Dasya rigidula **TÜRÜNÜN ANTİOKSİDAN POTANSİYELİ**

Esra BELİK

T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Dasya rigidula TÜRÜNÜN ANTİOKSİDAN POTANSİYELİ

Esra BELİK
0009-0000-5548-8347

Prof. Dr. Gamze YILDIZ
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2024
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Dasya rigidula TÜRÜNÜN ANTİOKSİDAN POTANSİYELİ

Esra BELİK

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Gamze YILDIZ

Organizmada, oksijen reaksiyonlarında elektronu eşlenmemiş atom ve moleküller oluşmaktadır. Serbest radikal olarak adlandırılan yapılar dış orbitallerinde eksik elektron bulundururlar. Serbest radikaller kararsız yapıda bulunurlar. Kararlı yapıya geçmek için moleküllerle reaksiyona girerler. Serbest radikaller aynı zamanda oksidan olarak da adlandırılırlar. Oksidanlar, nükleik asit, lipid ve protein yapılarını hasara uğratarak yapılarına zarar verebilmektedirler. Temel bileşenlerde oluşan hasar ise kanser, bağışıklık sorunları ve tansiyon hastalıklarına sebebiyet verebilir. (Ngo ve diğerleri, 2010). Organizmada oksidanların etkisinden korunmak için gerekli olan antioksidan molekülleri bulunur. Kısaca antioksidan terimini, vücutta üretilen veya gıdalardan sağlanan, hücre hasarını önleyen bileşikler olarak tanımlayabiliriz. Antioksidanlar, doğal olarak vücutta üretilebilirler ya da dışarıdan ek olarak alınabilirler. Algler, günümüzde doğal antioksidan kaynağı olarak sentetiklere kıyasla daha fazla tercih edilebilmektedirler (Gey, 1990).

Dasya rigidula (Kützing) Ardissone 1878, (Rhodophyta) Mudanya, Bursa denizin kıyı kesimlerinden kısımlarından toplanmıştır. *Dasya rigidula* türünün farklı çözücülerle (metanol, %25 metanol, kloroform ve dietil eter) antioksidan potansiyeli belirlenmiştir. Soxhlet kullanılarak ekstraksiyonları yapılmıştır. Evaporatör yardımı ile çözücüler uçurularak özüt eldesi yapılmıştır. Bu özütler kullanılarak türün 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radikal süpürücü aktivite, indirgeme gücü, toplam fenol ve toplam flavonoid içerikleri belirlenmiştir.

Kloroform ile hazırlanan özütün en yüksek DPPH süpürücü aktivitesine sahip olduğunu görülmüştür. Kloroformla hazırlanmış özüt en yüksek indirgeme gücüne sahiptir. Kloroform ve dietil eterle hazırlanan özütler en yüksek fenolik içeriğe sahiptirler. Kloroform ve dietil eterle hazırlanmış özütlerde en yüksek flavonoid değerleri görülmüştür. Kloroform ve dietil eterle hazırlanmış özütler, metanol ve %25 metanol ile hazırlanmış özütlere oranla yüksek antioksidan etki gösterdikleri gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Antioksidan, *Dasya*, DPPH, Toplam Fenol
2024, vii + 37 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

INVESTIGATION ANTIOXIDANT POTENTIAL OF *Dasya rigidula*

Esra BELİK

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

Supervisor: Prof. Dr. Gamze YILDIZ

In the organism, atoms and molecules with unpaired electrons are formed in oxygen reactions. Structures called free radicals have missing electrons in their outer orbitals. Free radicals exist in an unstable structure. They react with molecules to reach a stable structure. Free radicals are also called oxidants. Oxidants can damage nucleic acid, lipid and protein structures by damaging their structures. Damage to basic components can cause cancer, immune problems and blood pressure diseases. (Ngo et al., 2010). There are antioxidant molecules necessary to protect the organism from the effects of oxidants. Briefly, we can define the term antioxidant as compounds that prevent cell damage, produced in the body or obtained from foods. Antioxidants can be produced naturally in the body or taken externally as a supplement. Algae are now more preferred as a source of natural antioxidants than synthetic ones (Gey, 1990).

Dasya rigidula (Kützing) Ardissone 1878, (Rhodophyta) was collected from the coastal parts of the sea in Mudanya, Bursa. The antioxidant potential of Dasya rigidula species was determined with different solvents (methanol, 25% methanol, chloroform and diethyl ether). Extractions were made using Soxhlet. The extract was obtained by evaporating the solvents with the help of an evaporator. Using these extracts, the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity, reducing power, total phenol and total flavonoid contents of the species were determined.

It was observed that the extract prepared with chloroform had the highest DPPH scavenging activity. The extract prepared with chloroform has the highest reducing power. Extracts prepared with chloroform and diethyl ether have the highest phenolic content. The highest flavonoid values were observed in extracts prepared with chloroform and diethyl ether. It was observed that extracts prepared with chloroform and diethyl ether showed higher antioxidant effects than extracts prepared with methanol and 25% methanol.

Key words: Antioxidant, *Dasya*, DPPH, Total Phenol
2024, vii + 37 pages.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmalarım süresince ilgi, bilgi ve imkanlarını esirgemeyip değerli tecrübe ve fikirleriyle beni yönlendirerek her alanda destek ve yardımcı olan kıymetli danışmanım Prof. Dr. Gamze YILDIZ'a teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans öğrenimim boyunca yardımlarını esirgemeyip bana destek olan değerli arkadaşlarım Seher OK HAYRANDERE ve Nergis COŞKAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca her an beni maddi ve manevi destekleyen, koşulsuz sevgilerini daima hissettiren sevgili annem Saliha ŞAHİNOĞLU ve babam Muharrem ŞAHİNOĞLU'na teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım boyunca beni sabırla dinleyip her konuda anlayışla yaklaşarak ilgi ve desteğini esirgemeyen sevgili eşim Yavuz BELİK'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Esra BELİK
…/…/…….

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET……...vii
ABSTRACT……ix
TEŞEKKÜR..x
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ ..xii
ŞEKİLLER DİZİNİ..xiii
1. GİRİŞ…...……..1
2. KURAMSAL TEMELLER ..3
2.1. Serbest Radikaller ve Antioksidanlar..3
2.1.1. Serbest Radikaller ..3
2.1.2. Reaktif Oksijen Türleri…….6
2.1.3. Antioksidanlar……..7
2.2. Oksidatif Stres……...10
2.3. Algal Antioksidanlar……12
2.3.1. Tokoferoller (E vitamini)……...13
2.3.2. C vitamini……...13
2.3.3. Karotenoidler……14
2.3.4. Fenolik Bileşikler……...15
2.3.5. Klorofiller…….…15
2.4. Makroalgler……...16
2.4.1. Dasya rigidula Türünün Genel Özellikleri……..…17
3. MATERYAL ve YÖNTEM..19
3.1. Kullanılan Cihazlar ..19
3.2. Alg Örneklerinin Analize Hazırlanması..19
3.2.1. Çalışma Alanının Tanımı ve Örnek Alma İstasyonu…….19
3.2.2. Alg Örneklerinin Temin Edilmesi, Kurutulması ve Ekstraksiyonu……20
3.3. Uygulanan Yöntemler……...…21
3.3.1. İndirgeme Gücü……..…21
3.3.2. Toplam Fenol Miktarı……21
3.3.3. Toplam Flavonoid Miktarı……21
3.3.4. DPPH Radikal Süpürme Aktivitesi……22
3.4. İstatistiksel Analiz……..…22
4. BULGULAR ..23
5. TARTIŞMA ve SONUÇ..28
KAYNAKLAR ..34
ÖZGEÇMİŞ ..……..37

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	**Açıklama**
$6AlCl_3$	alüminyum klorid hekzahidrat
$FeCl_3$	demir (III) klorür
g	gram
H	hidrojen
H_2O_2	hidrojen peroksil
OH	hidroksil
HO_2	hidroperoksil
C	karbon
km	kilometre
µg	mikrogram
µl	mikrolitre
µ	mikron
ml	mililitre
M	molar
nm	nanometre
$K_3Fe(CN)_6$	potasyum ferrisiyanür
Na_2CO_3	sodyum karbonat
H_2O	su
O_2^-	süperoksit radikali

Kısaltmalar	**Açıklama**
DPPH	2,2-difenil-1-pikrilhidrazil
BHA	beta hidroksi asit
PUFA	çoklu doymamış yağ asitleri
DNA	deoksiribo nükleik asit
FCR	folin-coicalteus
GA	gallik asit
GPx	glutatyon peroksidaz
HOCl	hipokloröz asit
IC_{50}	inhibitör konsantrasyon
NADPH	nikotinamid adenin dinükleotit fosfat
LDL	plazma lipoproteini
RNS	reaktif azot türevleri
ROS	reaktif oksijen türevleri
SOD	süperoksit dismutaz
TCA	trikloroasetik asit

ŞEKİLLER DİZİNİ

		Sayfa
Şekil 2.1.	Serbest radikal ve dış orbitalindeki eksik elektron	3
Şekil 2.2.	Serbest radikal türleri	6
Şekil 2.3.a	Serbest radikaller ve antioksidanlar arasındaki homeostasi	10
Şekil 2.3.b.	Serbest radikaller ve antioksidanlar arasındaki oksidatif stres	10
Şekil 2.4.	Serbest radikallerin protein, nükleik asit ve lipid moleküllerinde oksidatif hasarı	12
Şekil 2.5.	E vitamini kimyasal yapısı	13
Şekil 2.6.	C vitamini kimyasal yapısı	14
Şekil 2.7.	β-Karoten kimyasal yapısı	14
Şekil 2.8.	Flavonoid kimyasal yapısı	15
Şekil 2.9.	Klorofil a ve klorofil b kimyasal yapısı	15
Şekil 2.10.	*Dasya rigidula* türünün dünya haritası üzerinde dağılımı	17
Şekil 2.11.	*Dasya rigidula* türünün güncel sistematik bilgileri	18
Şekil 3.1.	Türkiye'nin genel konumu, Marmara Denizi ve Mudanya istasyonu	20
Şekil 4.1.	Farklı çözücülerle hazırlanan *Dasya rigidula* özütlerinin indirgeme gücü	23
Şekil 4.2.	Farklı derişimlerdeki pozitif kontrol örneklerinin indirgeme gücü	23
Şekil 4.3.	Farklı çözücülerle hazırlanan *Dasya rigidula* özütlerinin toplam fenol miktarı	25
Şekil 4.4.	Farklı çözücülerle hazırlanan *Dasya rigidula* özütlerinin toplam flavonoid miktarı	25
Şekil 4.5.	Farklı çözücülerle hazırlanan *Dasya rigidula* özütlerinin DPPH radikal süpürme aktiviteleri	26
Şekil 4.6.	Farklı çözücülerle hazırlanan *Dasya rigidula* özütlerinin IC_{50} değerleri	27

1. GİRİŞ

Organizma, oksijen reaksiyonlarında dış orbitallerinde eşlenmemiş elektrona sahip atom ve moleküller oluşturmaktadır. Serbest radikaller adı ve oksidan olarak da adlandılan moleküller eksik elektrona sahiptirler (Heeseman, 1993). Serbest radikallerin kaynağı oksijen ve azot türevli olabilir. Bu tür oksidanlara reaktif oksijen türleri (ROS) ve reaktif azot türleri (RNS) denilmektedir. Reaktif oksijen türleri, zincir reaksiyonunu başlatır ve yayılmasına sebep olur. ROS molekülleri oksijenin reaktif formlarının tamamını kapsar. Serbest radikaller, reaktif özellikleri yapılarındaki eşleşmemiş elektronların varlığından kaynaklanan ve çok kısa bir zaman aralığı için bağımsız olarak var olma kapasitesine sahip, oldukça reaktif ara kimyasalların bir sınıfını temsil etmektedir (Ke Cui vd., 2004).

Reaktif türlerin çoğu serbest radikallerdir ve eşleşen çiftlere sahip olmak yerine bir veya daha fazla serbest yüzen elektron fazlalığına sahiptirler ve bu nedenle kararsız ve oldukça reaktiftirler (Bagchi ve Puri, 1998). Serbest radikaller ve reaktif türler ya normal temel metabolik süreçlerden ya da röntgen, ozon, hava kirleticileri, çeşitli kimyasallar vb. gibi etkenler ile oluşur. Bunun sonucunda hücresel yapılara (karbonhidrat, lipid, protein) ve DNA'da oksidatif hasara sebebiyet verir (Bagchi ve Puri, 1998).

Oksidanlar ile onlarla savaşan antioksidanlar arasındaki denge (Şekil 2.3.), fizyolojik fonksiyonlar için büyük önem taşımaktadır (Lobo vd., 2010). Bazı durumlarda, serbest radikal türleri antioksidanlara oranla çok daha fazla üretilir ve oksidatif denge bozulur. Bunun sonucunda da oksidatif stres meydana gelir (Pisoschi ve Pop, 2015). Oksidatif strese sebep olan yapılar oldukça yüksek reaktif aktiviteye sahiptir ve temel hücresel bileşenler başta olmak üzere pek çok biyomolekülde oksidasyona yol açabilir (Rao ve Moller, 2011).

Antioksidanlar, insan vücudunda oluşan oksidanları temizleyerek oksidatif stresi ortadan kaldırır. Serbest radikallerin yol açtığı hücresel hasarları ortadan kaldırabilen maddelerdir. Bu antioksidanlar, doğal metabolik süreçler sonucunda üretilebildikleri gibi dışarıdan ilave olarak da alınabilirler (Karabulut ve Gülay, 2016). Dolayısıyla doğal ve

sentetik olarak sınıflandırılabilirler. Bileşimleri, fiziksel ve kimyasal özellikleri, mekanizmaları ve etki bölgeleri bakımından farklılık gösterebilir.

Alglerde bulunan ana antioksidanlar C ve E vitaminleri, karotenoidler (β ve α-karoten, zeaksantin, neoksantin, vb.) polifenoller ve klorofillerdir. C vitamini sahip olduğu antioksidan özelliğinden dolayı oksidanların önlenmesinde etkilidir (Güçlü vd., 2005). E vitamininin antioksidan özelliği 6 numaralı C atomuna bağlı -OH grubundan gelir (Rizvi vd., 2014). Doğal antioksidanlar olan fenolik bileşikler ve flavonoidler, hücrede kararsız yapıda bulunan serbest radikalleri nötralize edebilmektedirler. Karotenoidlerin konjuge çift bağları antioksidan etkilerini belirler (Bağdatlıoğlu ve Demirbüker, 1999). Klorofiller çok önemli antioksidan kaynağıdır ve serbest radikallerin oluşumunu engellemektedirler (İnanç, 2011).

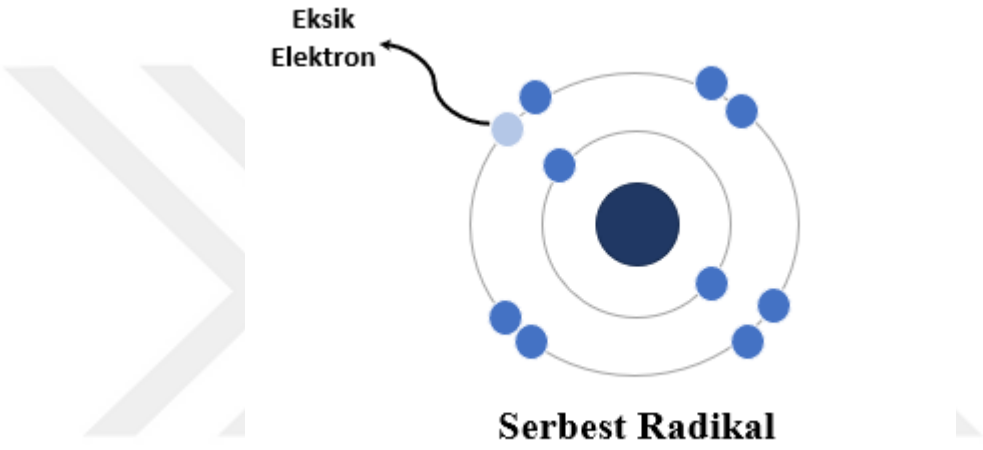
Yapılan çalışmada, alglerin yüksek besin içeriğine sahip olduğu baz alınarak, *Dasya rigidula* (Kützing) Adissone, türünün antioksidan potansiyel gösterdiğini tespit etmek amacıyla çeşitli çözücüler (metanol, %25 metanol, kloroform, dietil eter) kullanılarak yapılan ekstraktların sahip oldukları indirgeme gücü, DPPH radikal süpürme aktivitesi, toplam fenol ve toplam flavonoid miktarları belirlenmiştir. Yapılan çalışmada, antioksidan özelliğe sahip olduğu belirlenen alg türünün gıda ve ilaç sanayine katkı sağlaması hedeflenmiştir.

2. KURAMSAL TEMELLER

2.1. Serbest Radikaller ve Antioksidanlar

2.1.1. Serbest radikaller

Serbest radikaller (Şekil 2.1); dış yörüngelerinde eşlenmemiş elektron taşıyan yapılardır (Karabulut ve Gülay, 2016). Radikal olan ve olmayan formları içerdikleri için yüksek reaktif özelliğe sahip moleküllerdir (Gupta vd., 2014). Kararsız halde bulunurlar (Yarosz ve Chang, 2018) ve kısa ömürlü bileşenlerdir (Mercan, 2004).



Şekil 2.1. Serbest radikal ve dış orbitalindeki eksik elektron.

Serbest radikal kaynakları iç ve dış kaynaklar ve fizyolojik faktörler olarak sınıflandırılabilir.

İç kaynaklar, serbest radikallerin kaynağı olarak hizmet eden enzimatik reaksiyonlar olabilir. Bunlar, solunum zincirinde, fagositozda, prostaglandin sentezinde ve sitokrom P450 sisteminde yer alan reaksiyonları içerir. Serbest radikal oluşumunun bazı iç kaynakları mitokondri, ksantin oksidaz, fagositler, demir ve diğer geçiş metallerini içeren reaksiyonlar, peroksizomlar, araşidonat yolları, egzersiz, iskemi/reperfüzyon, inflamasyondur.

Dış kaynaklar, oksijenin organik bileşiklerle enzimatik olmayan reaksiyonlarını içerir. İyonlaştırıcı radyasyonlarla başlatılan reaksiyonlarda da serbest radikaller ortaya çıkar. Serbest radikallerin bazı dış kaynakları sigara dumanı, çevreyi kirleten maddeler,

radyasyonlar, ultraviyole ışık, ozon, bazı ilaçlar, pestisitler, anestezikler ve endüstriyel solventlerdir.

Fizyolojik faktörler ise stres, duygu vb. zihinsel durumlar ve hastalık durumları da serbest radikallerin oluşumundan sorumludur.

İnsan vücudunda ve gıda sisteminde çok çeşitli oksijensiz radikaller ve diğer reaktif türler oluşabilmektedir. Geçiş metali iyonları serbest radikallerin neden olduğu hasarı hızlandırır. Bu tür oksidatif hasar karsinogenez, yaşlanma ve ateroskleroz ile sonuçlanır (Yagi, 1987; Cutler, 1984, 1992).

Oksidanları oluşturan üç temel yol bulunur (Kılınç, 2002):

• Molekülün kovalent bağının eşit ayrılmasıyla, her bir parça eşleştirilmiş elektronlardan birini tutar.

$$X{:}\ Y \longrightarrow X^{*} + Y^{*}$$

• Molekülden bir elektron kaybıyla.

$$X{:}\ Y \longrightarrow X^{+} + Y^{-}$$

• Moleküle bir elektron eklenmesiyle.

$$X + e^{-} \longrightarrow X^{-}$$

Bir radikal genellikle zincirleme reaksiyon şeklinde ilerler. Eşlenmemiş elektronunu başka bir moleküle bağlayabilir ya da başka bir molekülden elektron alabilir, sadece moleküle de katılabilir. (Halliwell ve Gutteridge, 1984).

Serbest radikaller, ateroskleroz, diyabet, iskemi/reperfüzyon hasarı, inflamatuar hastalıklar (romatoid artrit, inflamatuar bağırsak hastalıkları ve pankreatit), kanser, nörolojik hastalıklar, hipertansiyon vb. gibi çok çeşitli fizyolojik fonksiyonları etkileyen hastalıklara neden olur (Ke Cui vd., 2004). Ancak serbest radikaller her zaman zararlı değildir. Ayrıca insan vücudunda yararlı amaçlara da hizmet ederler. Canlı sistemdeki oksijen radikalleri muhtemelen hücresel yapının olgunlaşma sürecinde gerekli bileşiklerdir. Beyaz kan hücreleri, hastalıklara karşı vücut savunma mekanizmasının bir

parçası olarak serbest radikaller salgılar. Dolayısıyla bu radikallerin tamamen yok edilmesi sadece imkansız değil aynı zamanda zararlı da olacaktır (Bagchi ve Puri, 1998).

Bazı yapılar oldukça yüksek reaktif aktiviteye sahiptir. Protein, nükleik asit ve lipid gibi temel yapıları hasara uğratarak organizmada birçok tahribata sebep olabilirler (Rao ve Moller, 2011). Bu yapılar aşağıda detaylandırılmıştır;

Hidroperoksil radikali: Perhidroksil radikali olarak da adlandırılabilir. Şekil 2.2'de gösterildiği üzere HO_2 kimyasal formülüne sahip süperoksitin protonlanmış formudur. Hidroperoksil, bir protonun bir oksijene aktarılmasıyla oluşur. HO_2, lipit çift katmanındaki tokoferol ve çoklu doymamış yağ asitlerinden hidrojen atomlarının çıkarılması gibi biyolojik açıdan önemli bir dizi reaksiyonda oksidan olarak görev alabilir. Bu sayede lipid peroksidasyonunun başlatıcısı olarak çalışabilir.

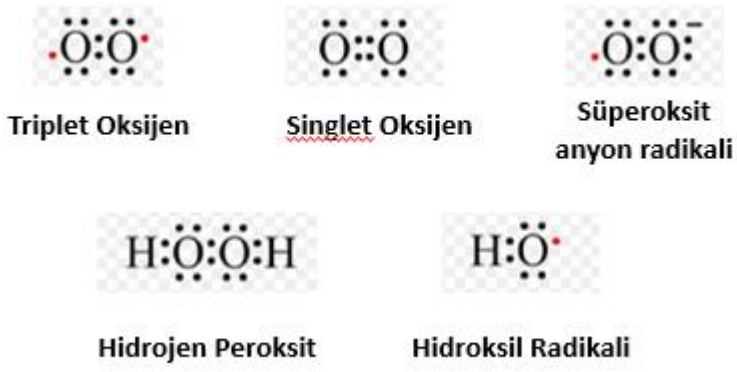
Süperoksit radikali: Şekil 2.2'de gösterimi yapılmıştır. Bu radikal, oksidan veya indirgeyici olarak görev yapabilmektedir. Protonlanmış formunda (pKa 4.8), süperoksit formları ve güçlü bir oksidan olan perhidroksil radikali oluşur (Gebicki ve Bielski, 1981) ancak fizyolojik pH'taki düşük konsantrasyonu nedeniyle biyolojik önemi muhtemelen küçüktür.

Hidrojen peroksit: Şekil 2.2'de H_2O_2 yapısı görülmektedir. Süperoksitin tek değerlikli indirgenmesi sonucu oluşur. Tüm elektronları eşleştirilmiş olduğundan serbest radikal değildir. Reaktif değildir ancak oksitleyici madde olarak görev alır. Asıl önemi, reaktif geçiş metali iyonlarının varlığında hidroksil radikalini oluşturabilmesidir. Enzimler, oksidasyon reaksiyonlarında substrat olarak hidrojen peroksiti kullanabilmektedir.

Singlet oksijen: Şekil 2.2'de gösterimi yapılmıştır. Serbest radikal değildir. Bazı radikal reaksiyonlarda oluşarak ayrışma sırasında süperoksit ve hidroksil radikallerine dönüşebilir.

Triplet oksijen: Üçlü oksijen de denilen triplet oksijen Şekil 2.2'de gösterilmiştir. Elementler ve iyonlarla reaksiyona girerek oksitler oluşturabilir, ancak genellikle tekli

haldeki organik bileşiklerle reaksiyona giremez. Serbest radikallerle veya oksijen ve geçiş metali ile kompleks oluşumuyla reaksiyon vererek aktif peroksit radikalleri üretir. Serbest radikallerin neden olduğu hasarlar, serbest radikaller etkisiz hale getirilmediği takdirde kimyasal reaktiviteleri proteinler, karbonhidratlar, lipitler ve nükleik asitler dahil tüm hücresel makromoleküllere zarar verebilir. Protein üzerindeki yıkıcı etkileri katarakt gibi hastalıkların oluşmasında rol oynayabilir. DNA'ya verilen serbest radikal hasarı da kansere neden olur ve bunun kolesterol üzerindeki etkisi büyük olasılıkla kalp hastalığından sorumludur. Serbest radikaller aynı zamanda yaşlanmadan da sorumludurlar (Bagchi ve Puri, 1998).



Şekil 2.2. Serbest radikal türleri

2.1.2. Reaktif oksijen türleri

Reaktif oksijen türleri, zincir reaksiyonunun başlatılmasına ve yayılmasına katılır. Radikal ve radikal olmayanlar da olmak üzere oksijenin reaktif formlarının tamamını içeren kavramdır. Serbest radikaller ise, reaktif özellikleri yapılarındaki eşleşmemiş elektronların varlığından kaynaklanan ve çok kısa bir zaman aralığı için bağımsız olarak var olma kapasitesine sahip, oldukça reaktif ara kimyasalların bir sınıfını temsil etmektedir (Ke Cui vd., 2004).

Yaşam için önemli bir unsur olan oksijenin, bazı durumlarda insan vücuduna ciddi zararlar verebilmektedir. Oksijenin zararlı etkilerinin sebebi, moleküllere oksijen vermeye yatkın olan, ROS olarak bilinen, kimyasal bileşiklerin oluşumundan kaynaklanmaktadır. ROS, oksijen radikallerini ve HOCI (Hipokloröz asit), hidrojen peroksit, ozon vb. gibi çeşitli radikal olmayan oksitleyici ajanları dahil etmek için kullanılan kolektif bir terimdir (Halliwell vd., 1995). Bu tür reaktif türlerin çoğu serbest radikallerdir ve eşleşen çiftlere sahip olmak yerine bir veya daha fazla serbest yüzen elektron fazlalığına sahiptirler ve bu nedenle kararsız ve oldukça reaktiftirler (Bagchi ve Puri, 1998).

2.1.3. Antioksidanlar

Antioksidanlar, nispeten düşük konsantrasyonlarda bile oksidasyon sürecinin bir inhibitörüdür ve bu nedenle vücutta çeşitli fizyolojik etkinliklere sahiptirler. Bitki materyalinin antioksidan bileşenleri radikal temizleyici olarak görev yapar ve radikallerin daha az reaktif türlere dönüştürülmesine yardımcı olur (Mandal vd., 2009).
Antioksidanlar, oksitlenebilir substratlarla ilişkili olarak düşük konsantrasyonlarda mevcut olduklarında, oksidatif süreçleri önemli ölçüde engelleyen veya geciktiren, çoğunlukla kendileri de oksitlenen bir grup maddedir.

Literatüre göre bunlar, "oksitlenebilir substratlarla karşılaştırıldığında düşük konsantrasyonda mevcut olduklarında, o maddenin oksidasyonunu önemli ölçüde geciktiren veya engelleyen maddelerdir (Murthy, 2001). Antioksidan aynı zamanda "Basit molekülden polimere ve karmaşık biyo-sistemlere kadar çeşitli maddelerin oksijen aracılı oksidasyonunu inhibe edebilen bir bileşik" olarak da tanımlanabilir (Chitang Ho, 1994). Antioksidanlar enzimatik ve enzimatik olmayan reaksiyonları savunarak hücreleri oksidatif hasara karşı korumakla görevlidirler. Lipid oksidasyonunu önlemek için gıdalara sıklıkla enzimatik olmayan antioksidanlar eklenir. Bazı lipit antioksidanları, belirli koşullar altında diğer moleküllere karşı pro-oksidan etki gösterebilir, bu nedenle gıda ve terapötik kullanım için antioksidanların dikkatli bir şekilde karakterize edilmesi gerekir.

Antioksidanlar doğal ve sentetik olarak sınıflandırılabilirler. Bileşimleri, fiziksel ve kimyasal özellikleri, mekanizmaları ve etki bölgeleri bakımından farklılık gösterebilir. Aşağıdaki kategorilere ayrılabilirler:

Enzimler: Süperoksit dismutaz (SOD), katalaz ve glutatyon peroksidaz gibi enzimler, potansiyel oksidanları uzaklaştırarak veya ROS/RNS'yi (reaktif nitrojen türleri) nispeten stabil bileşiklere aktararak reaktif oksijen türlerinin oluşumunu azaltır. 60'lı yılların sonlarında keşfedilen SOD, süperoksit radikalinin H_2O_2'ye dönüşümünü katalizler. Bunun sonucunda katalaz enzimi tarafından suya ve oksijene dönüştürülebilir. Süperoksit anyonu kendi başına özellikle reaktif olmasa da, demir gibi geçiş metali iyonlarını azaltabilir ve çoğu reaktif radikale (hidroksil radikali) dönüştürülür. Bu nedenle süperoksit radikalinin ortadan kaldırılması, hidroksil radikalinin oluşumunu hafifletebilir. Glutatyon peroksidaz (GPx), çoklu doymamış yağ asitlerinin (PUFA) oksidasyonu ile oluşan lipid peroksitleri (ROOH), stabil, toksik olmayan bir molekül olan hidroksil yağ asidine (ROH) dönüştürür. GPx, fosfolipazla birlikte fosfolipit hidro peroksiti (PL-OOH) fosfolipit hidroksite (PL-OH) de dönüştürebilir (Ursini vd., 1982).

Düşük molekül ağırlıklı antioksidanlar: Bunlar yağda çözünen antioksidanlar (tokoferol, karotenoidler, kinonlar, bilirubin ve bazı polifenoller) ve suda çözünen antioksidanlar (askorbik asit, ürik asit ve polifenoller) olarak alt gruplara ayrılır. Bunların oksidan temizleme özelliği sayesinde hücresel hasarları geciktirebilir veya engeller.

Lipidlerde çözünen antioksidanlar: Bu antioksidanlar, lipit plazma lipoproteininde (örn. LDL) birikme eğilimindedir; takviyesi üzerine. Bu antioksidan grubunun, lipit peroksidasyonunun serbest radikal zincir reaksiyonunun bir sonucu olarak lipoprotein içinde oluşan lipit peroksil radikaline karşı yüksek etkili temizleyiciler olarak görev yaptığı varsayılmaktadır.

Suda çözünen antioksidanlar: Bu antioksidanlar düşük yoğunluklu lipoproteinin (LDL) lipit kısmına giremezler; bunlar prensip olarak bu liyofilik radikallerin çoğuyla karşılaşamayacakları için daha az verimli olacaktır; ancak böyle bir bileşik, lipofilik antioksidanları yeniden oluşturarak onlarla sinerjistik bir şekilde etki edebilir.

Antioksidanların etki şekli genel olarak antioksidanlar aşağıdaki yollarla etki ederler.

• Zincir kırma reaksiyonu: örn. Serbest radikalleri yakalamak için lipit fazında etki gösteren α-tokoferol.

• Reaktif oksijen türlerinin konsantrasyonunu azaltarak: örn. Glutatyon.

• Süperoksit serbest radikallerini yakalamak için lipit fazında etki gösteren ego süperoksit dismutaz başlatıcı radikallerini temizleyerek.

• Geçiş metali katalizörünü şelatlayarak: Yerleşik prooksidantlar olan geçiş metallerini hapsederek etki gösteren bir bileşik grubu. Bu şekilde transfer, laktoferrin ve ferritin demirin neden olduğu oksidan stresi kontrol altında tutma ve serüloplazmin ve albümin bakır tutucu olarak işlev görür.

Antioksidanlar serbest radikalleri nötralize ederek oksidasyon sürecini engeller. Bunu yaparken antioksidanların kendisi de oksitlenir. Antioksidanlar dört yolla serbest radikalleri etkisizleştir:

1. Süpürme etkisi (Scavenging): Serbest radikalleri daha zayıf moleküllere dönüştürerek etkisiz hale getirirler. (Antioksidan enzimler, mikromoleküller)

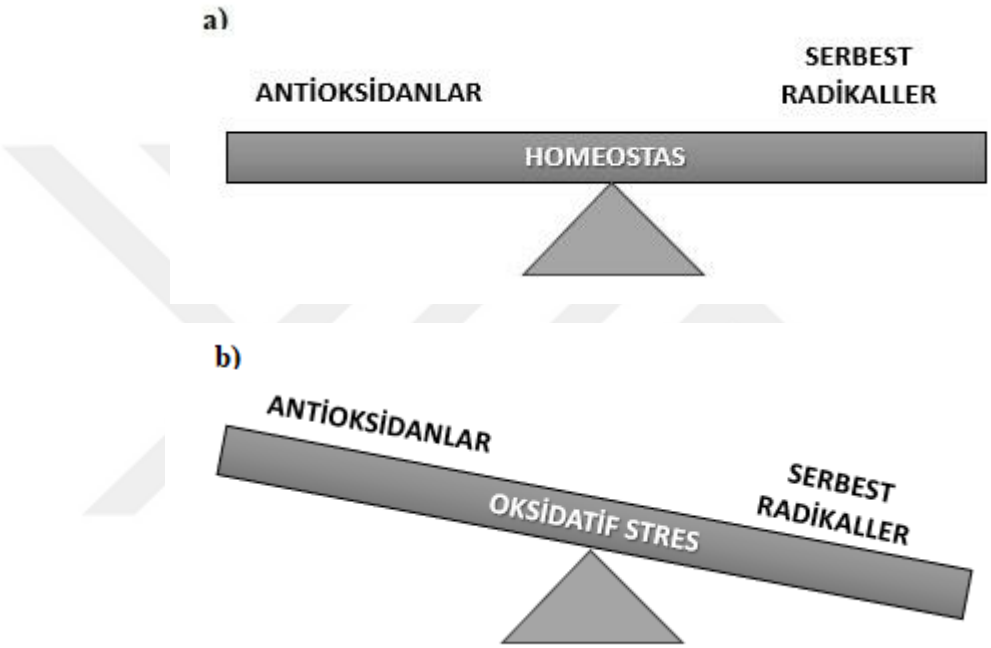
2. Söndürme etkisi (Quenching): Serbest radikallere bir hidrojen ilave ederek etksisiz olması sağlanır. (Vitaminler, flavanoidler)

3. Zincir reaksiyonlarını kırma etkisi (Chain Breaking): Hemoglobin, serüloplazmin ve ağır mineraller serbest radikalleri kendilerine bağlayarak etkisiz yapar. Bir serbest radikal salındığında veya bir elektronu soyutladığında ikinci bir radikal oluşur. Bu molekül daha sonra geri döner ve aynı şeyi üçüncü bir moleküle yaparak daha kararsız ürünler üretmeye devam eder. Süreç, ya radikalin β-karoten ve C ve E vitaminleri gibi zincir kıran bir antioksidan tarafından stabilize edilmesiyle ya da zararsız bir ürüne bozunmasıyla sonlanma gerçekleşene kadar devam eder.

4. Onarma etkisi (Repair): Oksidatif hasara uğramış molekülü onarır.

2.2. Oksidatif Stres

Serbest radikal seviyeleri, antioksidanlar tarafından sürekli olarak denetlenmektedir (Yarosz ve Chang, 2018). Oksidanlar ile antioksidanlar arasındaki denge (Şekil 2.3.), vücut fonksiyonları için çok öenmlidir (Lobo vd., 2010). Bazen, oksidanlar antioksidanlara oranla çok daha fazla üretilir ve oksidatif denge bozulur. Bunun sonucunda da oksidatif stres meydana gelir (Pisoschi ve Pop, 2015). (Şekil 2.4.)



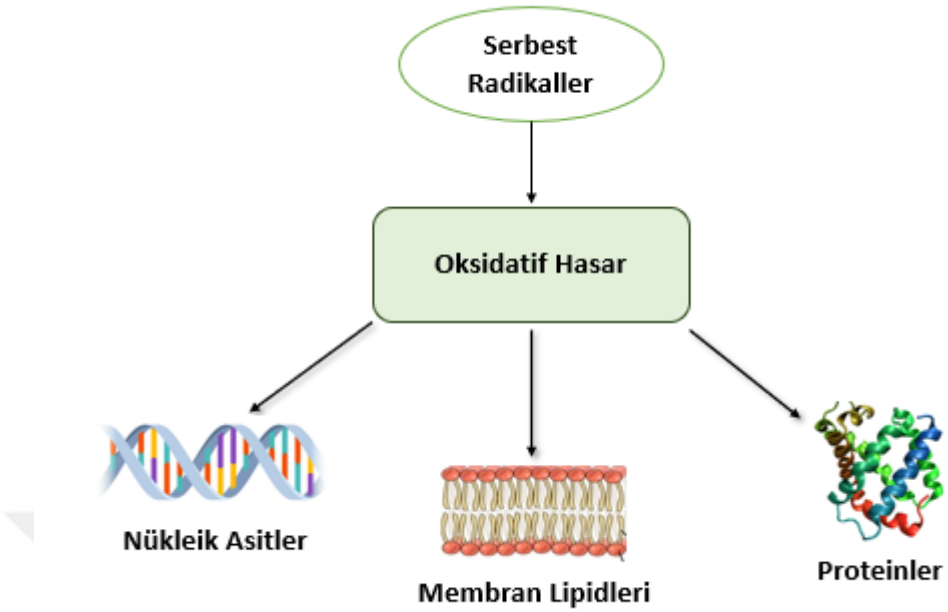
Şekil 2.3.a. Serbest radikaller ve antioksidanlar arasındaki homeostasi **b.** Serbest radikaller ve antioksidanlar arasındaki oksidatif stres

Oksidanların organizmadaki süreci, çeşitli metabolik olaylar ve çevresel bazı faktörlere maruz kalınmasıyla gerçekleşmektedir. Dolayısıyla vücutta doğal süreçlerle meydana geliyorsa endojen olarak adlandırılır ya da dış etkilerle gerçekleşiyorsa eksojen olarak isimlendirilir (Poljsak vd., 2013). Oksidanların en önemli endojen faktörü, elektron transport zinciridir. Eksojen kaynaklar ise, sigara, alkol, iyonize ve ultraviyole radyasyonları, pestisit ve ozon gibi kirleticilerilerdir (Poljsak vd., 2013; Pisoschi ve Pop, 2015).

Oksidanlar ve antioksidanlar arasındaki denge bozulduğu takdirde oksidatif denge de bozularak organizma oksidatif strese girer. Bunun sonucunda da oksidanlar, vücudun temel bileşenlerinde hasara yol açabilirler. Bu hasarlar sonucunda da organizmada denge bozulur ve işlevini yerine getiremeyecek tahribatlar oluşabilir.
Proteinlerde oksidatif hasar (Şekil 2.4.): Proteinlere oksidatif saldırı, bölgeye özgü amino asit modifikasyonuna, peptid zincirinin parçalanmasına, çapraz bağlı reaksiyon ürünlerinin toplanmasına, değişen elektrik yüklerine ve proteolize duyarlılığın artmasına neden olur (Farr ve Kogoma, 1991).

DNA'da oksidatif hasar (Şekil 2.4.): Aktif oksijen ve iyonlaştırıcı radyasyonlar gibi oksijensiz radikaller üreten ajanlar, DNA'da silinmeye, mutasyonlara ve diğer ölümcül genetik etkilere neden olan çok sayıda lezyona neden olur. (Imlay ve Linn, 1986).

Lipidlerde oksidatif hasar (Şekil 2.4.): ROS molekülleri, hücresel membranlarda yer alan çoklu doymamış yağ asitlerinde (PUFA) oksidasyona sebep olur. Bunun sonucunda da zincirleme lipid peroksidasyonu başlar (Gupta vd., 2014). Oluşan bu reaksiyonlar, zincir kırma özelliğine sahip antioksidan ortama dahil olana dek etkinliğine devam eder. Antioksidan ortama dahil olana kadar peroksil radikalleri membran yapısını bozar ve membranı hasarlanmasına sebep olur. Membranlarda meydana gelen bu değişiklikler sonucunda hücre hasarı veya hücre ölümü meydana gelir (Catalá, 2006).



Şekil 2.4. Serbest radikallerin protein, nükleik asit ve lipid moleküllerinde oksidatif hasarı

2.3. Algal Antioksidanlar

Organizmada bulunan antioksidanlar vücudun doğal metabolik süreçleri tarafından üretiliyorsa endojen, dışarıdan ilave olarak alınıyorsa eksojen olarak adlandırılır. Bu antioksidanlar serbest radikal süpürücü olarak görev alırlar. Serbest radikallerin artış göstermesiyle birlikte, endojen antioksidanlar yetersiz kalabilir ve dolayısıyla bu durumda eksojen antioksidanların alınması gerekebilir.

Eksojen antioksidan olarak algler tercih edilebilir. Algler, doğal antioksidan özellikleri bakımından insan sağlığına çeşitli açıdan faydaları ile gıda ve ilaçlarda katkı maddeleri olarak kullanılabilmektedirler (Lim vd., 2002; Athukorala vd., 2003). Doğal antioksidanlar, sentetik sentetik antioksidanlara oranla yüksek koruyuculuk göstermektedir (Gey, 1990).

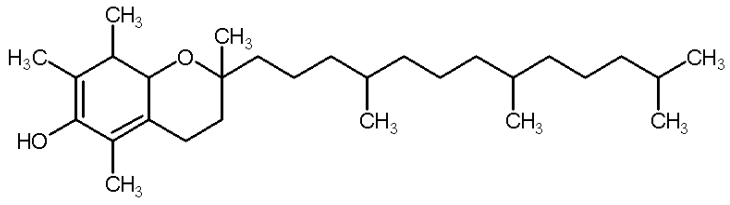
Eksojen yani sentetik antioksidanların gıda ve farmasötik ürünlerde yaygın kullanımı nedeniyle, bilim insanları aynı zamanda doğada büyük miktarlarda bulunan başka bir alternatif kaynak olan alglerden yeni ve etkili antioksidanlar geliştirmeye çalışmaktadır.

Algler, hızlı sıcaklık değişiklikleri, farklı ışık yoğunlukları, besin eksikliği, pH değişiklikleri ve daha fazlasını içeren son derece karmaşık ve rekabetçi ortamlarda hayatta kalmaya adapte olmuş büyük bir fotosentetik deniz ve tatlı su organizmaları grubunu oluşturur. Algler, okyanusun birincil üreticileridir ve besin zinciri boyunca diğer deniz organizmaları tarafından metabolik enerji gerektiren süreçleri için tüketilirler.

Algler, zengin antioksidan içeriğe sahip oldukları belirlendiğinden itibaren özellikle son yıllarda daha fazla öneme sahiptirler (Gökpınar vd., 2006; Cornish ve Garbary, 2010). Alglerde bulunan antioksidanlar, hücreleri oksidatif hasardan koruyarak çeşitli hastalıklara ve yaşlanma süreçlerine karşı önemli bir rol oynamaktadır. Alglerde bulunan ana antioksidanlar C vitamini, E vitaminleri, karotenoidler (β ve α-karoten, zeaksantin, neoksantin, vb.) polifenoller ve klorofillerdir.

2.3.1. Tokoferoller (E vitamini)

Tokoferoller de denilen E vitamini, vücutta en çok α-tokoferol ve γ-tokoferol formunda bulunur. E vitamini, insanlar tarafından doğal olarak sentezlenemediği için dışarıdan ilave olarak alınması gerekmektedir. Tokoferollerin antioksidan özelliği, oksidanların başlattığı zincirleme lipid peroksidasyonunda inhibisyona sebep olmasından kaynaklanır (Chan ve Decker, 1994). E vitamininin antioksidan özellikleri 6 numaralı karbon atomuna bağlı -OH grubundan kaynaklanmaktadır (Rizvi vd., 2014).

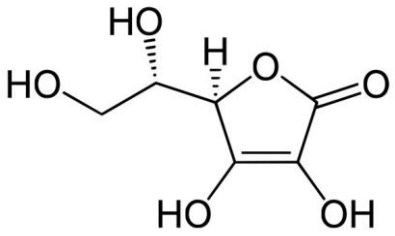


Şekil 2.5. E vitamini kimyasal yapısı

2.3.2. C vitamini

Askorbik asit olarak da bilinen C vitamini, özellikle bitkilerde fazlaca bulunan, suda çözünebilen bir vitamindir. Bazı hayvanlar tarafından da sentezlenebilir fakat insanlarda

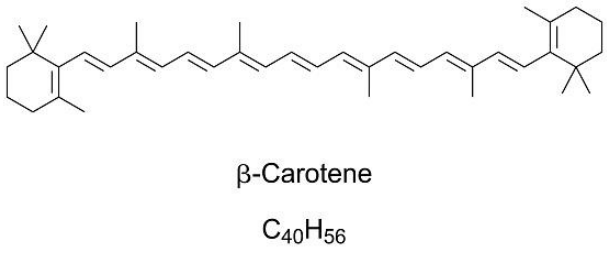
üretilememektedir. C vitamini antioksidan etkinliğe sahip olduğundan oksidanların sebep olduğu hasarların engellenmesinde görevlidirler (Güçlü vd., 2005).



Şekil 2.6. C vitamini kimyasal yapısı

2.3.3. Karotenoidler

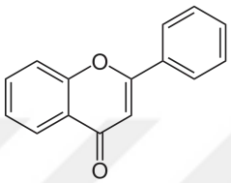
Diğer önemli antioksidan maddeler arasında karotenoidler gelmektedir. Bazı fotosentetik bakteriler, algler ve bitkiler tarafından sentezi sağlanan pigmentlerdir (Namitha ve Negi, 2010). Karotenoidler, alglerde yaygın olarak bulunabilir ve aksesuar pigmentler arasında yer alırlar. Yağda çözenebilen pigmentlerdir ve yapılarında çok sayıda konjuge çift bağ bulunduğu için antioksidan etkiye ve renk verme özelliğine sahiptirler. Konjuge bağ sayıları arttıkça renklerin yoğunluğu da artmaktadır (Bağdatlıoğlu ve Demirbüker, 1999). Karotenoidler güçlü antioksidan özelliğe sahiptirler. Kahverengi alglerde bulunan karetonidler fukoksantin, violaksantin ve β karotendir. Kırmızı alglerde ise β karoten, α karoten, lutein ve zeaksantin bulunur. Yeşil alglerde de β karoten, violaksantin, neoksantin ve lutein bulunmaktadır (Okuzumi vd., 1993; Yan vd., 1999).



Şekil 2.7. β-Karoten kimyasal yapısı

2.3.4. Fenolik bileşikler

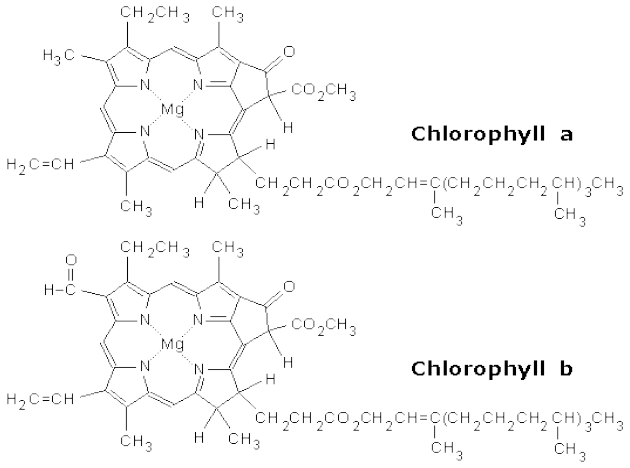
Alglerde yaygın olarak bulunan fenolik bileşikler 8000'den fazla çeşide sahiptir ve doğal antioksidanlar arasında yer alır (Duan vd., 2006). Bu bileşiklerin antioksidan etkiye sahip olması şeker hastalığı, nörodejeratif hastalıklar ve kanser gibi pek çok hastalığa karşı koruyucu etki göstermektedirler (D'Archivio vd., 2007). Bu bileşikler üç gruba ayrılırlar (flavonoidler, fenolik polimerler (tanenler)ve fenolik asitler).



Şekil 2.8. Flavonoid kimyasal yapısı

2.3.5 Klorofiller

Yeşil renk pigmenti olarak bilinen klorofiller, birçok bitkide ve alglerde bulunup yağda çözünebilme özelliğine sahiptirler. Doğada klorofil a ve b baskın olarak bulunur. Klorofilin a formu, bitkilerde fotosentezin gerçekleştiği bölümlerde yer alırlar. Bazı alglerde klorofil a ile klorofil b beraber bulunur. Klorofil c, d, e formları kahverengi ve kırmızı alglerde, bazı fotosentetik alglerde ve diatomelerde bulunur (Sheer, 1991). Klorofiller iyi antioksidan etki gösterirler ve oksidanların oluşumunun önlenmesinde görev alırlar (İnanç, 2011).



Şekil 2.9. Klorofil a ve klorofil b kimyasal yapısı

2.4. Makroalgler

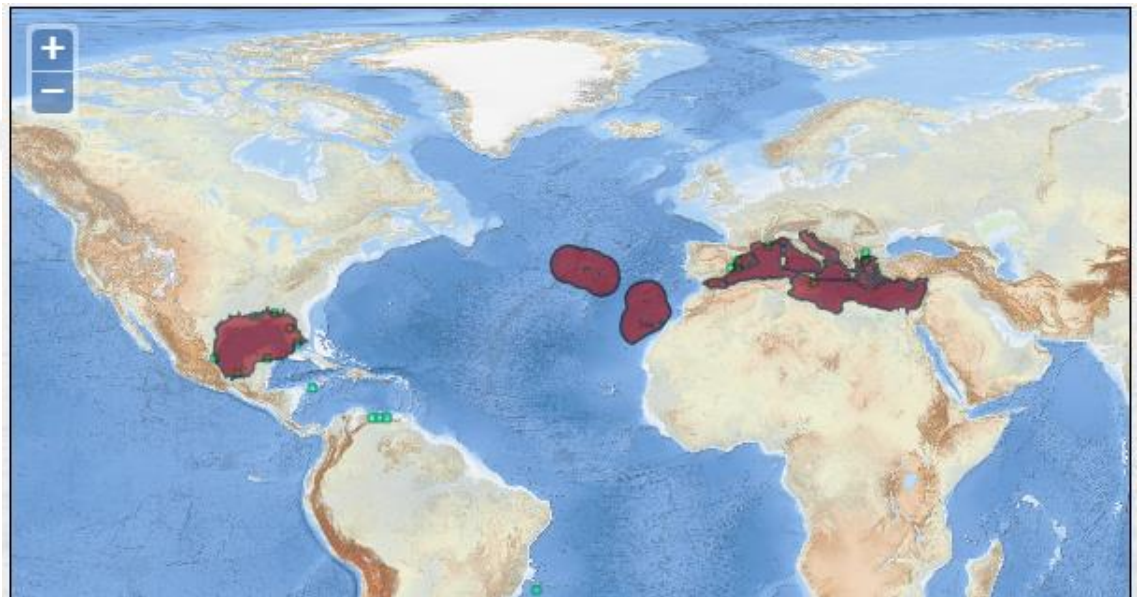
Algler, tek hücreliden çok hücreli organizasyonlara kadar geniş bir yelpazeye sahip, hem prokaryotik hem de ökaryotik, klorofil içeren ilkel bitkilerdir. Algler, klorofil taşıyan ototrofik talloid bitki gövdesidir. Alglerin neredeyse tamamı suda yaşamaktadır. Bitki gövdesi tek hücreliden çok hücreli yapıya kadar olabilir. Çok hücreli kompleks tallusta vasküler doku yoktur ve ayrıca dokularda çok az farklılaşma görülür. Cinsiyet organları genellikle tek hücrelidir, ancak çok hücreli olduğunda tüm hücreler verimlidir ve çoğu durumda tüm yapının herhangi bir koruma kılıfı yoktur. Üreme hücrelerinin çevresinde steril hücre örtüsünden yoksundurlar. Zigot, embriyo oluşumu yoluyla değil, mitoz veya mayoz yoluyla gelişir. Gerçek embriyo ve iletim demetlerinden yoksundurlar. Farklı nesil değişimine sahip bitkilerdir. Hem gametofit hem de sporofit nesilleri, yaşam döngüsünde mevcut olduklarında bağımsızdır.

Algler dağılım açısından her yerde bulunur, yani deniz suyunda olduğu gibi tatlı suda, toprakta, kayada, bitki ve hayvanlarda epifit veya parazit olarak, kaplıcalarda, çölde, kalıcı karla kaplı alanlarda vb. ortamlarda bulunabilirler. Ancak çoğunlukla su ortamlarında yaşarlar.

Sucul ekosistemdeki organizmalar içinde en değerli ekolojik gruplardan biridir. Sucul ekosistemin bütünlüğünün sağlanmasında büyük rol oynarlar. Sucul habitatlarda oksijen üretimi ve organik madde üretiminin ana kaynağıdır. Dünyadaki oksijenin yaklaşık %80'ini, organik maddenin %75-80'ini üretirler. Algler, sucul ortamlarda organik karbon bileşiklerinin majör primer üreticisidir. Besin zincirinin ilk halkasıdır. Makroskobik algler, birçok sucul hayvan için korunma ve beslenme alanıdır. İndikatör organizmalardır. Algler denizler için önemli biyolojik ve ekolojik görevlere sahiptirler ve sucul ekosistemin primer üreticisidirler. Özellikle uzak doğuda besin olarak kullanımları yaygındır. Hücre duvarındaki agar, aljinat ve karrajenin polisakkaritleri birçok endüstriyel alanda katkı maddesi olarak kullanılır ve bunlar dışında önemli kimyasal içeriklere de sahiptirler (Gökpınar vd., 2006; Kasimala vd., 2015).

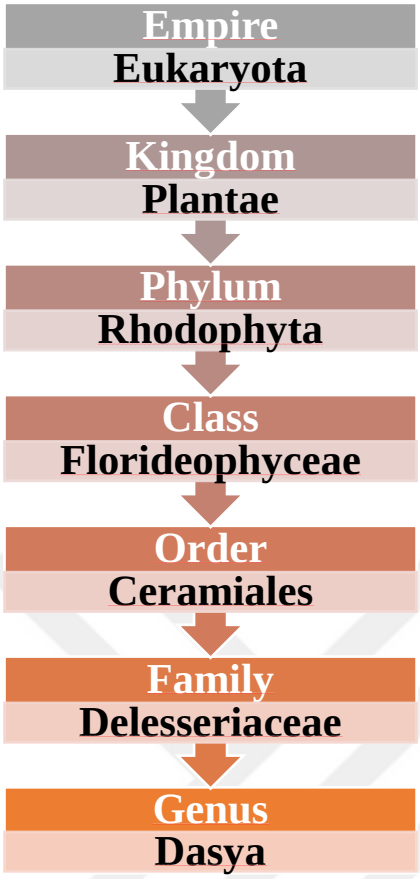
2.4.1. *Dasya rigidula* (Kützing) Adissone türünün genel özellikleri

Bir kırmızı alg türü olan *Dasya rigidula* (Kützing) Adissone, deniz ve okyanuslarda yaşamlarını sürdürmektedir. Tallus yapısı dik, pembemsi kırmızı renkte olup 2 cm ile 6 cm uzunluğundadır. Gelgit bölgelerinde bulunan örnekler sığ sulara oranla daha iyi gelişim göstermektedir. (Ritzmann vd., 2007) *Dasya rigidula* türünün dünya üzerindeki dağılımı Şekil 2.10'da gösterilmiştir.



Şekil 2.10. *Dasya rigidula* türünün dünya haritası üzerinde dağılımı

Dasya genusu Rhodophyta filumuna ait ökaryot bir bitkidir. Dasya genusuna ait 91 mevcut tür bulunmaktadır. Dasya cinsinin türleri dallanma düzenlerine, osellat tepenin varlığına ve kortikasyon derecesine bağlı olarak teşhis edilir. *Dasya rigidula* türü düzensiz ikili dallanma gösterir, oselat tepe noktası bulunur ve tallus boyunca değişken kortikasyona sahiptir. (Ritzmann vd., 2007)



Şekil 2.11. *Dasya rigidula* türünün güncel sistematik bilgileri

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Kullanılan Cihazlar

Çalışmada kimyasalları ve alg örneklerini tartmak için Sartorius GE1302 terazi ve Sartorius CPA224S hassas terazi, kimyasalların çözünmesine yardımcı olmak için MTops MS300HS manyetik karıştırıcı ve Wisemix VM-10 vorteks karıştırıcı, ekstraksiyon işlemi için Behr KEX100(F) sokshelet cihazı, çözücüleri uzaklaştırmak ve örnekleri derişiklendirmek için Ribby RE100 evapotatör ve Ribby RE100B su banyosu, absorbans ölçümleri için Beckman Caulter DU730 spektrofotometre, süpernatant için de Hettich Universal 320 santrifüj kullanılmıştır.

3.2. Alg Örneklerinin Analize Hazırlanması

3.2.1. Örnek alma istasyonu

Bu çalışmada *Dasya rigidula* (Kützing) 1878 örnekleri Marmara Denizi'nin Mudanya, Bursa kıyılarından (Aralık-2021) temin edilmiştir. Örnekler kıyıdan elle toplanmıştır.

Marmara Denizi 240 km uzunluğunda ve 70 km genişliğindedir. 11,500 km^2 yüzölçümünde bir iç denizdir. Denizin yüzeyinde Karadeniz'e ait su kütlesi bulunurken dip kısmında ise Akdeniz ve Ege Denizlerine ait su kütlesi gözlenmektedir. Bu tabakalar tuzluluk, sıcaklık ve oksijen oranı bakımından farklılık göstermektedir.
Mudanya körfezi, Marmara Denizi'nin güney kısmında yer almaktadır. Bursa ilinde olan Mudanya kıyısı 40° 22′ N, 28° 52′ E boylamlarında yer almaktadır. Marmara Denizi'nin Türkiye'deki konumu ve Mudanya istasyonunun konumu Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



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

3.2.2. Alg örneklerinin temin edilmesi, kurutulması ve ekstraksiyonu

Makroalg türü olan *Dasya rigidula,* Mudanya, Bursa kıyılarından (Aralık-2021) temin edilmiştir. Örnekleme kaplarına alınarak laboratuvara en hızlı şekilde ulaştırılmıştır. Alg örnekleri için laboratuvarda Marmara Denizi'nin sahip olduğu 23 ppt'lik sentetik deniz suyu, deniz tuzu (Red Sea coral pro salt) kullanılarak hazırlanmıştır. Tuzluluk derişimi salinimetre yardımıyla (Hach Sension 5) ölçülmüştür. Örnekler, deniz suyuyla temizlenerek epifitlerinden ayrılmıştır. Toplanan örneklerin bir kısmı, tayin ve tanımlamalarının tespiti için, deniz suyu ile hazırlanan %4'lük formaldehit çözeltisinin olduğu örnekleme kaplarına alınmıştır.

Alg örnekleri laboratuvar koşullarında oda sıcaklığında kurutulmuştur. Örneklerin tamamen kuru hale gelmesi 3-4 gün sürmüştür. Örneklerin tamamen kuruması ve nemli kalmaması için kurutma kağıtları üzerine tek kat olacak şekilde dizilip gün boyunca takibi sağlanarak kurutma kontrollü şekilde gerçekleştirilmiştir.

Tamamen kurumuş örnekler el yardımıyla küçültülmüştür. Daha sonra örnekler soxhelete yerleştirilmiştir. Çözücü olarak kullanılacak kimyasal da (metanol, %25 metanol, eter,

kloroform) yerleştirilerek 24 saat boyunca sifon yaparak örneklerin çözücüler ile özütü elde edilmiştir.

Daha sonra evaporatör kullanılarak çözücü uçurulmuştur. Buharlaşma tamamlandıktan sonra ham özüt petri kabına alınıp desikatörde tekrar kurumaya bırakılmıştır. Kuruduktan sonra örnekler, analizler için tamamen hazır hale gelmiştir. Özütler analizlere kadar 4 °C'de saklanmıştır.

3.3. Uygulanan Yöntemler

3.3.1. İndirgeme gücü

Örneklerin indirgeme gücü Oyaizu (1986) metodu yardımıyla belirlenmiştir.

1 mL farklı derişimlerde hazırlanmış ekstraktlar 2,5 mL 2 M fosfat tamponu ve 2,5 mL % 1 lik $K_3Fe(CN)_6$ ile 50°C'de 20 dakika karanlıkta inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonunda 2.5 mL % 10 luk trikloroasetik asit (TCA) eklenerek reaksiyon sonlandırılmıştır. Bu karışım 10 dakika santrifüjlendikten sonra 2,5 mL süpernatant, 2,5 ml dH_2O ve 0,5 mL % 0.1 $FeCl_3$ karıştırılarak oda sıcaklığında 15 dk inkübasyona alınmıştır. 15 dakika sonunda 700 nm'deki absorbans değerleri spektrofotometre ile okunmuştur.

3.3.2. Toplam fenol miktarı

Örneklerin fenolik içeriği Singleton ve Rossi (1965) metoduna göre Folin-Coicalteus ayracı ile belirlenmiştir.

Örneklerin 1000 µg/mL derişimde hazırlanan metanol, %25 metanol, kloroform ve dietil eter ekstraktlarından 250 µL alınmıştır. 250 µL FCR eklendikten 3 dakika sonra 250 µL %2'lik Na_2CO_3 çözeltisi eklenerek oda sıcaklığında bekletilmiştir. Örneklerin absorbansları okunmuştur. Bu sonuçlar yardımıyla standart olarak kullanılan GA grafiğinden denklem oluşturularak toplam fenolik madde miktarları belirlenmiştir.

3.3.3. Toplam flavonoid içeriği

Toplam flavonoid içeriği Heim ve ark (2002) metoduna göre belirlenmiştir.

0,5 mL ekstrakt, deney tüplerine alınarak 1,5 mL metanol ilave edilmiştir. Bu karışımın üzerine 0,1 ml 1 M potasyum asetat ve 0,1 ml % 6'lık $AlCl_3.6H_2O$ eklendikten sonra 2,8 ml dH_2O ilave edilerek 30 dakika oda sıcaklığında inkübasyona bırakılmıştır. Standart olarak quercetin kullanılmıştır. İnkübasyon sonunda spektrofotometre ile 415 nm'de ölçümler tamamlanmıştır.

3.3.4. DPPH radikal süpürücü aktivite

DPPH radikal süpürme aktivitesi Brand–Williams vd., (1995) tarafından belirtilen metodla yapılmıştır.

2 ml DPPH üzerine 2 ml alg ekstraktı eklenmiştir. Bu deney prosedüründe pozitif kontrol ve negatif kontrol de kullanılmıştır. Negatif kontrol olarak 2 ml metanol ve pozitif kontrol olarak 2 ml BHA ve 2 ml Catechin, DPPH üzerine eklenmiştir. Oda sıcaklığında ve karanlıkta 30 dk çalkalamalı inkübasyon sonrası spektrofotometrede 517 nm dalga boyunda ölçüm yapılmıştır. Tüm özütler için %inhibisyon ve IC_{50} değerleri hesaplanmıştır.

$$\% \text{ inhibisyon} = ((A_{kontrol} - A_{örnek}) / A_{kontrol}) \times 100$$

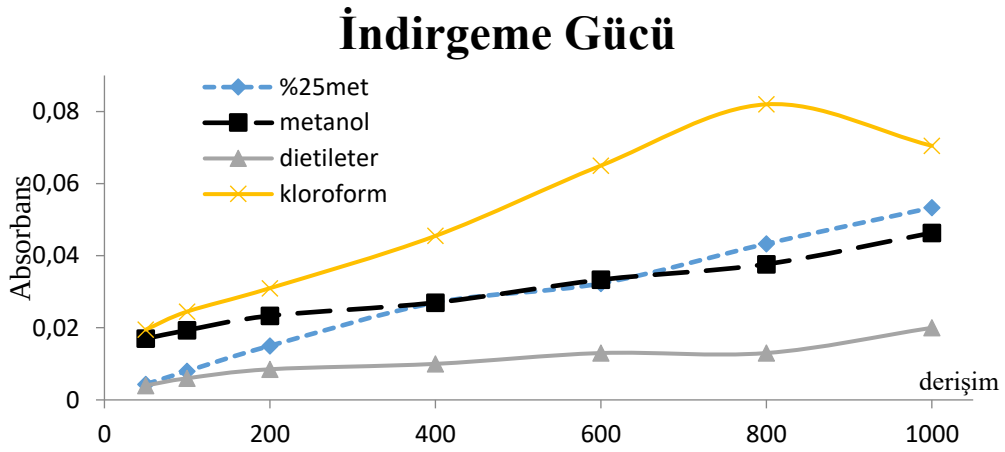
$A_{kontrol}$; kontrol örneğinin absorbansı, $A_{örnek}$; farklı değişimlerdeki *Dasya rigidula* örnekleri ile pozitif kontrollerin absorbansı

3.4. İstatistiksel Analiz

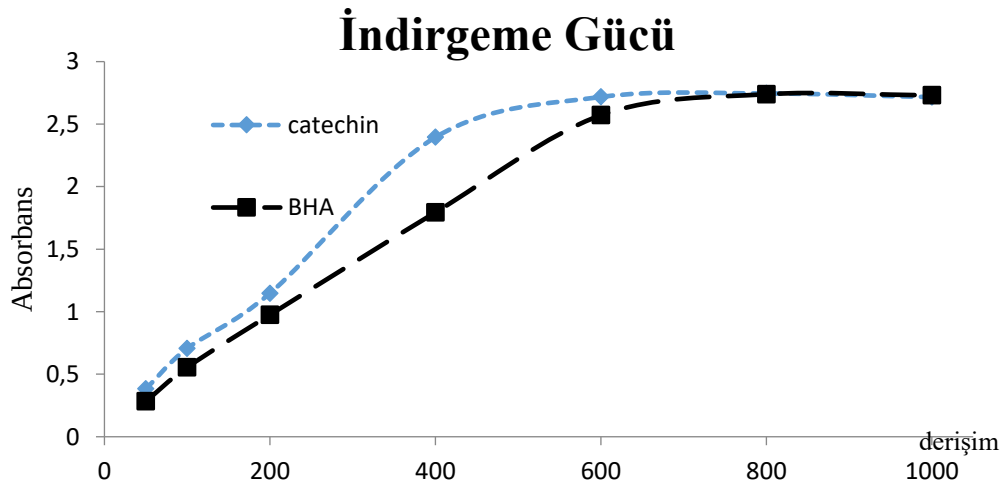
Çalışmadaki analizler 3 tekrarlı yapılmıştır. Değerler ortalama±standart hata olarak verilmiştir. Hazırlanan özütler arasındaki farklılık, ANOVA testi kullanılarak belirlenmiştir. Yapılan analizler 0,05 anlamlılık düzeyinde belirlenmiştir. Analizler SPSS 21 programıyla yapılmıştır.

4. BULGULAR

Bu çalışmada *Dasya rigidula* (Kützing) Adissone türünün metanol, %25 metanol, kloroform ve dietil eter ile hazırlanan özütler, indirgeme güçleri belirlenerek karşılaştırılmıştır. Analiz sonucunda elde edilen yüksek absorbans değerleri, özütün yüksek indirgeme gücüne sahip olduğunu göstermektedir. Çalışmamızda kullanılan özütlerin derişimi arttıkça absorbans değerlerinde de artış olmuştur (Şekil 4.1). Örneklerimiz arasında en yüksek indirgeme gücü yeteneğini kloroform ile hazırlanan özüt vermiştir. En düşük indirgeme gücünü ise dietil eter ile hazırlanan özüt göstermiştir. Pozitif kontrol olarak BHA ve catechin kullanılmıştır. (Şekil 4.2.)



Şekil 4.1. Farklı çözücülerle hazırlanan *Dasya rigidula* özütlerinin indirgeme gücü

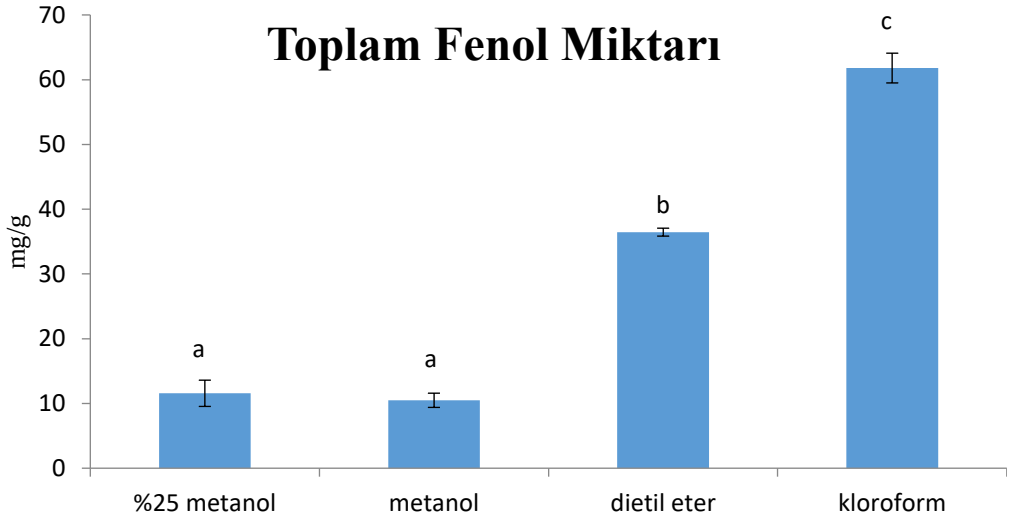


Şekil 4.2 Farklı derişimlerdeki pozitif kontrol örneklerinin indirgeme gücü

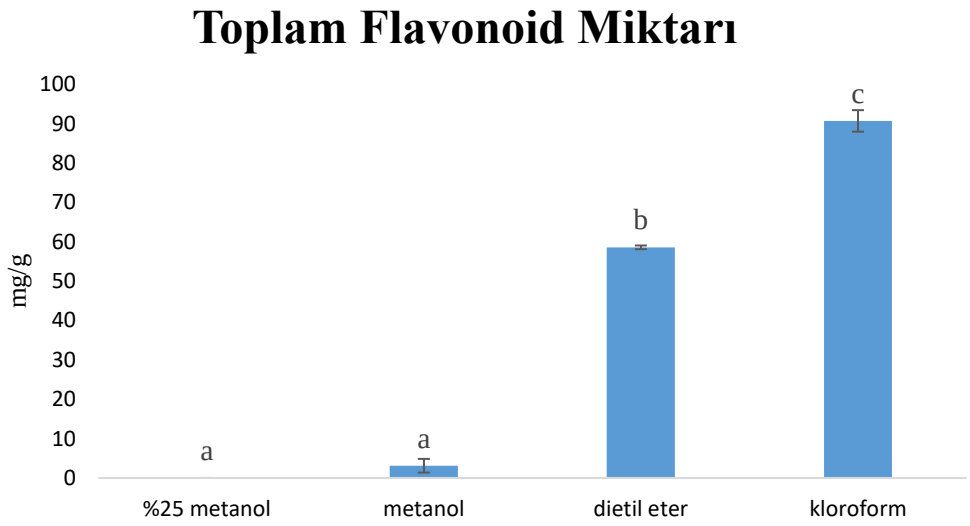
Şekil 4.3 örneklerin toplam fenolik madde içeriklerini göstermektedir. Fenolik madde miktarı arttıkça antioksidan etki de buna bağlı olarak artış gösterir. Bu nedenle de çalışmamızda yapmış olduğumuz toplam fenolik madde miktarı analizleri bize antioksidan aktivite hakkında bilgi vermektedir.

Yapılan tez çalışmasında Şekil 4.3'te görüldüğü üzere, en yüksek fenol miktarını 61,80±1,33 mg/g GA/ka olarak kloroform ile hazırlanmış özüt vermiştir. Dietil eter ile hazırlanmış özütte toplam fenol miktarı 36,46±0,35 mg/g GA/ka olarak bulunmuştur. %25 metanol ile hazırlanmış özütte toplam fenol miktarı 11,57±1,17 GA/ka olarak bulunmuştur. En düşük fenol miktarı ise 10,49±0,63 mg/g GA/ka olarak metanol ile hazırlanmış özütte görülmüştür. Dasya ekstraktlarının fenolik madde içerikleri, farklı çözücülerde istatistiksel olarak da anlamlı fark göstermiştir. ($F= 645,19$; $P<0,05$)

Şekil 4.4 örneklerin toplam flavonoid içeriklerini göstermektedir. Şekil 4.4'teki verilere baktığımızda, en yüksek flavonoid içerik 90,69±1,57 mg/g QE/ka olarak kloroform ile hazırlanmış özütte görülürken dietil eter ile hazırlanmış özütte flavonoid miktarı 58,58±0,27 mg/g QE/ka olarak bulunmuştur. Metanol ile hazırlanmış özütte toplam flavonoid miktarı 3,11±1,00 mg/g QE/ka olarak görülürken en düşük değer ise 0±0 mg/g QE/ka olarak %25 metanol ile hazırlanmış özüttte görülmüştür. Flavonoid, farklı çözücülerde istatistiksel olarak anlamlı fark göstermiştir. ($F= 2186,06$; $P<0,05$)



Şekil 4.3. Farklı çözücülerle hazırlanan *Dasya rigidula* özütlerinin toplam fenol miktarı

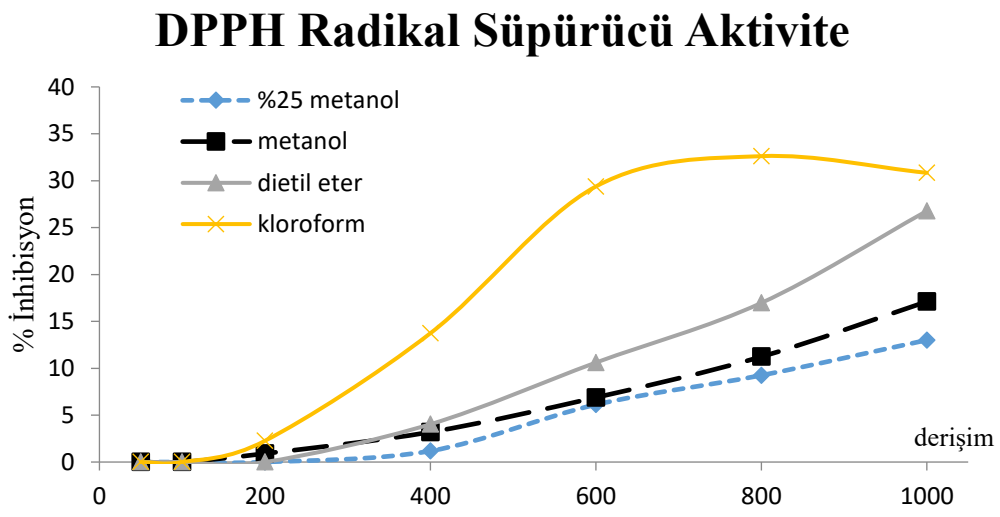


Şekil 4.4 Farklı çözücülerle hazırlanan *Dasya rigidula* özütlerinin toplam flavonoid miktarı

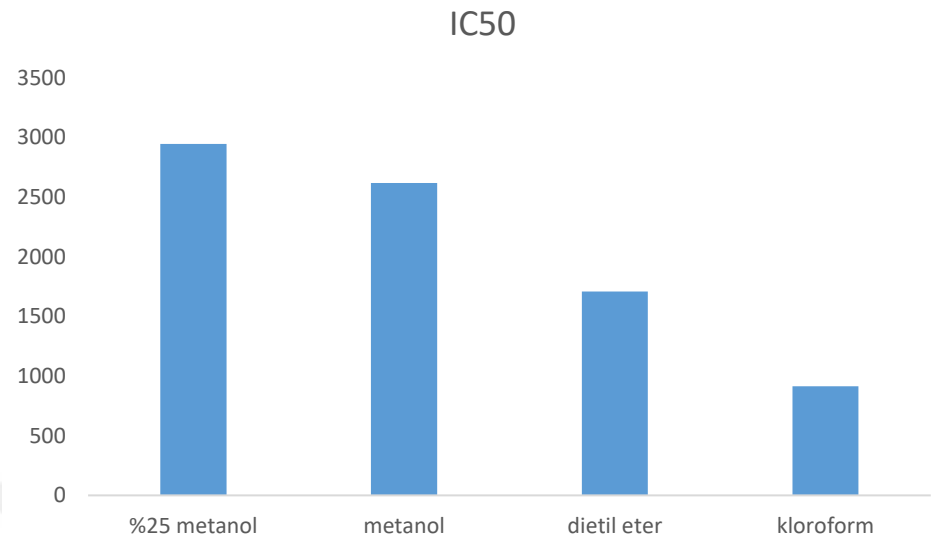
Dasya rigidula türünün çeşitli çözücülerle hazırlanmış özütlerinin DPPH radikali üzerindeki aktiviteleri Şekil 4.5. 'teki tabloda gösterilmektedir. DPPH radikal süpürme aktivitesi en yüksek değeri veren özüt kloroform ile hazırlanmış özüttür. Daha sonra sırasıyla dietil eter, metanol ve en düşük olarak da %25 metanol ile hazırlanmış özütteki değerler görülmektedir. *Dasya rigidula* ile hazırlanan tüm özütlerde derişim arttıkça daha yüksek DPPH süpürme aktivitesi görülmektedir. Sadece kloroform ile hazırlanmış özütte

800 µM sonrasında değerin düştüğü saptanmıştır yani artık doygunluğa ulaştığı görülmektedir.

IC_{50} değeri ne kadar yüksekse o kadar maddeye ihtiyaç vardır. IC_{50} değerinin düşük olması yüksek radikal yakalama aktivitesi anlamına gelmektedir. Şekil 4.6'da görüldüğü üzere IC_{50} değerlerinde, özütler birbirleriyle karşılaştırıldığında en düşük IC_{50} değerine ve dolayısıyla en yüksek radikal yakalama yeteneğine kloroform ile hazırlanmış özüt sahiptir. En yüksek IC_{50} değeri ise %25 metanol ile hazırlanmış özütte görülmektedir. En düşük radikal yakalama yeteneğini bu özüt göstermiştir. Şekil 4.6 'daki IC_{50} değerlerinin sonuçlarıyla Şekil 4.5'teki DPPH radikal süpürme aktivitesi sonuçları birbirleriyle örtüşmektedirler. IC_{50} değeri, farklı çözücülerde istatistiksel olarak anlamlı fark göstermiştir. ($F= 25,56$; $P <0,05$)



Şekil 4.5 Farklı çözücülerle hazırlanan *Dasya rigidula* özütlerinin DPPH radikal süpürme aktiviteleri



Şekil 4.6. Farklı çözücülerle hazırlanan *Dasya rigidula* özütlerinin IC_{50} değerleri

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Algler, sahip oldukları fenolik maddeler, pigmentler, vitaminler, lipitler, mineraller, proteinler ile oldukça önemli bileşenlere sahiptirler. Bu nedenle de algler, yüksek antioksidan kaynağıdırlar. Ayrıca algler sentetik antioksidanlar yerine değerlendirilebilecek önemli organizma grubudur.

Yapılan çalışmada, alglerin yüksek besin içeriğine sahip olduğu baz alınarak, *Dasya rigidula* (Kützing) Adissone türünün antioksidan potansiyelini belirlemek için çeşitli çözücüler (metanol, %25 metanol, kloroform, dietil eter) kullanılarak yapılan ekstraktların sahip oldukları indirgeme gücü, DPPH radikal süpürme aktivitesi, toplam fenol ve toplam flavonoid miktarları belirlenmiştir.

İndirgeme gücü, çeşitli alg özütlerinin elektron transfer özelliklerini analiz etmek için kullanılan yöntemdir. Fe^{+3} 'ün Fe^{+2} iyonlarına indirgenmesini sağlayarak oksidatif hasarı en aza düşürür (Manikandan vd., 2017). Yüksek indirgeme gücünü tespit etmek için yüksek absorbans değerleri görülmelidir. Yapılan çalışmada, derişim arttıkça absorbans değerlerinde artış olmuştur yani absorbans değeri arttıkça indirgeme gücünde artış gözlemlenmiştir. Çalışılan örnek özütlerindeki değerler, pozitif kontrolde görülenler kadar yüksek absorbans değerine sahip değildir ve pozitif kontrollere oranla daha düşük indirgeme gücüne sahip oldukları gözlemlenmiştir. Örnekler arasında en yüksek indirgeme gücü yeteneğini kloroform ile hazırlanmış özüt vermiştir. En düşük indirgeme gücünü ise dietil eter ile hazırlanmış özüt göstermiştir. Bilgin Sökmen vd., (2016) Karadeniz'de yapmış oldukları çalışmada *Cystoseira barbata* türünün indirgeme gücü 200 µg/mL derişiminde absorbans değeri, 0,133 olarak analiz edilmiştir. *Dasya rigidula* türünün ise aynı konsantrasyondaki indirgeme gücü değeri 0,0085 olarak bulunmuştur. Bunun sonucunda *Dasya rigidula* türünün daha düşük indirgeme gücüne sahip olduğu tespit edilmiştir. İki türde de örnekler aynı aylarda toplanmıştır fakat örneklerin toplandığı denizlerin farklı sıcaklık, basınç, ph, tuzluluk gibi parametrelerin değişkenlik göstermesinden dolayı sonuçlar farklı çıkmış olabilir. Bir diğer sebebi de *Dasya rigidula* türünün rhodophyta filumunda yer almasından dolayı farklı kimyasal içerik ve sekonder

metabolitlere sahip olmasından kaynaklanabilir. Tez çalışmasında yapılmış olan kontrol sonucunda 200 µg/mL derişimde catechin ve BHA kontrolleri sonucunda sırasıyla 1,147 ve 0,975 absorbans değerleri görülmüştür. Aynı derişimde kloroform ile hazırlanmış özütte 0,031, metanol ile hazırlanmış özütte 0,023, %25 metanol ile hazırlanmış özütte 0,015 ve dietil eter ile hazırlanmış özütte 0,0085 absorbans görülmüştür. Özütlerdeki bu değerler kontrol sonuçlarıyla karşılaştırıldığında *Dasya rigidula* türünün indirgeme gücü yeteneğine sahip olduğu fakat düşük indirgeme gücü gösterebildiği sonucu görülmektedir.

Fenolik bileşikler, güçlü zincir kırıcı özelliğe sahiptirler ve bu özelliklerinden dolayı oksidatif strese bağlı hasarları önlemede etkili antioksidanlardır. Verilere bakıldığında, en yüksek fenol miktarını (61,80 mg/g GA/ka) olarak kloroform ile hazırlanmış özüt vermiştir. Dietil eter ile hazırlanmış özütte toplam fenol miktarı (36,46±0,35 mg/g GA/ka) olarak bulunmuştur. %25 metanol ile hazırlanmış özütte toplam fenol miktarı (11,57±1,17 GA/ka) olarak bulunmuştur. En düşük fenol miktarı ise (10,49 mg/g GA/ka) olarak %25 metanol ile hazırlanış özütte görülmüştür. Yılmaz vd., (2021) yapmış oldukları çalışmada *Gongolaria barbata* türünde fenolik içerik (2,29±0,01 mg/g) olarak bulunmuştur. Bilgin Sökmen vd., (2016) Karadeniz'de yapmış oldukları çalışmada *Cystoseira barbata* türünün fenolik içeriği (94,55 ± 0,006 mg/g) olarak bulunmuştur. Bunun sonucunda da antioksidan etkiye sahip olduğu bildirilmiştir. Bu çalışmada da örnekler aralık ayında toplanmıştır fakat Karadeniz'in Giresun mevkiinden alınması sebebiyle mevsimsel farklılık görülmese bile ph, tuzluluk gibi iki denizin kimyasal yapısındaki farklılıklardan dolayı sonuçlar farklı çıkmış olabilir. *Cystoseira barbata* türü phaeophyceae sınıfında yer aldığı için iki tür arasındaki farklı sekonder metabolite sahip olma durumdan dolayı sonuçlarda farklılık oluşmuş olabilir. Imen Hmani vd., (2021) Tunus'un kuzey kıyılarında yapmış oldukları çalışmada *Gracilaria gracili*s türünün fenolik içeriği (19,29 ± 1,8 mg/g) bulunmuştur. *Asparagopsis armata* türünde (14,95 ± 0,5 mg/g) bulunmuştur. *Palisada perforata* türünde (12,45±0,4 mg/g) bulunmuştur. *Corallina ofcinalis* türünde (0,59±0,08 mg/g), *Jania rubens* türünde (0,20±0,15 mg/g) olarak bulunmuştur. Bu türlerin sonuçları *Dasya rigidula* türüne oranla daha düşük fenolik maddeye sahip olarak bulunmuştur. Bu türleri kapsayan çalışma mart nisan aylarında yapıldığı için sonuçlar arasındaki farklılık mevsimsel olarak suyun yapısındaki

değişimlerden kaynaklı olabilir. Çalışılmış türler rhodophyta filumuna aittir fakat sonuçlar arasındaki farklılık Marmara Denizi ile Tunus arasındaki kimyasal farklılıktan dolayı olabileceği gibi çalışmada kullanılan çözücü kimyasalların farklılığından da kaynaklanabilir. Chakraborty vd., (2013) Hindistan'ın Mannar Körfezi'nde yapmış oldukları çalışmada *Hypnea musciformis* türünün toplam fenolik içeriği (205,5 mg/g) olduğu tespit edilmiştir. Yapılmış olan bu çalışmadaki tür rhodophyta filumuna aittir ve çözücü olarak da metanol kullanılmıştır. Sonuç *Dasya rigidula* türüne oranla çok yüksek fenolik içeriğe sahiptir. Bunun sebebi iki denizin farklı kimyasal özelliğe sahip olmasından olabileceği gibi, türün sahip olduğu sekonder metabolitin fazla olmasından da kaynaklanabilir. Nursid vd., (2016) yapmış oldukları çalışmada fenolik içerik *Padina australis* (Phaeophyta) türünde (58,59 mg/g), *Caulerpa sertularioides* (Chlorophyta) türünde (28,31 mg/g), *Hypnea sp.* (Rhodophyta) türünde (22,05 mg/g) olarak bulunmuştur. Çalışmada çözücü olarak metanol kullanılmıştır. *Dasya rigidula* türünün metanol sonucuyla kıyaslandığında bu çalışmadaki türler daha yüksek fenolik maddeye sahiptir. Yapılan bu çalışma eylül ayında yapıldığından dolayı mevsimsel olarak farklılık mevcut olduğundan dolayı *Dasya rigidula* türünde daha düşük sonuç görülmüş olabilir. Sonuçlardan rhodophyta filumuna ait *Hypnea sp.* türü nispeten *Dasya rigidula* türüne benzer sonuç vermiştir. Bu da filumlara ait özelliklerin farklılıklarından kaynaklı olabilir.

En yüksek flavonoid içerik 90,69 mg/g QE/ka olarak kloroform ile hazırlanmış özütte görülürken dietil eter ile hazırlanmış özütte flavonoid miktarı 58,58±0,27 mg/g QE/ka olarak bulunmuştur. Metanol ile hazırlanmış özütte toplam flavonoid miktarı 3,11±1,00 mg/g QE/ka olarak görülürken en düşük değer ise 0 mg/g QE/ka olarak %25 metanol ile hazırlanmış özüttte görülmüştür. Yılmaz vd., (2021) yapmış oldukları çalışmada *Gongolaria barbata* türünde en yüksek toplam flavonoid içeriği (6,91±0,09 mg/g) olarak tespit edilmiştir. Bilgin Sökmen vd., (2016) Karadeniz'de yapmış oldukları çalışmada *Cystoseira barbata* türünün flavonoid içeriği (45,92 ± 0,011 mg/g) olarak tespit edilmiştir. Çalışma sonuçları karşılaştırıldığında *Dasya rigidula* türü daha yüksek flavonoid içeriğe sahiptir. Bunun sebebi çalışmaların iki farklı denizden örneklenmesinden dolayı çevresel farklılıklardan kaynaklanabilir. *Cystoseira barbata* türünün sistematik olarak farklı sınıfta yer almasının getirdiği türler arasındaki farklı özelliklerden kaynaklanabilir. Imen Hmani vd., (2021) Tunus'un kuzey kıyılarında

yapmış oldukları çalışmada flavonoid içerik *Sphaerococcus coronopifolius* türünde (7,17 ± 0 mg/g), *Asparagopsis armata* türünde (4,64 ± 0,63 mg/g) olarak tespit edilmiştir. Yapılan çalışmada metanol çözücüsü kullanılmıştır. Sonuçlar karşılaştırıldığında *Dasya rigidula* ile benzer sonuçlar çıktığı görülmüştür. Mevcut türler rhodophyta filumuna ait olduğundan dolayı sekonder metabolit olarak flavonoidin benzer miktarda bulunduğu gözlemlenmiştir. Sarojini vd., (2012) yapmış olduğu çalışmada Phaeophyceae üyelerinin Chlorophyta ve Rhodophyta'dan daha yüksek flavonoid içeriğine sahip olduğu gözlemlendi. Çalışmış oldukları türler arasında en yüksek flavonoid içeriğe sahip türlerin *Enteromorpha compressa* (33,39 mg/g) ve *Padina tetrastromatica* (32,89 mg/g) olduğu tespit edilmiştir. *Chaetomorpha antennina* türünde flavonoid içerik (29,73 mg/g), *Gracilaria corticata*, türünde (20,91 mg/g) ve *Sargassum vulgare* türünde (20,72 mg/g) olarak bulunmuştur. *Grateloupia lithophila* türünde (15,85 mg/g), *Spongomorpha indica* türünde (11,01 mg/g) flavonoid içerik bulunmuştur. Bu çalışma sonucunda sekonder metabolit üretiminin farklı organizma gruplarında çeşitlilik göstermesinden dolayı en düşük flavonoid miktarına sahip grubun rhodophyta olduğu sonucuna varılmıştır. Çalışmış olduğumuz *Dasya rigidula* türünün de bu sonuçlara benzer değerler gösterdiği tespit edilmiştir.

DPPH radikali, antioksidanların serbest radikalleri yakalama yeteneklerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. DPPH radikaline antioksidan çözelti ile H atomu verilmesi sonucu radikalin indirgenmesi metodun mekanizmasını anlatmaktadır. DPPH, hücre membranlarında hasara neden olabilen bir oksidandır (Zanwar vd., 2010). DPPH radikal süpürme aktivitesi en yüksek değeri veren kloroform ile hazırlanmış özütün IC_{50} değeri (914,7933 µg/mL) olarak bulunmuştur. Daha sonra sırasıyla dietil eter ile hazırlanış özütün IC_{50} değeri (1709,51 µg/mL), metanol ile hazırlanmış özütün IC_{50} değeri (2618,39 µg/mL) ve en düşük olarak da %25 metanol ile hazırlanmış özütteki IC_{50} değeri (2945,687 µg/mL) olarak görülmektedir. Bütün özütlerde derişim arttıkça daha yüksek DPPH süpürme aktivitesi görülmektedir. Düşük IC_{50} değerleri daha yüksek radikal yakalama aktivitesi anlamına gelmektedir. Özütler birbirleriyle karşılaştırıldığında en düşük IC_{50} değerine ve dolayısıyla en yüksek radikal yakalama yeteneğine kloroform ile hazırlanmış özüt sahiptir. En yüksek IC_{50} değeri ise %25 metanol ile hazırlanmış özütte görülmektedir. Yapmış olduğumuz çalışmada, IC_{50}

değerlerinin sonuçlarıyla DPPH radikal süpürme aktivitesi sonuçları birbirleriyle örtüşmektedirler. Yılmaz vd., (2021) yapmış oldukları çalışmada *Gongolaria barbata* türünün düşük IC_{50} değerleri gösterdiği belirtilmiştir. Bunun sonucunda antioksidan potansiyelinin orta düzeyde olduğu sonucuna varılmıştır. *Dasya rigidula* türünde ise kloroform ile hazırlanmış özüt daha yüksek antioksidan aktivitesine sahiptir diyebiliriz. Bilgin Sökmen vd., (2016) Karadeniz'de yapmış oldukları çalışmada *Cystoseira barbata* türünün IC_{50} değeri (971,36 ± 51,82 µg/mL) olarak bulunmuştur. *Dasya rigidula* türünde ise bu değere en yakın değer kloroform ile hazırlanmış örnekte benzer değer görülmektedir. Nurlindah Hamrun vd., (2022) yapmış oldukları çalışmada *Eucheuema spinosum* türünün IC_{50} değeri (702.387 µg/mL) sonucu bulunmuştur. Bu çalışma sonucunda *Dasya rigidula* türünün mevcut türün sonucundan daha düşük olmasındaki sebep çözücü olarak etanol kullanılmasından dolayı farklı çözücülerde farklı sonuçlar gözlenmesinden dolayı olabilir. Al-Amro vd., (2019) Arap Körfezi'nde yapmış oldukları çalışmada *Laurencia sp.* türünün IC_{50} değeri (5,64±0,68 mg/mL), *Polysiphonia sp.* türünün IC_{50} değeri (9,30±0,18 mg/mL) olarak bulunmuştur. Bu veriler sonucunda türlerin yüksek antioksidan etki gösterdiği sonucuna varılmıştır. *Dasya rigidula* türünde ise bu değerlerle karşılaştırıldığında radikal yakalama aktivitesinin daha düşük olduğu görülmektedir. Bunun sebebi örneklerde çözücü olarak etanol ve sulu çözeltilerinin kullanılmasının yanı sıra örneklerin toplandığı bölgelerin denizel özellik bakımından karşılaştırıldığında ph, sıcaklık, tuzluluk gibi parametrelerin oldukça farklılık göstermesinden kaynaklanması olabilir. Chakraborty vd., (2013) Hindistan'ın Mannar Körfezi'nde yapmış oldukları çalışmada *Hypnea musciformis* türünün IC_{50} değeri (0,6 mg/mL), *Jania rubens* türünün IC_{50} değeri (0,55 mg/mL) olarak bulunmuştur. Bu çalışmada çözücü olarak metanol kullanılmıştır ve *Dasya rigidula* türünün metanol sonuçları ile karşılaştırma yapıldığında *Dasya rigidula* türünün mevcut rhodophyta üyelerinden daha düşük radikal yakalama aktivitesi olduğu görülmüştür.

Dasya rigidula türüne ait başta antioksidan olmak üzere herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Bu da mevcut türü bu açıdan önemli kılmaktadır. Yapılmış olan bu çalışmada tüm verilere bakıldığında *Dasya rigidula* türünün antioksidan içeriklere sahip olduğu ve antioksidan etki gösterdiği tespit edilmiştir. Fakat verilerden ve kontrollerden

elde edilen değerler sonucunda, çeşitli alg türleriyle de yapılmış karşılaştırmalar sonucunda yüksek antioksidan etkiye sahip olmadığı tespit edilmiştir.

Yapılan çalışma sonucunda *Dasya rigidula* özütlerinin doğal antioksidan kaynağı olarak kullanılabilme özelliğine sahip olduğu sonucuna varılmıştır fakat yüksek antioksidan etki göstermedikleri de tespit edilmiştir. Karşılaştırma yapılan tüm çalışmalar arasındaki farklılıklar pH, sıcaklık, tuzluluk gibi etkenlerin yanında coğrafi konum, mevsimsel değişiklik gibi biyolojik ve çevresel parametrelerden kaynaklanıyor olabilir. Bu farklılıklar sebebiyle organizmalar tarafından ikincil metabolit üretimi etkilenebilir (Xie ve diğerleri, 2019). *Dasya rigidula* türüyle yapılmış tek çalışma sonucunda tuzluluk stresine toleranslı olmadığı ve strese girerek yüksek tuzluluk (43 ppt) sonucunda yaşamını devam ettiremediği görülmüştür (Yıldız ve Tiryaki, 2017). Aynı zamanda bu çalışmada mevcut türün fotosentetik aktivitesinin yüksek olduğu ve tuzluluk stresi arttıkça bu aktivitenin azaldığı görülmüştür. Bundan yola çıkarak mevcut türle ilgili stres koşullarına maruz kaldığında yüksek antioksidan etki gösterebilir yorumu da yapılabilir. Fotosentetik performansın yüksek olduğu koşullarda mevcut tür, sekonder metabolit üretimini durduruyor olabilir ve bu durumda fotosentetik aktivitenin düştüğü stres koşullarında sekonder metabolitlerin artması dolayısıyla antioksidan etkinin yükselmesi durumu da söz konusu olabilir.

Antioksidan içeriği zengin olan alglerin, gelecek vadeden bir potansiyeli mevcuttur. Üç tarafı denizlerle çevrili olan Türkiye'nin denizlerinde potansiyel olarak var olan ve yeterince değerlendirilmeyen deniz algleri, doğal ilaç hammaddeleri ve alternatif besin katkıları olarak ekonomiye kazandırılabilir ve sağlık sektörü için gelecekte güçlü bir alternatif olabilir.

KAYNAKLAR

Abir Abdullah Al-Amro, Moudhi Abdullah Al-Mutlaq, Sara Al-Moauther, Nouf Al-Tukhaifi, Rawan Bin Othaimeen, Nada Al-Mutairi, Sarah Al-Rashed, Fouziah Al-Malki and Samina Hyder Haq, 2019. Antioxidant Activity of Rhodophyta Algae *Polysiphonia* and *Laurencia* Collected from the Arabian Gulf. *Asian Journal of Applied Sciences, 12: 71-75.*

Bagchi, K., Puri, S. (1998). Free radicals and antioxidants in health and disease. East Mediterr. Health J. 4, 350–360.

Bağdatlıoğlu, N., Demirbüker, B. (1999). Gıda İlemede Karotenoidlerde Meydana Gelen Gelişmeler, 9, 48-51.

Bayan Y., Genç B. (2016). Salvia verticillata subsp. amasiaca'nın Toplam Fenolik Madde ve Antioksidan Kapasitesinin Belirlenmesi, Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi Cilt 5(2) 158-166 2016.

Bilgin Sökmen B., Aydın S., Sağkal Y., Akyurt İ. (2016). Giresun'dan Toplanan Cystoseira barbata (Stackhouse) C. Agardh Deniz Yosununun Antioksidan Aktivitesinin İncelenmesi. Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi, Vol 6, Iss 14, Pp 66-76 (2016)

Catalá A. (2006). An overview of lipid peroxidation with emphasis in outer segments of photoreceptors and the chemiluminescence assay. Int J Biochem Cell Biol 2006;38:1482-1495.

Chakraborty, K., Joseph, D. & Praveen, N.K. Antioxidant activities and phenolic contents of three red seaweeds (Division: Rhodophyta) harvested from the Gulf of Mannar of Peninsular India. *J Food Sci Technol* **52**, 1924–1935 (2015).

C.W. Schneider, R.E. Walde & R.A. Morelli (1994). L-systems computer models generating distichousfrom spiral organisation in the Dasyaceae (Ceramiales, Rhodophyta), European Journal of Phycology, 29:3, 165-170

Fernando IPS, Ryu B, Ahn G, Yeo I-K, Jeon Y-J (2020) Therapeutic potential of algal natural products against metabolic syndrome: a review of recent developments. Trends Food Sci Technol 97:286–299

Flieger, J., Flieger, W., Baj, J., Maciejewski, R. (2021). Antioxidants: Classification, Natural Sources, Activity/Capacity

Guedes, A., Amaro, H.M., Malcata, F.X. (2011). Microalgae as sources of high added-value compounds a brief review of recent work. Biotechnology Progress 27(3): 597-613.

Gupta RK, Patel AK, Shah N, et al. (2014). Oxidative stress and antioxidants in disease and cancer: a review. Asian Pac J Cancer Prev 2014;15:4405-4409.

Gupta S, Abu-Ghannam N (2011). Bioactive potential and possible health efects of edible brown seaweeds. Tre Food Sci Technol 22:315–326.

Güçlü, K., Sözgen, K., Tütem, E., Özyürek, M., Apak, R. (2005). Spectrophotometric determination of ascorbic acid using copper(II)-neocuproine reagent in beverages and pharmaceutical, Talanta, 65 (5), 1226-1232.

Hamrun, N., Djamaluddin, N., & Dahri, I. N. A. (2022). Antioxidant activity of red algae extract (Rhodophyta) Eucheuma spinosum measured by 2.2-diphenyl-1-picrylhydrazyl method. *Journal of Dentomaxillofacial Science, 7*(1), 14-19.

Hatano T, Edamatsu R, Hiramatsu M, Mori A, Fıjita Y, Yasuhara T, Yoshida T, Okuda T (1989). Effects of the Interaction of Tannins with Co-Existing Substances. VI.:

Effects of Tannins and Related Polyphenols on Superoxide Anion Radical, and on 1, 1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl Radical. Chemical and Pharmaceutical Bulletin, 37(8): 2016-2021.

Heeseman, K.H., Slater, T.F. (1993). An introduction to free radicals chemistry. Br. Med. Bull. 1993, 49, 481–493.

Hmani I., Ktari L., Ismail A., M'dallel C., El Bour M. (2021). Assessment of the antioxidant and antibacterial properties of red algae (Rhodophyta) from the north coast of Tunisia. Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration (2021) 6:13.

Karabulut, H., Gülay, M.S. (2016). Antioksidanlar. MAE Vet Fak Derg, 2016.

Ke Cui, Xiaoling Luo, Keyi Xu, Ven Murthy, (2004). MR, Progress in neuropsychopharmacology and biological psychiatry, 28 (5), 771-799.

Kılınç K, Kılınç A. (2002). Oksijen toksisitesinin aracı molekülleri olarak oksijen radikalleri. Hacettepe Tıp Dergisi 2002;33:110-118.

Kumar S. (2011). Free Radicals and Antioxidants: Human and Food System, Advances in Applied Science Research, 2011, 2 (1): 129-135.

Manikandan R, Anand AV, Rengaraj RL, Vinayakamoorthi P, Ramalingam R. (2017). In vitro antioxidant activity of extracts of Pisum guajava leaves. Pharmacology, toxicology and Biomedical Reports, 3(3): 50-54

Ngo, D.H., Wijesekara, I., Vo, T.S., Van, Q., Ta, S., Kim, K. (2010). Marine food-derived functional ingredients as potential antioxidants in the food industry: An overview. Food Research International 44: 523-529.

Noreen H, Semmar N, Farman M, McCullagh JSO. (2017). Measurement of total phenolic content and antioxidant activity of aerial parts of medicinal plant Coronopus didymus. Asian Pasific Journal of Tropical Medicine, 10(8): 792-801

Nursid M., Marasskuranto E., Atmojo K, B., Hartono M, P., Meinita M, D, N., Riyanti R. (2016). Investigation on Antioxidant Compounds from Marine Algae Extracts Collected from Binuangeun Coast, Banten, Indonesia. Squalen Bull. of Mar. and Fish. Postharvest and Biotech. 11 (2) 2016, 59-67.

Parson ,M.J. (1975). Morphology and taxonomy of the Dasyaceae and Lophothalieae (Rhodomelaceae) of the Rhodophyta. Australian Journal of Botany, 23:549-713.14. Poljsak, B., Suput, D., Milisav, I. (2013). Achieving the Balance between ROS and Antioxidants: When to Use the Synthetic Antioxidants. Oxidative Med. Cell. Longev. 2013, 1–11.

Ritzmann, N.F., Salles, J.P., Bouzon Z.L., Horta P.A. (2007). Dasya rigidula (Ceramiales, Rhodophyta) in the South and Southeastern Brazilian Coast.

Rizvi, S., Raza S.T., Ahmed, F., Ahmad, A., Abbas, S., Mahdi, F. (2014). The Role of Vitamin E in Human Health and Some diseases, Sultan Qaboos Universıty Medical Journal, 14 (2), 157-165.

Sarojini Y, Laakshminarayana K, Seshagiri P (2012). Varation in distribution of favonoids in some seaweed of Visakhapatnam coast of India. Der Pharma Chem 4(4):1481–1484.

Shahidi F, Janitha P.K., Wanasundara P.D. (1992). Phenolic antioxidants. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 32: 67-103.

Velioglu Y.S., Mazza G., Gao L., Oomah B.D. (1998). Antioxidant activity and total phenolic in selected fruits, vegetables and grain products. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46: 4113-4117.

Xie X, He Z, Chen N, Tang Z, Wang Q, Cai Y (2019) The roles of environmental factors in regulation of oxidative stress in plant. Biomed Res Int 8(2019):9732325

Xiulan X, He Z, Chen N, Tang Z, Wang Q, Cai Y (2019) The roles of environmental factors in regulation of oxidative stress in plant. Biomed Res Int 8:9732325

Yıldız G., Tiryaki Ş. (2017). Kırmızı Deniz Yosunlarının Fotosentetik Performansı Üzerine Tuzluluğun Etkileri. Iğdır Üni. Fen Bilimleri Enst. Der. / Iğdır Univ. J. Inst. Sci. & Tech. 7(1): 55-61, 2017

Yıldız G, Dere E, Dere S. (2014). Comparison of the antioxidative components of some marine macroalgae from Turkey. Pak J Bot 46(2):753–757

Yılmaz M., Türker G., Ak İ. (2021). Farklı Çözücülerin Gongolaria barbata'nın (Phaeophyceae) Antioksidan Özellikleri Üzerine Etkisi. Çanakkale Onsekiz Mart University Journal of Marine Sciences and Fisheries, Vol 4, Iss 2, Pp 197-201 (2021)