların ortalama pH değerleri

Gruplar	$NaNO_3$	NH_4NO_3	$NaNO_3$+NH_4NO_3
1	8,3±0,2[a]	8,2±0,1[a]	8,3±0,1[a]
2	8,3±0,2[a]	8,3±0,1[a]	8,4±0,1[a]
3	8,4±0,2[a]	8,4±0,1[a]	8,4±0,2[a]
4	8,4±0,2[a]	8,4±0,1[a]	8,4±0,0[a]
5	8,4±0,1[a]	8,4±0,1[a]	8,4±0,1[a]
Kontrol	8,4±0,2[a]	8,7±0,2[a]	8,6±0,1[a]

*Aynı sütunda gösterilen harfler kullanılan azot kaynakları arasında istatistiksel olarak $p>0,05$ düzeyinden fark olmadığını göstermektedir.

4.2. Günlük büyüme hızı ve biyomas verimleri

Azot kaynağı olarak $NaNO_3$, NH_4NO_3 ve $NaNO_3$ + NH_4NO_3 kullanılan deneme gruplarının günlük büyüme hızları Tablo 5'te verilmiştir. En yüksek büyüme hızı 3,53 mM $NaNO_3$ konsantrasyonunun uygulandığı 3. grupta %3,84±0,32 olarak bulunmuştur. NH_4NO_3 uygulanan deneme gruplarında ise en yüksek büyüme hızı 2. grupta saptanmıştır.

Kontrol gruplarının büyüme hızları ise %1,60±0,04- 1,63±0,30 gün^{-1} olarak değişim göstermiştir. $NaNO_3$ ve NH_4NO_3'ın birlikte kullanıldığı deneme gruplarında 3. gruptan sonra büyüme hızlarında hızlı bir azalmanın olduğu belirlenmiştir.

Tablo 5.
Deneme gruplarının ortalama büyüme hızları ve biyomas verimlerinde meydana gelen değişimler

	Gruplar	Büyüme Hızı (% gün^{-1})
$NaNO_3$	1. Grup	$1,28±0,12^{b\ CDEF}$
	2.Grup	$1,70±0,08^{b\ BCD}$
	3. Grup	$3,84±0,32^{a\ A}$
	4. Grup	$2,03±0,22^{b}$
	5. Grup	$1,46±0,25^{b\ BCDE}$
	Kontrol	$1,63±0,30^{b\ GH}$
NH_4NO_3	1. Grup	$0,46±0,07^{d\ FG}$
	2.Grup	$2,18±0,14^{a\ B}$
	3. Grup	$1,46±0,04c^{\ BCDE}$
	4. Grup	$0,62±0,13^{d\ EFG}$
	5. Grup	$-0,70±0,14^{e\ I}$
	Kontrol	$1,61±0,04^{b\ GH}$
$NaNO_3$+NH_4NO_3	1. Grup	$0,43±0,04^{d\ G}$
	2.Grup	$0,98±0,16^{c\ DEFG}$
	3. Grup	$1,79±0,07^{a\ BCD}$
	4. Grup	$-0,49±0,03^{e\ HI}$
	5. Grup	$-0,63±0,28^{e\ I}$
	Kontrol	$1,60±0,04^{b\ GH}$

*Aynı sütunda gösterilen küçük harfler kullanılan azot kaynakları arasında istatistiksel olarak $p<0,05$ düzeyinden fark olduğunu gösterirken, büyük harfler tüm gruplar arasında istatistiksel olarak $p<0,05$ düzeyinde fark olduğunu göstermektedir.

Nitrofil algler arasında yer alan *Ulva* türleri hem nitrat bileşiklerinden hem de amonyum bileşiklerinden azot kaynağı olarak yararlanmaktadır (Ale, Mikkelsen ve Meyer, 2011; Copertino, Tormena ve Seeliger, 2009). Ortamda bulunan nitrat bileşiklerini önce nitrite sonra da amonyuma indirgenmesine karşın amonyum direk hücre içerisine geçerek organik madde sentezinde kullanılmaktadır. Bu nedenle, ortamdaki amonyum miktarı arttıkça hücre içerisindeki amonyum miktarı da artış göstermektedir (Lobban ve Harrison, 1994). Ancak, fazla miktardaki amonyum fotosentez ve solunumda elektron taşıması için gerekli olan transmembran proton gradientini bozmaktadır (Akman, Küçüködük, Düzenli

ve Tuğ, 2001). Bu nedenle $NaNO_3$ kullanılan 3. deneme grubunda en yüksek biyomas veriminin elde edildiği düşünülmektedir. Nitrat, *Ulva* talluslarının büyümesini etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Steffensen, (1976)'in araştırmasında, *U. lactuca*'nın optimum büyümesi için 43 μmol l^{-1} nitrat ilavesinin gerekli olduğu bildirilmiştir. Ancak, nitrat miktarı 43 μmol l^{-1}'ün üzerinde ise tallusların büyüme hızının azaldığı Steffensen (1976) tarafından saptanmıştır. Thomas ve Harrison (1997) alglerin biyomas verimlerinin ortamdaki amonyum varlığının nitrat alımını engellediği ve amonyum ve nitrat kombinasyonu uygulandığında amonyum alımının nitrat alımından daha etkin olduğunu bildirmiştir. Çalışmamızda hem nitrat hem de amonyumun birlikte kullanıldığı deneme gruplarının çoğunda biyomaslarında azalmaların olduğu gözlemlenmiştir.

4.3. DPPH Serbest radikal giderim aktivitesi

Farklı azot kaynakları kullanılarak yetiştirilen *U. rigida* talluslarının serbest radikal giderim aktivitelerinin inhibisyon yüzdeleri ve IC_{50} inhibisyon değerleri Tablo 6'da özetlenmiştir. Grupların antioksidan aktivitelerine bakıldığında $NaNO_3$ kullanılan gruplar arasında en yüksek inhibisyon yüzdesi ve IC_{50} inhibisyon değerleri 3. grupta sırasıyla %41,10±1,73 ve 8,65±0,48 mg g^{-1} ekstrakt olarak ölçülmüştür ($p<0,05$). Azot kaynağı olarak NH_4NO_3 kullanılan denemede ise en yüksek inhibisyon değeri günlük 1,5 mM NH_4NO_3 ilave edilen grupta saptanmıştır. $NaNO_3$ ve NH_4NO_3'ın birlikte kullanıldığı deneme gruplarının inhibisyon yüzdeleri ve IC_{50} inhibisyon değerlerinin ise kontrol grubundan düşük olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Deneme gruplarının serbest radikal giderim aktivitelerinin inhibisyon yüzdeleri vitamin C ve sentetik antioksidan olan BHT'den düşük olduğu çalışma sonucunda belirlenmiştir ($p<0,05$). Polifenoller, reaktif oksijen türleri (ROT), temizleyiciler, metal şelatörler, enzim modülatörleri gibi davranabilir ve lipid peroksidasyonunu önleyebilir (Rodrigo ve Bosco, 2006). Ak ve Türker, (2019) Çanakkale Boğazından toplanan *U. rigida* talluslarının serbest radikal giderim aktivitesinin 3,76±0,02 mg g^{-1} ekstrakt ve inhibisyon yüzdesini ise %41,40±0,05 olarak belirlemişlerdir. Birçok çalışma alglerin biyokimyasal içeriklerinin kullanılan besin tuzu kompozisyonlarına göre değişim gösterdiği çeşitli çalışmalarda bildirilmiştir (Figueroa ve diğerleri, 2014; Gómez Pinchetti ve diğerleri, 1998; Kang ve Chung, 2018; Toth ve diğerleri, 2020). Tez çalışması sonucunda *U. rigida* yetiştiriciliğinde kullanılan azot kaynaklarının ve miktarlarının algin serbest radikal temizleme aktivitesini etkilediği belirlenmiştir.

Tablo 6.
Deneme gruplarının serbest radikal giderim aktivitelerinin inhibisyon yüzdeleri ve IC50 inhibisyon değerleri

	Gruplar	İnhibisyon (%)	IC_{50} (mg g^{-1} ekstrakt)
$NaNO_3$	1. Grup	$29,07\pm0,72^{b\ CD}$	$13,65\pm0,89^{c\ G}$
	2.Grup	$29,88\pm2,45^{b\ BC}$	$14,22\pm0,30^{bc\ FG}$
	3. Grup	$41,10\pm1,73^{a\ A}$	$8,65\pm0,48^{d\ H}$
	4. Grup	$17,72\pm2,87^{c\ GH}$	$22,61\pm0,82^{a\ C}$
	5. Grup	$35,5\pm2,56^{ab\ AB}$	$9,72\pm0,76^{d\ H}$
	Kontrol	$28,99\pm4,26^{b\ CD}$	$16,23\pm0,34^{b\ F}$
NH_4NO_3	1. Grup	$23,37\pm0,69^{bc\ DEFG}$	$20,06\pm0,28^{b\ DE}$
	2.Grup	$26,32\pm0,34^{a\ CDE}$	$18,39\pm0,52^{b\ E}$
	3. Grup	$24,69\pm0,67^{ab\ CDE}$	$19,86\pm0,48^{b\ DE}$
	4. Grup	$21,80\pm0,83^{c\ EFGH}$	$22,34\pm0,41^{a\ C}$
	5. Grup	$24,37\pm0,57^{ab\ CDEF}$	$19,60\pm0,64^{b\ DE}$
	Kontrol	$25,01\pm0,23^{ab\ CDE}$	$19,24\pm0,33^{b\ DE}$
$NaNO_3$+NH_4NO_3	1. Grup	$25,32\pm0,48^{a\ CDE}$	$12,29\pm0,40^{d\ G}$
	2.Grup	$25,10\pm0,20^{a\ CDE}$	$25,10\pm0,44^{a\ B}$
	3. Grup	$21,90\pm0,48^{b\ EFGH}$	$13,32\pm0,44^{d\ G}$
	4. Grup	$17,16\pm0,26^{c\ H}$	$22,55\pm1,09^{b\ C}$
	5. Grup	$18,55\pm0,33^{c\ FGH}$	$18,90\pm0,48^{c\ DE}$
	Kontrol	$25,41\pm1,51^{a\ CDE}$	$20,87\pm0,07^{bc\ CD}$
	Doğal stok	$25,43\pm0,60^{\ CDE}$	$20,85\pm1,05^{\ CD}$
	Vitamin C	$1,35\pm0,85^{I}$	$98,92\pm0,18^{A}$
	BHT	$1,35\pm0,35^{I}$	$98,95\pm0,07^{A}$

*Aynı sütunda gösterilen küçük harfler kullanılan azot kaynakları arasında istatistiksel olarak $p<0,05$ düzeyinden fark olduğunu gösterirken, büyük harfler tüm gruplar arasında istatistiksel olarak $p<0,05$ düzeyinde fark olduğunu göstermektedir.

4.4. Toplam flavonoid madde içerikleri

Deneme gruplarının toplam flavonoid madde içerikleri Tablo 7'de gösterilmiştir. Azot kaynağı olarak $NaNO_3$ kullanılan grupların toplam flavonoid madde içerikleri en yüksek $3,05\pm0,04$ mg g^{-1} ekstrakt olarak günlük 4,94 mM $NaNO_3$ kullanılan 5. grupta saptanmıştır ($p<0,05$). NH_4NO_3 kullanılan denemelerin toplam flavonoid içerikleri ise $1,64\pm0,06$ ve $2,13\pm0,04$ mg g^{-1} ekstrakt arasında değişim göstermiştir. En düşük toplam flavonoid içeriği günlük 1,5 mM NH_4NO_3 kullanılan grupta saptanmış olup, diğer gruplar arasında istatistiksel yönden anlamlı farklılıklar bulunamamıştır. $NaNO_3$ ile NH_4NO_3 birlikte kullanıldığı gruplarda ise en yüksek toplam flavonoid içeriği büyümenin olmadığı

ve biyomasın azaldığı 5. grupta saptanmıştır. Yetiştiricilik denemeleri öncesinde denizden toplanan tallusların toplam flavonoid içeriği ise 2,15±0,03 mg g^{-1} ekstrakt olarak ölçülmüştür. Makro alglerin savunma sistemlerinde flavonoidler önemli rol oynayan en büyük polifenolik bileşik grubudur (Goiris ve diğerleri, 2012). Bu nedenle, deneme gruplarının toplam flavonoid içerikleri alüminyum klorür yöntemi ile tahmin edilmiştir (Quettier-Deleu ve diğerleri, 2000). Ak ve Türker (2019) Çanakkale boğazı Kepez bölgesinden toplanan *U.rigida* talluslarının toplam flavonoid içeriğini 12.61±0.07 mg g^{-1} ekstrakt olarak saptamışlardır. Bu değer deneme gruplarının toplam flavonoid içeriklerinden yaklaşık olarak dört kat fazladır. Flavonoid içeriğindeki bu değişikliğin, alg sınıflarına ve çevresel koşullara bağlı olduğu düşünülmektedir.

4.5. Toplam fenolik madde içerikleri

Deneme gruplarının toplam fenolik içeriklerinde meydana gelen değişimler Tablo 7'de gösterilmektedir. Azot kaynağı olarak farklı konsantrasyonlarda $NaNO_3$ kullanılan grupların toplam fenolik madde içerikleri 1,10±0,07 ile 2,35±0,08 µgGAE mg^{-1} ekstrakt arasında değişim gösterdiği bulunmuştur ($p<0,05$). Fenolik madde içeriği en yüksek kontrol grubunda saptanmıştır. Azot kaynağı olarak NH_4NO_3 kullanılan gruplarda fenolik içerikleri arasında istatistiksel olarak farklılık olmadığı görülmüştür ($p>0,05$). Hem $NaNO_3$ hem de NH_4NO_3 kullanılan grupların toplam fenolik madde içerikleri ise 0,96±0,04 ve 0,56±0,04 µgGAE mg^{-1} ekstrakt arasında değişim gösterdiği saptanmıştır. Deneme grupları arasında en düşük fenolik madde içeriklerinin bu grupta olduğu gözlemlenmiştir. Ak ve Türker (2019) Çanakkale boğazından toplanan *U.rigida* talluslarının toplam içeriklerini 2,21±0.08 µgGAE mg^{-1} ekstrakt olarak bildirmişlerdir. Çalışmamızda elde edilen sonuçlarla araştırmacıların bulguları birbirleriyle benzerlik göstermektedir. Fenolik bileşikler, tüm birincil üreticilerde doğal olarak bulunan ikincil bitki metabolitleridir (Rice-Evans, Miller ve Paganga, 1997). Piluzza ve Bullitta (2011) toplam fenolik içeriklerinin birçok faktöre bağlı değişim gösterebileceğini bildirmiştir.

Tablo 7.
Deneme gruplarının toplam flavonoid, toplam fenolik ve kondanse tanin miktarları

	Gruplar	Toplam Flavonoid (mg g^{-1} ekstrakt)	Toplam Fenolik (μgGAE mg^{-1} ekstrakt)	Kondanse Tanin (mg CE g^{-1} ekstrakt)
$NaNO_3$	1. Grup	2,89±0,03$^{b\ A}$	1,67±0,03$^{d\ D}$	118,99±5,19$^{ab\ BC}$
	2.Grup	2,35±0,03$^{c\ B}$	2,18±0,02$^{b\ AB}$	93,33±4,54$^{d\ DEF}$
	3. Grup	2,92±0,04$^{ab\ A}$	2,04±0,04$^{bc\ BC}$	101,31±0,42$^{cd\ CDE}$
	4. Grup	2,88±0,04$^{b\ A}$	1,10±0,07$^{e\ EF}$	125,61±0,74$^{a\ B2}$
	5. Grup	3,05±0,04$^{a\ A}$	1,89±0,04$^{c\ C}$	109,76±1,03$^{bc\ BCD}$
	Kontrol	2,96±0,04$^{ab\ A}$	2,35±0,08$^{a\ A}$	114,77±0,99$^{ab\ BC}$
NH_4NO_3	1. Grup	2,12±0,01$^{a\ BC}$	0,80±0,10$^{a\ HI}$	102,91±2,49$^{abc\ CDE}$
	2.Grup	1,64±0,06$^{b\ DE}$	0,80±0,07$^{a\ HI}$	66,72±2,22$^{d\ GHI}$
	3. Grup	1,90±0,08$^{a\ C}$	1,05±0,06$^{a\ EFG}$	115,90±18,10$^{ab\ BC}$
	4. Grup	2,13±0,04$^{a\ BC}$	1,08±0,10$^{a\ EF}$	76,22±2,98$^{cd\ FGH}$
	5. Grup	2,01±0,04$^{a\ C}$	0,82±0,06$^{a\ HI}$	91,19±1,54$^{bcd\ DEF}$
	Kontrol	2,08±0,10$^{a\ BC}$	0,99±0,04$^{a\ FGH}$	128,03±2,66$^{a\ B}$
$NaNO_3$+NH_4NO_3	1. Grup	1,88±0,11$^{b\ CD}$	0,67±0,03$^{cd\ IJ}$	62,45±2,21$^{c\ HI}$
	2.Grup	1,22±0,14$^{c\ G}$	0,74±0,04$^{bc\ IJ}$	66,30±4,21$^{bc\ GHI}$
	3. Grup	1,33±0,07$^{c\ FG}$	0,56±0,04$^{d\ J}$	83,11±3,49$^{a\ EFG}$
	4. Grup	1,49±0,06$^{c\ EFG}$	0,85±0,02$^{ab\ GHI}$	55,33±4,48$^{c\ I}$
	5. Grup	2,32±0,04$^{a\ B}$	0,96±0,04$^{a\ FGH}$	77,56±3,88$^{ab\ FGH}$
	Kontrol	1,59±0,11$^{bc\ EF}$	0,96±0,01$^{a\ FGH}$	77,67±3,60$^{ab\ FGH}$
	Doğal stok	2,15±0,03 ^{BC}	1,21±0,03 ^{E}	161,80±1,46 ^{A}

*Aynı sütunda gösterilen küçük harfler kullanılan azot kaynakları arasında istatistiksel olarak $p<0,05$ düzeyinden fark olduğunu gösterirken, büyük harfler tüm gruplar arasında istatistiksel olarak $p<0,05$ düzeyinde fark olduğunu göstermektedir.

4.6. Toplam kondanse tanin içerikleri

Deneme gruplarının kondanse tanin içeriklerinde meydana gelen değişimler Tablo 7'de özetlenmiştir. Elde edilen bulgulara göre $NaNO_3$ kullanılan denemelerde en yüksek kondanse tanin içeriği 125,61±0,74 mgCE g^{-1} ekstrakt olarak 4. grupta (4,25 mM $NaNO_3$) saptanmıştır. En düşük kondanse tanin içeriği ise 93,33±4,54 mgCE g^{-1} ekstrakt olarak 2. grupta (2,82 mM $NaNO_3$) bulunmuştur ($p<0,05$). NH_4NO_3 uygulanan grupların içeriği ise 66,72±2,22 ile 128,03±2,66 mgCE g^{-1} ekstrakt arasında değişim göstermiştir. $NaNO_3$ ve NH_4NO_3 birlikte kullanıldığı grubun en yüksek kondanse tanin içerikleri ise 3. grupta 83,11±3,49 mgCE g^{-1} ekstrakt olarak saptanmıştır ($p<0,05$). Bitkisel taninler bitki polifenolik bileşikleridir ve makroalgler arasında yaygındır (Zubek, Mielcarek ve Turnau, 2012). Diğer alg gruplarına göre yeşil alglerde daha yüksek miktarlarda olduğu Zubek, Mielcarek ve Turnau (2012) tarafından bildirilmiştir. Özellikle mediolittoral zonda dağılım

gösteren *Ulva* türlerinin fazla miktarda UV ışığına maruz kalmalarından dolayı tanin içeriklerinin yüksek olabileceği Zubek, Mielcarek ve Turnau (2012) tarafından bildirilmiştir.

4.7. Pigment içerikleri

Yetiştiricilik denemeleri sonunda hasat edilen tallusların pigment içerikleri de ölçülmüş ve deneme öncesi doğal stokların pigment içerikleri ile karşılaştırılmıştır. Hasat edilen tallusların klorofil *a*, klorofil *b*, klorofil *c* ve toplam karoten içeriklerinde meydana gelen değişimler Tablo 8'de gösterilmiştir. Azot kaynağı olarak farklı $NaNO_3$ konsantrasyonlarının uygulandığı denemelerin klorofil *a*, klorofi *b*, klorofil *c* ve toplam karoten içeriklerinin birbirine yakın olduğu, gruplar arasında anlamlı farklılıklar saptanmamıştır ($p>0,05$).

Farklı NH_4NO_3 konsantrasyonlarının uygulandığı deneme gruplarının klorofil *a* içerikleri incelendiğinde 1., 2., 3. ve 4. grupların pigment içeriklerinin birbirine yakın olduğu, en yüksek klorofil *a* içeriğinin ise kontrol grubunda olduğu belirlenmiştir. Grupların klorofil *b*, klorofil *c* ve toplam karoten içerikleri arasında istatistiksel farklılık bulunmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$). Azot kaynağı olarak hem $NaNO_3$ hem de NH_4NO_3 kullanılan denemelerde grupların klorofil *a*, klorofil *b*, klorofil *c* ve toplam karoten içeriklerinin birbirine yakın olduğu görülmüştür ($p>0,05$). Doğadan toplanan tallusların klorofil *a* içeriklerinin çok düşük olduğu belirlenirken, klorofil *c* içeriklerinin ise yüksek olduğu belirlenmiştir. Fotosentetik pigmentlerin içeriği, besin tuzları veya ışık gibi çevresel koşullardan etkilenir (Figueroa ve diğerleri, 2009). Alglerin klorofil pigment içerikleri yüksek ışık şiddetlerine maruz kaldığında azaldığı Falkowski (1980) tarafından bildirilmiştir. Gün içerisinde açık alanlardaki ışık şiddeti 1000 µmol foton $m^{-2}s^{-1}$ civarında iken denemeler onda biri ışık şiddetinde gerçekleştirilmiştir. Bu nedenle doğal ortamdan toplanan tallusların klorofil *a* pigmenti içeriğinin deneme gruplarından düşük olduğu sonucuna varılmıştır.

4.8. Serbest radikal giderim aktivitesi ile diğer değişkenler arasındaki ilişki

Denemeler süresinde grupların inhibisyon yüzdeleri ile grupların büyüme hızları, toplam flavonoid, toplam fenolik, kondanse tanin, klorofil *a*, klorofil *b*, klorofil *c* ve toplam karoten içerikleri arasındaki ilişki Pearsonun korelasyon analizi ile incelenmiştir. Farklı azot türevleri ve konsantrasyonlarında yetiştirilen grupların inhibisyon yüzdeleri ile grupların büyüme hızları, toplam flavonoid, toplam fenolik ve klorofil *b* içerikleri ile

pozitif, klorofil *c* içeriği ile negatif bir korelasyon olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Diğer çalışmalar, antioksidan aktivite ile toplam fenolik içerik arasında doğrudan ilişki olduğunu göstermiştir (Piluzza ve Bullitta, 2011; Rebaya ve diğerleri, 2015). Piluzza ve Bullitta (2011) fotosentetik organizmaların serbest radikal giderim aktivitesi algin içerdiği antioksidan özellik gösteren maddeler arasındaki yapıya ve etkileşime bağlıdır.

Tablo 8.
Deneme sonunda hasat edilen tallusların klorofil a, klorofil b, klorofil c ve toplam karoten içerikleri

	Gruplar	Chl *a* (mg g^{-1})	Chl *b* (mg g^{-1})	Chl *c* (mg g^{-1})	Toplam Karoten (mg g^{-1})
$NaNO_3$	1. Grup	$4,42\pm0,39^{a\ AB}$	$2,67\pm0,11^{a\ AB}$	$1,10\pm0,33^{a\ AB}$	$2,07\pm0,21^{a\ AB}$
	2.Grup	$3,44\pm0,52^{a\ B}$	$1,93\pm0,23^{a\ ABC}$	$0,64\pm0,14^{a\ B}$	$1,66\pm0,17^{a\ AB}$
	3. Grup	$4,43\pm0,61^{a\ AB}$	$2,54\pm0,36^{a\ ABC}$	$0,92\pm0,15^{a\ AB}$	$2,15\pm0,32^{a\ AB}$
	4. Grup	$4,40\pm0,39^{a\ AB}$	$2,57\pm0,40^{a\ ABC}$	$0,84\pm,33^{a\ AB}$	$2,08\pm0,20^{a\ AB}$
	5. Grup	$4,84\pm0,57^{a\ AB}$	$3,06\pm0,39^{a\ A}$	$0,78\pm0,10^{a\ AB}$	$2,32\pm0,43^{a\ AB}$
	Kontrol	$4,96\pm0,21^{a\ AB}$	$2,95\pm0,06^{a\ AB}$	$0,90\pm0,06^{a\ AB}$	$2,27\pm0,20^{a\ AB}$
NH_4NO_3	1. Grup	$4,42\pm0,07^{ab\ AB}$	$2,53\pm0,03^{a\ ABC}$	$1,21\pm0,10^{a\ AB}$	$2,03\pm0,04^{a\ AB}$
	2.Grup	$4,43\pm0,56^{ab\ AB}$	$2,50\pm0,42^{a\ ABC}$	$1,10\pm0,15^{a\ AB}$	$2,03\pm0,37^{a\ AB}$
	3. Grup	$4,69\pm0,09^{ab\ AB}$	$2,47\pm0,01^{a\ ABC}$	$1,32\pm0,10^{a\ AB}$	$1,96\pm0,01^{a\ AB}$
	4. Grup	$4,15\pm0,54^{ab\ AB}$	$2,20\pm0,25^{a\ ABC}$	$1,23\pm0,14^{a\ AB}$	$1,56\pm0,61^{a\ AB}$
	5. Grup	$3,58\pm0,26^{b\ AB}$	$2,01\pm0,14^{a\ ABC}$	$1,01\pm0,01^{a\ AB}$	$1,45\pm0,12^{a\ B}$
	Kontrol	$5,31\pm0,04^{a\ A}$	$2,67\pm0,17^{a\ AB}$	$1,41\pm0,08^{a\ AB}$	$2,49\pm0,06^{a\ A}$
$NaNO_3+NH_4NO_3$	1. Grup	$3,73\pm0,39^{a\ AB}$	$1,77\pm0,21^{a\ BC}$	$1,18\pm0,14^{a\ AB}$	$1,85\pm0,29^{a\ AB}$
	2.Grup	$3,73\pm0,26^{a\ AB}$	$1,98\pm0,11^{a\ ABC}$	$0,85\pm0,12^{a\ AB}$	$1,81\pm0,23^{a\ AB}$
	3. Grup	$4,04\pm0,05^{a\ AB}$	$2,26\pm0,05^{a\ ABC}$	$1,20\pm0,22^{a\ AB}$	$1,97\pm0,10^{a\ AB}$
	4. Grup	$3,72\pm0,38^{a\ AB}$	$1,45\pm0,56^{a\ C}$	$1,41\pm0,32^{a\ AB}$	$1,73\pm0,12^{a\ AB}$
	5. Grup	$3,30\pm0,21^{a\ BC}$	$2,21\pm0,45^{a\ ABC}$	$1,04\pm0,29^{a\ AB}$	$1,75\pm0,16^{a\ AB}$
	Kontrol	$3,87\pm0,29^{a\ AB}$	$2,27\pm0,53^{a\ ABC}$	$0,62\pm0,50^{a\ B}$	$1,69\pm0,17^{a\ AB}$
	Doğal stok	$1,48\pm1,25^{\ C}$	$1,88\pm0,03^{\ BC}$	$1,67\pm0,29^{\ A}$	$1,91\pm0,15^{\ AB}$

*Aynı sütunda gösterilen küçük harfler kullanılan azot kaynakları arasında istatistiksel olarak $p<0,05$ düzeyinden fark olduğunu gösterirken, büyük harfler tüm gruplar arasında istatistiksel olarak $p<0,05$ düzeyinde fark olduğunu göstermektedir.

Tablo 9.
Değişkenlere ait Pearson korelasyon analizi sonuçları

	İnhibisyon	B. hızı	T. flavonoid	T. fenolik	K. tanin	Chl *a*	Chl *b*	Chl *c*
B. hızı	0,643*							
T. flavonoid	**0,487***	**0,404***						
T. fenolik	0,693*	**0,542***	**0,784***					
K. tanin	0,287	0,333*	**0,678***	0,480*				
Chl *a*	**0,280**	0,358*	**0,373***	0,279	**0,630***			
Chl *b*	**0,376***	**0,415***	0,574*	**0,422***	0,652*	0,757*		
Chl *c*	**-0,331***	**-0,238**	**-0,267**	**-0,403***	-0,048	0,200	**-0,181**	
T. Karoten	0,298	0,381*	**0,374***	0,281	**0,527***	**0,860***	0,740*	0,134

* İstatistiksel olarak $p<0,05$ düzeyinden anlamlı bir ilişki olduğunu gösterir.

BÖLÜM 5
SONUÇ VE ÖNERİLER

Ulvophyceae sınıfına ait olan *Ulva rigida* kozmopolit bir tür olup denizlerde mediolittoral bölgede dağılım gösterir. Çevresel faktörde meydana gelen değişimlere kolaylıkla uyum sağlayan bir tür olup başta Kore ve Japonya olmak üzere birçok ülkede deniz sebzesi olarak tüketilmektedir. Ülkemizde de bu algin yetiştiriciliğine ve tüketilmesine yönelik çalışmaların yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu amaçla, tez çalışması kapsamında Çanakkale boğazında dağılım gösteren *Ulva rigida*'nın serbest radikal giderim aktiviteleri ve antioksidan madde içerikleri üzerine farklı azot türevlerinin ve konsantrasyonlarının etkisi incelenmiştir.

Tüm deneme grupları arasında en iyi büyüme hızı 3,53 mM $NaNO_3$ uygulanan grupta saptanmıştır. En düşük büyüme hızlarının ise hem $NaNO_3$ hem de NH_4NO_3 uygulanan gruplarda olduğu belirlenmiştir. En yüksek büyüme hızına sahip olan grubun da aynı zamanda en yüksek serbest radikal giderim yüzdesine sahip olduğu çalışma sonucunda belirlenmiştir. Grupların serbest radikal giderim yüzdeleri incelendiğinde alglerin büyüme hızları ile inhibisyon değerleri arasında pozitif yönlü bir ilişki olduğu görülmüştür. Grupların büyüme hızları azaldıkça tallusların inhibisyon yüzdesinde de azalmaların meydana geldiği saptanmıştır. $NaNO_3$ uygulanan deneme gruplarının toplam flavonoid içeriklerinin diğer deneme gruplarından daha yüksek olduğu bulunmuştur. Toplam fenolik içeriklerinin ise gruplara göre değişim gösterdiği ve büyüme hızından etkilendiği belirlenmiştir. En yüksek kondanse tanen içeriğinin ise doğadan toplanan talluslarda olduğu gözlemlenmiştir. Çalışma sonucunda grupların büyüme hızları arttıkça toplam flavonoid, toplam fenolik ve kondanse tanen içeriklerinin de arttığı saptanmıştır. Deneme gruplarının pigment içerikleri incelendiğinde, kontrol gruplarının klorofil *a*, klorofil *b* ve toplam karoten içeriklerinin yüksek olduğu görülmüştür. Ayrıca, tallusların serbest radikal giderim yüzdeleri ile klorofil *b* içerikleri arasında pozitif, klorofil *c* ile negatif bir ilişki olduğu belirlenmiştir.

Tez kapsamında elde edilen veriler ışığında aşağıdaki öneriler sunulmuştur:

- Dış ortamda farklı azot kaynakları kullanılarak uzun süreli yetiştiricilikleri denenerek biyokimyasal kompozisyonlarında meydana gelen değişimler incelenebilir.

- Farklı azot türevleri ve konsantrasyonları farklı kültür koşullarında denenerek algin serbest radikal giderim aktivitelerinde meydana gelen değişimler incelenebilir.
- Farklı azot türevleri ve konsantrasyonları uygulanarak algin büyüme hızı ve pigment içerikleri üzerine etkisi araştırılabilir.

Ulvophyceae sınıfına ait *Ulva rigida*'nın büyüme hızı ve serbest radikal giderim aktivitesi ve antioksidan özellik gösteren bileşikler üzerine azot kaynaklarının ve konsantrasyonlarının etkisi üzerine yapılan herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Çalışma sonuçlarına göre kullanılan azot kaynağına ve miktarına göre algin büyüme hızı ve antioksidan içeriklerinin de değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Bu çalışma ile bundan sonra *U. rigida* yetiştiriciliği ve antioksidan içerikleri ile ilgili yapılması düşünülen birçok araştırmaya da yol gösterici olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Abdel-Fattah, A. F., ve Edrees, M. (1972). A study on the polysaccharide content of *Ulva lactuca* L. *Qualitas Plantarum et Materiae Vegetabiles*, 22(1), 15-22. doi:10.1007/bf01099733

Ak, İ., Gözcelioğlu, B., Akçalı, B., Cirik, S., Ceylan, T., ve Cirik, Ş. (2016). Denizel biyota ve ekolojik bölümleri. Ş. Cirik, T. Ceylan, ve B. Akçalı (Ed.), *Yaşayan Deniz* (s. 26-102) içinde. İstanbul: Naviga Yayınları.

Ak, İ., ve Türker, G. (2019). Free Radical Scavenging Activity and Biochemical characteristics of *Ulva rigida* (Ulvophyceae) and *Arthrospira platensis* (Cyanophyceae). *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 7, 145-149. doi:10.24925/turjaf.v7isp1.145-149.2789

Akman, Y., Küçüködük, M., Düzenli, S., ve Tuğ, G. (2001). Bitki fizyolojisi. (s. 152-260) içinde. Ankara: Kariyer Yayınları.

Akoh, C. (2017). Food Lipids: Chemistry, Nutrition, and Biotechnology, (s. 200-1047) içinde. Boca Raton: CRC Press.

Ale, M. T., Mikkelsen, J. D., ve Meyer, A. S. (2011). Differential growth response of Ulva lactuca to ammonium and nitrate assimilation. *Journal of Applied Phycology*, 23(3), 345-351. doi:10.1007/s10811-010-9546-2

Altamirano, M., Flores-Moya, A., Conde, F., ve Figueroa, F. L. (2000). Growth seasonality, photosynthetic pigments, and carbon and nitrogen content in relation to environmental factors: a field study of *Ulva olivascens* (Ulvales, Chlorophyta). *Phycologia*, 39(1), 50-58. doi:10.2216/i0031-8884-39-1-50.1

Andersen, R. A., (2005). Algal Culturing Techniques. (s.150-350) içinde. Amsterdam, Academic Press.

Balboa, E. M., Conde, E., Moure, A., Falqué, E., ve Domínguez, H. (2013). In vitro antioxidant properties of crude extracts and compounds from brown algae. *Food Chemistry*, 138(2), 1764-1785. doi:10.1016/j.foodchem.2012.11.026

Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., ve Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Science and Technology*, 28(1), 25-30. doi:10.1016/S0023-6438(95)80008-5

Choe, E. (2017). Effect and mechanisms of minor compounds in oil on lipid oxidation. C. C. Akoh ve D. B. Min (Eds.), *Food Lipids: Chemistry, Nutrition, and Biotechnology* (pp. 567-590) içinde. Boca Raton: CRC Press.

Choe, E., ve Min, D. B. (2005). Chemistry and Reactions of Reactive Oxygen Species in Foods. *Journal of Food Science*, 70(9), R142-R159. doi:10.1111/j.1365-2621.2005.tb08329.x

Cirik, Ş., ve Cirik, S. (2011). Su Bitkileri (Deniz bitkilerinin biyolojisi, ekolojisi, yetiştirme teknikleri). (s. 10–55) içinde. İzmir, Ege Üniversitesi Basımevi.

Collins, K. G., Fitzgerald, G. F., Stanton, C., ve Ross, R. P. (2016). Looking Beyond the Terrestrial: The Potential of Seaweed Derived Bioactives to Treat Non-Communicable Diseases. *Marine Drugs*, 14(3), 60. doi:10.3390/md14030060

Collos, Y., ve Harrison, P. J. (2014). Acclimation and toxicity of high ammonium concentrations to unicellular algae. *Marine Pollution Bulletin*, 80(1), 8-23. doi: 10.1016/j.marpolbul.2014.01.006

Copertino, M. d. S., Tormena, T., ve Seeliger, U. (2009). Biofiltering efficiency, uptake and assimilation rates of *Ulva clathrata* (Roth) J. Agardh (Clorophyceae) cultivated in shrimp aquaculture waste water. *Journal of Applied Phycology*, 21(1), 31-45. doi:10.1007/s10811-008-9357-x

Cox, S., Abu-Ghannam, N., ve Gupta, S. (2010). An Assessment of the Antioxidant and Antimicrobial Activity of Six Species of Edible Irish Seaweeds. *International Food Research Journal*, 17, 205-220. doi:10.21427/D7HC92

Djeridane, A., Yousfi, M., Nadjemi, B., Boutassouna, D., Stocker, P., ve Vidal, N. (2006). Antioxidant activity of some algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds. *Food Chemistry*, 97(4), 654-660. doi:10.1016/j.foodchem.2005.04.028

Duan, X.-J., Zhang, W.-W., Li, X.-M., ve Wang, B.-G. (2006). Evaluation of antioxidant property of extract and fractions obtained from a red alga, *Polysiphonia urceolata*. *Food Chemistry*, 95(1), 37-43. doi:10.1016/j.foodchem.2004.12.015

Dykens, J. A., Shick, J. M., Benoit, C., Buettner, G. R., ve Winston, G. W. (1992). Oxygen Radical Production in the Sea Anemone *Anthopleura Elegantissima* and its Endosymbiotic Algae. *Journal of Experimental Biology* .168(1), 219-241. Erişim adresi: https://jeb.biologists.org/content/jexbio/168/1/219.full.pdf

Falkowski, P. G. (1980). Light-Shade Adaptation in Marine Phytoplankton. P. G. Falkowski (Ed.), *Primary Productivity in the Sea* (pp. 99-119) içinde. Boston, MA: Springer US.

FAO (2020). The State of World Fisheries and Aquaculture 2018. Sustainability in action [Online]. Erişim adresi (2020, 15 Kasım): http://www.fao.org/home/en/.

Farasat, M., Khavari-Nejad, R. A., Nabavi, S. M., ve Namjooyan, F. (2014). Antioxidant

Activity, Total Phenolics and Flavonoid Contents of some Edible Green Seaweeds from Northern Coasts of the Persian Gulf. *Iran Journal of Pharmaceutical Research*, 13(1), 163-170. Erişim adresi: http://www.ijpr.sbmu.ac.ir/article_1448_26e44f5e837d3dec95eb4efb40737245.pdf

Figueroa, F., Bonomi Barufi, J., Malta, E., Conde-Álvarez, R., Nitschke, U., Arenas, F., Mata, M., Connan, S., Abreu, M., Marquardt, R., Vaz-Pinto, F., Konotchick, T., Celis-Plá, P., Hermoso, M., Ordoñez, G., Ruiz, E., Flores, P., de los Ríos, J., Kirke, D., Chow, F., Nassar, C., Robledo, D., Pérez-Ruzafa, Á., Bañares-España, E., Altamirano, M., Jiménez, C., Korbee, N., Bischof, K., ve Stengel, D. (2014). Short-term effects of increasing CO_2, nitrate and temperature on three Mediterranean macroalgae: biochemical composition. *Aquatic Biology*, 22, 177-193. doi: 10.3354/ab00610

Figueroa, F. L., Israel, A., Neori, A., Martínez, B., Malta, E., Ang, P., Jr., Inken, S., Marquardt, R., ve Korbee, N. (2009). Effects of nutrient supply on photosynthesis and pigmentation in *Ulva lactuca* (Chlorophyta): responses to short-term stress. *Aquatic Biology*, 7(1-2), 173-183. Erişim adresi: https://www.int-res.com/abstracts/ab/v7/n1-2/p173-183/

Floreto, E. A. T., Hirata, H., Ando, S., ve Yamasaki, S. (1993). Effects of Temperature, Light Intensity, Salinity and Source of Nitrogen on the Growth, Total Lipid and Fatty Acid Composition of *Ulva pertusa* Kjellman (Chlorophyta). *Botanica Marina*, 36(2), 149. doi:10.1515/botm.1993.36.2.149

Gerendás, J., Zhu, Z., Bendixen, R., Ratcliffe, R. G., ve Sattelmacher, B. (1997). Physiological and Biochemical Processes Related to Ammonium Toxicity in Higher Plants. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*, 160(2), 239-251. doi:10.1002/jpln.19971600218

Glibert, P. M., Wilkerson, F. P., Dugdale, R. C., Raven, J. A., Dupont, C. L., Leavitt, P. R., Parker, A. E., Burkholder, J. M., ve Kana, T. M. (2016). Pluses and minuses of ammonium and nitrate uptake and assimilation by phytoplankton and implications for productivity and community composition, with emphasis on nitrogen-enriched conditions. *Limnology and Oceanography*, 61(1), 165-197. doi:10.1002/lno.10203

Goiris, K., Muylaert, K., Fraeye, I., Foubert, I., De Brabanter, J., ve De Cooman, L. (2012). Antioxidant potential of microalgae in relation to their phenolic and carotenoid content. *Journal of Applied Phycology*, 24(6), 1477-1486. doi:10.1007/s10811-012-9804-6

Gómez Pinchetti, J. L., del Campo Fernández, E., Moreno Díez, P., ve Reina, G. G. (1998). Nitrogen availability influences the biochemical composition and photosynthesis of tank-cultivated *Ulva rigida* (Chlorophyta). *Journal of Applied Phycology*, 10(4), 383. doi:10.1023/a:1008008912991

Heldt, H.-W., ve Piechulla, B. (2015). Bitki Biyokimyası. F. A. Ayaz & A. Sökmen (Ed.) 4. Basımdan çeviri ed.). (s.25-356) içinde. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.

Ivanova, V., Rouseva, R., Kolarova, M., Serkedjieva, J., Rachev, R., ve Manolova, N. (1994). Isolation of a Polysaccharide with Antiviral Effect from *Ulva lactuca*. *Preparative Biochemistry*, 24(2), 83-97. doi:10.1080/10826069408010084

Jeffrey, S. W., ve Humphrey, G. F. (1975). New spectrophotometric equations for determining chlorophylls *a*, *b*, c_1 and c_2 in higher plants, algae and natural phytoplankton. *Biochemie und Physiologie der Pflanzen*, 167(2), 191-194. doi:10.1016/S0015-3796(17)30778-3

Jerez-Martel, I., García-Poza, S., Rodríguez-Martel, G., Rico, M., Afonso-Olivares, C., ve Gómez-Pinchetti, J. L. (2017). Phenolic Profile and Antioxidant Activity of Crude Extracts from Microalgae and Cyanobacteria Strains. *Journal of Food Quality*, 2017, 2924508. doi:10.1155/2017/2924508

Ji, Z., Zou, D., Gong, J., Liu, C., Ye, C., ve Chen, Y. (2019). The different responses of growth and photosynthesis to NH_4^+ enrichments between *Gracilariopsis lemaneiformis* and its epiphytic alga *Ulva lactuca* grown at elevated atmospheric CO_2. *Marine Pollution Bulletin*, 144, 173-180. doi:10.1016/j.marpolbul.2019.04.049

Kang, J. W., ve Chung, I. K. (2018). The Interactive Effects of Elevated CO_2 and Ammonium Enrichment on the Physiological Performances of *Saccharina japonica* (Laminariales, Phaeophyta). *Ocean Science Journal*, 53(3), 487-497. doi:10.1007/s12601-018-0014-2

Kang, J. W., Kambey, C., Shen, Z., Yang, Y., ve Chung, I. K. (2017). The short-term effects of elevated CO_2 and ammonium concentrations on physiological responses in *Gracilariopsis lemaneiformis* (Rhodophyta). *Fisheries and Aquatic Sciences*, 20(1), 18. doi:10.1186/s41240-017-0063-y

Kang, L.-K., Huang, Y.-J., Lim, W.-T., Hsu, P.-H., ve Hwang, P.-A. (2020). Growth, pigment content, antioxidant activity, and phytoene desaturase gene expression in *Caulerpa lentillifera* grown under different combinations of blue and red light-emitting diodes. *Journal of Applied Phycology*. doi:10.1007/s10811-020-02082-8

Karawita, R., Siriwardhana, N., Lee, K.-W., Heo, M.-S., Yeo, I.-K., Lee, Y.-D., ve Jeon,

Y.-J. (2005). Reactive oxygen species scavenging, metal chelation, reducing power and lipid peroxidation inhibition properties of different solvent fractions from *Hizikia fusiformis*. *European Food Research and Technology*, 220(3), 363-371. doi:10.1007/s00217-004-1044-9

Kelman, D., Posner, E. K., McDermid, K. J., Tabandera, N. K., Wright, P. R., ve Wright, A. D. (2012). Antioxidant activity of Hawaiian marine algae. *Marine Drugs*, 10(2), 403-416. doi:10.3390/md10020403

Kumar, J., Khan, S., Mandotra, S. K., Dhar, P., Tayade, A. B., Verma, S., Toppo, K., Arora, R., Upreti, D. K., ve Chaurasia, O. P. (2019). Nutraceutical profile and evidence of alleviation of oxidative stress by *Spirogyra porticalis* (Muell.) Cleve inhabiting the high altitude Trans-Himalayan Region. *Scientific Reports*, 9(1), 4091. doi: 10.1038/s41598-018-35595-x

Kumari, P., Kumar, M., Reddy, C. R. K., ve Jha, B. (2013). Nitrate and Phosphate Regimes Induced Lipidomic and Biochemical Changes in the Intertidal Macroalga *Ulva lactuca* (Ulvophyceae, Chlorophyta). *Plant and Cell Physiology*, 55(1), 52-63. doi:10.1093/pcp/pct156

Lara, C., Romero, J. M., & Guerrero, M. G. (1987). Regulated nitrate transport in the cyanobacterium *Anacystis nidulans*. *Journal of Bacteriology*, 169(9), 4376-4378. doi:10.1128/jb.169.9.4376-4378.1987

Lavania, B., Azman, S., Mohd Said, M. I., Ahmad, F., ve Mohamad, M. (2014). Biofiltration potential of macroalgae for ammonium removal in outdoor tank shrimp wastewater recirculation system. *Biomass and Bioenergy*, 66, 103-109. doi: 10.1016/ j.biombioe.2014.02.031

Lichtenthaler, H. K. (1987). Chlorophylls and Carotenoids: Pigments of Photosynthetic Biomembranes. *Methods in Enzymology*, 148, 350-382. doi:10.1016/0076-6879(87) 48036-1

Lobban, C. S., ve Harrison, P. J. (1994). Seaweed Ecology and Physiology. (s.100-250) içinde. Cambridge: Cambridge University Press.

López-Figueroa, F., ve Rüdiger, W. (1991). Stimulation of nitrate net uptake and reduction by red and blue light and reversion by far-red light in the green alga *Ulva rigida*. *Journal of Phycology*, 27(3), 389-394. doi:10.1111/j.0022-3646.1991.00389.x

Luo, H., Wang, B., Yu, C., Qu, Y., ve Su, C.-L. (2010). Evaluation of antioxidant activities of five selected brown seaweeds from China. *Journal of Medicinal Plants Research*, 4, 2557-2565. Erişim adresi: https://www.researchgate.net/ publication/267218858

_Evaluation_of_antioxidant_activities_of_five_selected_brown_seaweeds_from_China

Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Rémésy, C., ve Jiménez, L. (2004). Polyphenols: food sources and bioavailability. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 79(5), 727-747. doi:10.1093/ajcn/79.5.727

McCauley, J. I., Winberg, P. C., Meyer, B. J., ve Skropeta, D. (2018). Effects of nutrients and processing on the nutritionally important metabolites of *Ulva* sp. (Chlorophyta). *Algal Research*, 35, 586-594. doi: 10.1016/j.algal.2018.09.016

Meenakshi, S., Manicka Gnanambigai, D., Tamil mozhi, S., Arumugam, M., ve Balasubramanian, T. (2009). Total Flavonoid and in vitro Antioxidant Activity of Two Seaweeds of Rameshwaram Coast. *Global Journal of Pharmacology*, 3(2), 59-62. Erişim adresi: https://www.researchgate.net/profile/Arumugam_Muthuvel/publication/200711956_Total_Flavanoid_and_in_vitro_Antioxidant_Activity_of_Two_Seaweeds_from_Rameshwaram_Coast/links/0fcfd50fd76a608956000000/Total-Flavanoid-and-in-vitro-Antioxidant-Activity-of-Two-Seaweeds-from-Rameshwaram-Coast.pdf

Naldi, M., ve Wheeler, P. A. (2002). 15N measurements of ammonium and nitrate uptake by *Ulva fenestrata* (Chlorophyta) and *Gracilaria pacifica* (Rhodophyta): Comparsion of net nutrient disapperance, release of ammonium and nitrate, and 15N accumulation in algal tissue. *Journal of Phycology*, 38(1), 135-144. doi:10.1046/j.1529-8817.2002.01070.x

Nelson, D. L., ve Cox, M. M. (2013). Lehninger biyokimyanın ilkeleri/ Beşinci baskıdan çeviri (M. Çeviri Editörü: Elçin, Trans.). (s. 200-350) içinde. Ankara: Palme yayıncılık.

Ortiz, J., Romero, N., Robert, P., Araya, J., Lopez-Hernández, J., Bozzo, C., Navarrete, E., Osorio, A., ve Rios, A. (2006). Dietary fiber, amino acid, fatty acid and tocopherol contents of the edible seaweeds *Ulva lactuca* and *Durvillaea antarctica*. *Food Chemistry*, 99(1), 98-104. doi:10.1016/j.foodchem.2005.07.027

Phang, S.-M., Yeong, H.-Y., Lim, P.-E., Md Nor, A. R., ve Tee Gan, K. (2010). Commercial varieties of *Kappaphycus* and *Eucheuma* in Malaysia. *Malaysian Journal of Science*(3), 214-224. doi:10.22452/mjs.vol29no3.4

Phyconomy. (2020, 15 Kasım). A database of seaweed and microalgae companies [Online]. Erişim adresi: https://phyconomy.net/database/

Piluzza, G., ve Bullitta, S. (2011). Correlations between phenolic content and antioxidant

properties in twenty-four plant species of traditional ethnoveterinary use in the Mediterranean area. *Pharmaceutical Biology*, 49(3), 240-247. doi:10.3109/13880209.2010.501083

Plaza, M., Santoyo, S., Jaime, L., García-Blairsy Reina, G., Herrero, M., Señoráns, F. J., ve Ibáñez, E. (2010). Screening for bioactive compounds from algae. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 51(2), 450-455. doi:10.1016/j.jpba.2009.03.016

Price, M. L., Van Scoyoc, S., ve Butler, L. G. (1978). A critical evaluation of the vanillin reaction as an assay for tannin in sorghum grain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 26(5), 1214-1218. doi:10.1021/jf60219a031

Quettier-Deleu, C., Gressier, B., Vasseur, J., Dine, T., Brunet, C., Luyckx, M., Cazin, M., Cazin, J.-C., Bailleul, F., ve Trotin, F. (2000). Phenolic compounds and antioxidant activities of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) hulls and flour. *Journal of Ethnopharmacology*, 72(1), 35-42. doi:10.1016/S0378-8741(00)00196-3

Raja, R., Hemaiswarya, S., Arunkumar, K., ve Carvalho, I. S. (2016). Antioxidant activity and lipid profile of three seaweeds of Faro, Portugal. *Brazilian Journal of Botany*, 39(1), 9-17. doi:10.1007/s40415-015-0200-8

Ramlov, F., Souza, J. M. C., Faria, A. V. F., Maraschin, M., Horta, P. A., ve Yokoya, N. S. (2011). Growth and accumulation of carotenoids and nitrogen compounds in *Gracilaria domingensis* (Kütz.) Sonder ex Dickie (Gracilariales, Rhodophyta) cultured under different irradiance and nutrient levels. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 21, 255-261. doi:10.1590/S0102-695X2011005000081

Ramus, J., ve Venable, M. (1987). Temporal ammonium patchiness and growth rate in *Codium* and *Ulva* (Ulvophyceae). *Journal of Phycology*, 23(4), 518-523. doi:10.1111/j.1529-8817.1987.tb04200.x

Rebaya, A., Belghith, S. I., Baghdikian, B., Leddet, V. M., Mabrouki, F., Olivier, E., Cherif, J. K., ve Ayadi, M. T. (2015). Total Phenolic, Total Flavonoid, Tannin Content, and Antioxidant Capacity of *Halimium halimifolium* (Cistaceae). *Journal of Applied Pharmaceutical Science*. 5(1): 52-57. doi:10.7324/japs.2015.50110

Reidenbach, L. B., Fernandez, P. A., Leal, P. P., Noisette, F., McGraw, C. M., Revill, A. T., Hurd, C. L., ve Kübler, J. E. (2017). Growth, ammonium metabolism, and photosynthetic properties of *Ulva australis* (Chlorophyta) under decreasing pH and ammonium enrichment. PLoS One, 12(11): e0188389 doi:10.1371/journal.pone. 0188389

Rice-Evans, C., Miller, N., ve Paganga, G. (1997). Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends in Plant Science*, 2(4), 152-159. doi:10.1016/S1360-1385(97)01018-2

Rodrigo, R., ve Bosco, C. (2006). Oxidative stress and protective effects of polyphenols: Comparative studies in human and rodent kidney. A review. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 142(3), 317-327. doi:10.1016/j.cbpc.2005.11.002

Rowan, K. S. (1989). Photosynthetic pigments of algae, (s. 1-334) içinde. Cambridge, Cambridge University Press.

Shahar, B., Shpigel, M., Barkan, R., Masasa, M., Neori, A., Chernov, H., Salomon, E., Kiflawi, M., ve Guttman, L. (2020). Changes in metabolism, growth and nutrient uptake of *Ulva fasciata* (Chlorophyta) in response to nitrogen source. *Algal Research*, 46, 101781. doi:10.1016/j.algal.2019.101781

Shengqi, S., Zhou, Y., Qin, J. G., Wang, W., Yao, W., ve Song, L. (2012). Physiological responses of *Egeria densa* to high ammonium concentration and nitrogen deficiency. *Chemosphere*, 86(5), 538-545. doi:10.1016/j.chemosphere.2011.10.036

Sindhi, V., Gupta, V., Sharma, K., Bhatnagar, S., Kumari, R., ve Dhaka, N. (2013). Potential applications of antioxidants – A review. *Journal of Pharmacy Research*, 7(9), 828-835. doi:10.1016/j.jopr.2013.10.001

Smith, S. V. (1981). Marine Macrophytes as a Global Carbon Sink. *Science*, 211(4484), 838-840. doi:10.1126/science.211.4484.838

Steffensen, D. A. (1976). The effect of nutrient enrichment and temperature on the growth in culture of *Ulva lactuca* L. *Aquatic Botany*, 2, 337-351. doi:10.1016/0304-3770(76)90031-0

Taylor, M. W., Barr, N. G., Grant, C. M., ve Rees, T. A. V. (2006). Changes in amino acid composition of *Ulva intestinalis* (Chlorophyceae) following addition of ammonium or nitrate. *Phycologia*, 45(3), 270-276. doi:10.2216/05-15.1

Thomas, T. E., ve Harrison, P. J. (1987). Rapid ammonium uptake and nitrogen interactions in five intertidal seaweeds grown under field conditions. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 107(1), 1-8. doi:10.1016/0022-0981(87)90118-3

Toth, G. B., Harrysson, H., Wahlström, N., Olsson, J., Oerbekke, A., Steinhagen, S., Kinnby, A., White, J., Albers, E., Edlund, U., Undeland, I., ve Pavia, H. (2020). Effects of irradiance, temperature, nutrients, and pCO_2 on the growth and

biochemical composition of cultivated *Ulva fenestrata*. *Journal of Applied Phycology*, 32:3243–3254. doi:10.1007/s10811-020-02155-8

Troell, M., Halling, C., Nilsson, A., Buschmann, A. H., Kautsky, N., ve Kautsky, L. (1997). Integrated marine cultivation of *Gracilaria chilensis* (Gracilariales, Rhodophyta) and salmon cages for reduced environmental impact and increased economic output. *Aquaculture*, 156(1), 45-61. doi:10.1016/S0044-8486(97)00080-X

Turpin, D. H., Elrifi, I. R., Birch, D. G., Weger, H. G., ve Holmes, J. J. (1988). Interactions between photosynthesis, respiration, and nitrogen assimilation in microalgae. *Canadian Journal of Botany*, 66(10), 2083-2097. 66(10): 2083-2097.doi:10.1139/b88-286

Ünver Alçay, A., Bostan, K., Dinçel, E., ve Varlık, C. (2017). Alglerin insan gıdası olarak kullanımı. *Aydın Gastronomy*, 1, 47-59. Erişim adresi: https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/356875

Vandermeulen, H., ve Gordin, H. (1990). Ammonium uptake using *Ulva* (Chlorophyta) in intensive fishpond systems: mass culture and treatment of effluent. *Journal of Applied Phycology*, 2(4), 363-374. doi:10.1007/bf02180927

Vasconcelos, J. B., de Vasconcelos, E. R. T. P. P., Urrea-Victoria, V., Bezerra, P. S., Reis, T. N. V., Cocentino, A. L. M., Navarro, D. M. A. F., Chow, F., Areces, A. J., ve Fujii, M. T. (2019). Antioxidant activity of three seaweeds from tropical reefs of Brazil: potential sources for bioprospecting. *Journal of Applied Phycology*, 31(2), 835-846. doi:10.1007/s10811-018-1556-5

Vega, J., Álvarez-Gómez, F., Güenaga, L., Figueroa, F. L., ve Gómez-Pinchetti, J. L. (2020). Antioxidant activity of extracts from marine macroalgae, wild-collected and cultivated, in an integrated multi-trophic aquaculture system. *Aquaculture*, 522, 735088. doi:10.1016/j.aquaculture.2020.735088

Viaroli, P., Naldi, M., Bondavalli, C., ve Bencivelli, S. (1996). Growth of the seaweed Ulva rigida C. Agardh in relation to biomass densities, internal nutrient pools and external nutrient supply in the Sacca di Goro lagoon (Northern Italy). *Hydrobiologia*, 329(1), 93-103. doi:10.1007/bf00034550

Williams, K., Percival, F., Merino, J., ve Mooney, H. A. (1987). Estimation of Tissue Construction Cost from Heat of Combustion and Organic Nitrogen Content. *Plant, Cell & Environment*, 10(9), 725-734. doi:10.1111/1365-3040.ep11604754

Xu, Z., ve Gao, K. (2012). NH_4^+ enrichment and UV radiation interact to affect the photosynthesis and nitrogen uptake of *Gracilaria lemaneiformis* (Rhodophyta).

Marine Pollution Bulletin, 64(1), 99-105. doi:10.1016/j.marpolbul.2011.10.016

Yahoo Finance (2020, 15 Kasım). $30+Billion seaweed cultivation (Red, brown, green) market-Global Forecast to 2025 [Online]. Erişim adresi: https://finance.yahoo.com/amphtml/news/30-billion-seaweed-cultivation-red-122900294.html?__twitter_impression=true

Zhang, Y., Unnikrishnan, A., Deepa, S. S., Liu, Y., Li, Y., Ikeno, Y., Sosnowska, D., Van Remmen, H., ve Richardson, A. (2017). A new role for oxidative stress in aging: The accelerated aging phenotype in Sod1−/− mice is correlated to increased cellular senescence. *Redox Biology*, 11, 30-37. doi:10.1016/j.redox.2016.10.014

Zou, D., Gao, K., ve Ruan, Z. (2001). Effects of elevated CO_2 concentration on photosynthesis and nutrients uptake of *Ulva lactuca*. *Journal of Ocean University of Qingdao*, 31(6), 877-882. Erşim adresi: https://europepmc.org/article/cba/355119

Zubek, S., Mielcarek, S., ve Turnau, K. (2012). Hypericin and pseudohypericin concentrations of a valuable medicinal plant *Hypericum perforatum* L. are enhanced by arbuscular mycorrhizal fungi. *Mycorrhiza*, 22(2), 149-156. doi:10.1007/s00572-011-0391-1

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Özge ÖZGÜR

Doğum Yeri :

Doğum Tarihi :

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : İstanbul Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Mühendisliği Bölümü, 2017

Yüksek Lisans Öğrenimi : Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Su Ürünleri Yetiştiriciliği Anabilim Dalı

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

BİLİMSEL FAALİYETLERİ

a) Bildiriler

1) Uluslararası

Özgür Ö., Ak İ., 2019. Azot Konsantrasyonlarının Yeşil alglerden *Ulva rigida*'nın Büyüme ve Antioksidan İçeriğine Etkisi. III. Uluslararası Farkındalık Konferansı. 5-7 Aralık 2019, Çanakkale/Türkiye.

Özgür Ö., Ak İ., 2019. Short-term Effects on Ammonium Nitrate Concentrations of Growth and Antioxidant Properties of *Ulva rigida* (Chlorophyta). The third International Conference on Materials and Environmental Science (ICMES 2019). 18-20 December 2019. Agadir/Morocco.

b) Katıldığı Projeler

Ak, İ., Özgür, Ö., Devam eden Proje. Azot Kaynaklarının ve Konsantrasyonlarının *Ulva rigida* (Ulvophyceae) C. Agardh'ın Büyüme ve Antioksidan İçeriklerine Etkisi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, FYL-2019-2898, Yüksek Lisans Araştırma Projesi.

İŞ DENEYİMİ

Çalıştığı Kurumlar ve Yıl: Binbir Gıda Ayvalık Tuz İşletmesi, Karides Üretim Projesi, Ağustos 2017-Şubat 2018.
İda Gıda Ltd. Şti. Ocak 2020-Devam ediyor.

İLETİŞİM

E-posta Adresi :

ORCID : 0000-0003-0446-7794