

Denizel makroalg özütlerinin antimikrobiyal özellikleri üzerine bir derleme

A review on antimicrobial properties of marine macroalgae extracts

Bahar Gümüş^{1*}  • Mustafa Ünlüsayın²  • Erkan Gümüş³ 

¹ Akdeniz Üniversitesi, Turizm Fakültesi, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü, 07058, Antalya

² Akdeniz Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü, 07058, Antalya

³ Akdeniz Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Yetiştiriciliği Bölümü, 07058, Antalya

* Corresponding author: bahargumus@akdeniz.edu.tr

Received date: 07.03.2018

Accepted date: 02.05.2018

How to cite this paper:

Gümüş, B., Ünlüsayın, M. & Gümüş, E. (2018). A review on antimicrobial properties of marine macroalgae extracts. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 35(3), 343-351. DOI:10.12714/egejfas.2018.35.3.15

Öz: Bu derlemede, denizel makroalg özütlerinin antimikrobiyal özellikleri üzerine yapılan çalışmalar araştırılmıştır. Birçok araştırmacı, makroalg özütlerinin antimikrobiyal aktivitesini belirlemek için çalışmalar yapmıştır. Çeşitli literatürlerde, yeşil, kahverengi ve kırmızı makroalg özütlerinin, maya, küf ve bakterilere karşı antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu bildirilmektedir. Denizel makroalg özütlerinin antimikrobiyal etkisinin içeriğinde bulunan kimyasal bileşenlerden (aminoasitler, yağ asitleri, terpenoidler, florotanninler, fenolik bileşenler, steroidler, halojenli ketonlar ve alkanlar gibi) kaynaklandığı rapor edilmektedir. Bu derlemenin amacı, denizel makroalg özütlerinin antimikrobiyal özelliklerini araştırmak ve mikroorganizmalara karşı antimikrobiyal aktivitelerini göstermektir.

Anahtar kelimeler: Makroalg, Özüt, Antimikrobiyal madde, Mikroorganizma,

Abstract: In this review, it was searched conducted research studies on antimicrobial properties of marine macroalgae extracts. Many researchers were studied to determine the antimicrobial activity of macroalgae extracts. In several literatures stated that have been found antimicrobial activity in the extracts of green, brown and red macroalgae against fungi, yeast and bacteria. The antimicrobial compounds derived from consist of diverse groups of chemical compounds (aminoacids, fatty acid, terpenoids, phlorotannins, phenolic compounds, steroids, halogenated ketones and alkanes etc.). The aim of this review was to investigate antimicrobial properties of marine macroalgae extracts and to indicate antimicrobial activities against microorganism.

Keywords: Macroalgae, Extract, Antimicrobial substances, Microorganism,

GİRİŞ

Makroalgler, kahverengi (Phaeophyta), kırmızı (Rhodophyta) ve yeşil (Chlorophyta) algler olmak üzere üç ana filum altında sınıflandırılmaktadır. Makroalglerin kimyasal kompozisyonu; tür, coğrafik bölge, mevsim ve suyun sıcaklığı gibi değişkenlerden etkilenecek farklılık göstermektedir (Qiao, 2010; Shannon ve Abu-Ghannam, 2016). Makroalgler ve deniz organizmaları, karışık topluluklarda birbirleri ile rekabet ortamında yaşamakta ve bu zor çevresel koşullarda gelişimleri sırasında metabolizmalarında herhangi ciddi bir fitodinamik hasar görülmemektedir. Bunun nedeni, makroalg hücrelerinin bazı koruyucu bileşen ve mekanizmalara sahip olmasıyla açıklanmaktadır (Matsukawa vd., 1997). Hayatta kalmak için ekolojik basınca bir cevap olarak ürettikleri ikincil metabolitler olarak da adlandırılan biyoaktif bileşenlerden bazıları diğer rekabetçi mikroorganizmaların büyüme ve gelişmesini sınırlandırıcı ya da engelleyici antimikrobiyal özellik göstermektedir (Gupta vd., 2012; Perez vd., 2016). Algler, süngerler ve mercanlar gibi, deniz sesil organizmaları epifit ve

fouling organizmalara karşı savunma için ürettikleri biyoaktif bileşenleri içeren fizyolojik adaptasyon özelliklerine sahiptirler. Bu nedenle, yeşil, kahverengi ve kırmızı deniz makroalgleri; bakteri, virüs ve mantar gelişimlerini engelleyici etki göstermektedirler (Perez vd., 2016). Makroalgler, antimikrobiyal bileşenlerin, w3 yağ asitlerinin, antioksidan maddelerin ve diğer biyoaktif bileşenlerin iyi bir kaynağı olarak ilgi görmektedir (Gupta vd., 2012).

Literatürde, araştırmacılar farklı tür makroalglerden değişik ekstraksiyon yöntemleri ile özüt elde etmiş ve çeşitli antimikrobiyal aktivite yöntemleri kullanarak bu özütlerin antimikrobiyal özellikleri üzerine araştırmalar yapmışlardır. Bu derlemede, denizel makroalg özütlerinin antimikrobiyal özellikleri, antimikrobiyal aktivitesini belirlemek için yaygın olarak kullanılan metotlar, elde edilen özütlerin antimikrobiyal özelliklerinden sorumlu olan bileşenler ile ilgili özet bilgi verilmeye çalışılmıştır.

Denizel makroalg özütlerinin antimikrobiyal özellikleri

Denizel makroalg özütlerinin antimikrobiyal özellikleri üzerine yapılan çalışmalar, kahverengi (Phaeophyceae), kırmızı (Rhodophyceae) ve yeşil (Chlorophyceae) alg sınıflarına ait farklı türler için rapor edilmiş ve bu çalışmaların bazıları **Tablo 1**'de verilmiştir.

Bu çalışmalarda, değişik organik çözücüler (su, metanol, etanol, aseton, butanol, etil asetat, diklorometan, kloroform, dietil eter ve hekzan) ile özütler elde edilmiş ve bu özütlerin çeşitli mikroorganizmaların gelişimlerini engelleme etkisi araştırılmıştır.

Tablo 1. Denizel makroalg özütlerinde antimikrobiyal aktivitenin belirlenmesi için yapılan çalışmalar
Table 1. The studies for determination of antimicrobial activity in marine macroalgae extracts

Tür	Çözgen	Test Edilen Mikroorganizma	Kaynaklar
<i>Caulerpa racemosa</i> var. <i>laetevirens</i> , <i>Codium capitatum</i> , <i>Halimeda cuneata</i> , <i>Ulva fasciata</i> , <i>Amphiroa bowerbankii</i> , <i>Amphiroa ephedraea</i> ve <i>Dictyota humifusa</i>	Metanol	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Candida albicans</i>	Stirk vd. (2007)
<i>Caulerpa racemosa</i> , <i>Ulva lactuca</i> , <i>Gracilaria folifera</i> , <i>Hypneme muciformis</i> , <i>Sargassum myricocystum</i> , <i>Sargassum tenneerimum</i> , <i>Padina tetrastomatica</i>	Metanol	<i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Enterobacter aerogenes</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Micrococcus luteus</i> , <i>Enterobacter faecalis</i> , <i>Streptococcus faecalis</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Bacillus subtilis</i>	Kandhasamy ve Arunachalam (2008)
<i>Gracilaria edulis</i> , <i>Calorpha peltada</i> , <i>Hydroclothres</i> sp.	Etanol	<i>Escherichia coli</i> , <i>Enterobacter aerogenes</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Streptococcus faecalis</i> , <i>Bacillus cereus</i>	Kolanjinathan vd. (2009)
<i>Colpomenia sinuosa</i> , <i>Dictyota dichotoma</i> var. <i>Implexa</i> , <i>Petalonia fascia</i> , <i>Scytosiphon lomentaria</i>	Metanol, Diklorometan, Hekzan	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Enterobacter aerogenes</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Proteus vulgaris</i> , <i>Salmonella typhimurium</i> , methisilin-oksasilin dirençli <i>Staphylococcus aureus</i> , hemorajik <i>Escherichia coli</i> , <i>Candida albicans</i>	Demirel vd. (2009)
<i>Ulva lactuca</i>	Diklorometan/metanol karışımı	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Bacillus cereus</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Micrococcus luteus</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Serratia marcescens</i>	El-Baky vd. (2009)
<i>Laminaria cichorioides</i>	Etanol	<i>Candida albicans</i> , <i>Aspergillus niger</i> , <i>Fusarium oxysporum</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Escherichia coli</i>	Gerasimenko vd. (2010)
<i>Laminaria digitata</i> , <i>Laminaria saccharina</i> , <i>Himanthalia elongata</i>	%60 metanol	<i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Salmonella abony</i> , <i>Enterococcus faecalis</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Gupta vd. (2010)
<i>Laminaria digitata</i> , <i>Laminaria saccharina</i> , <i>Himanthalia elongata</i> , <i>Palmaria palmata</i> , <i>Chondrus crispus</i> , <i>Enteromorpha spirulina</i>	Metanol, Etanol, Aseton	<i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Salmonella abony</i> , <i>Enterococcus faecalis</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Cox vd. (2010)
<i>Chaetomorpha aerea</i> , <i>Enteromorpha intestinalis</i> , <i>Ulva fasciata</i>	Aseton, Metanol, Etanol	<i>Escherichia coli</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>	Seenivasan vd. (2010)
<i>Cladophora glomerata</i> , <i>Ulva lactuca</i> , <i>Ulva reticulata</i> , <i>Gracilaria corticata</i> , <i>Kappaphycus alvarezii</i> , <i>Sargassum wightii</i>	Metanol, Distile su	<i>Escherichia coli</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Salmonella typhi</i> , <i>Staphylococcus epidermis</i> , <i>Streptococcus pyogenes</i>	Mansuya vd. (2010)
<i>Ulva fasciata</i> , <i>Codium tomentosum</i> , <i>Sargassum wightii</i> , <i>Dictyota dichotoma</i> , <i>Padina tetrastomatica</i> , <i>Gracilaria corticata</i> , <i>Hypnea musciformis</i>	Su	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Streptococcus</i> sp., <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Micrococcus luteus</i> , <i>Proteus mirabilis</i> , <i>Vibrio alginolyticus</i> , <i>Vibrio fischeri</i> , <i>Vibrio harveyi</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i>	Christobel vd. (2011)
<i>Cladophora glomerata</i> , <i>Enteromorpha linza</i> , <i>Ulva rigida</i> , <i>Cystoseira barbata</i> , <i>Padina pavonica</i> , <i>Corallina officinalis</i> , <i>Ceramium ciliatum</i>	Etanol	<i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Bacillus cereus</i> , <i>Aspergillus niger</i> , <i>Salmonella typhimurium</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Candida albicans</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Ertürk ve Taş, 2011
<i>Ulva fasciata</i>	Butanol, Metanol, Su	<i>Aeromonas hydrophila</i> , <i>Pseudomonas fluorescens</i> , <i>Proteus</i> sp., <i>Vibrio alginolyticus</i> , <i>Enterobacter</i> sp., <i>Rhizopus</i> sp., <i>Aspergillus niger</i> , <i>Candida</i> sp.	Priyadarshini vd. (2011)
<i>Cystoesira myrica</i> , <i>Cystoesira trinodis</i> , <i>Padina gymnospora</i> , <i>Sargassum dentifolium</i> , <i>Sargassum hystrix</i> , <i>Actinotrichia fragilis</i> , <i>Caulerpa racemosa</i> , <i>Codium fragile</i>	Metanol, Etil asetat	<i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Bacillus cereus</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Enterococcus faecalis</i> , <i>Salmonella</i> sp., <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Salem vd. (2011)

<i>Himanthalia elongata</i>	%60 metanol	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Enterococcus faecalis</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Salmonella abony</i>	Gupta vd. (2012)
<i>Sargassum wightii</i> , <i>Stocheospermum marginatum</i> , <i>Gracilaria folifera</i> , <i>Padina boergesenii</i>	Aseton, Metanol, Kloroform, Dietyl eter	<i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Enterococci</i> sp., <i>Proteus</i> sp., <i>Streptococcus</i> sp., <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Vibrio parahaemolyticus</i> , <i>Salmonella</i> sp., <i>Shewanella</i> sp., <i>Vibrio fluvialis</i> , <i>Vibrio splendidus</i> , <i>Aspergillus niger</i> , <i>Candida albicans</i> , <i>Penicillium</i> sp., <i>Aspergillus flavus</i> , <i>Aspergillus tetreus</i>	Kayalvizhi vd. (2012)
<i>Caulerpa scalpelliformis</i> , <i>Gracilaria crassa</i> , <i>Acanthophora spicifera</i> , <i>Sargassum wightii</i>	Aseton, Metanol, Kloroform, Dietyl eter, Etil asetat, Su	<i>Vibrio parahaemolyticus</i> , <i>Salmonella</i> sp, <i>Escherichia coli</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Streptococcus pyogenes</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Enterococcus faecalis</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Ramalingam ve Amutha (2013)
<i>Ulva rigida</i> , <i>Ulva lactuca</i> , <i>U. olivascens</i> , <i>Enteromorpha compressa</i> , <i>E. linza</i> , <i>E. intestinalis</i> , <i>Chaetomorpha linum</i> , <i>Caulerpa prolifera</i> , <i>Codium dichotomum</i> , <i>Cystoseira humilis</i> , <i>C. compressa</i> , <i>Cladostephus spongiosus</i> , <i>Gymnogongrus patens</i> , <i>Plocamium coccineum</i> , <i>Asparagopsis armata</i> , <i>Centroceras clavulatum</i> , <i>Gracilaria confervoides</i> , <i>G. bursa-pastoris</i> , <i>Hypnea musciformis</i> , <i>Alsidium corallinum</i>	Metanol	<i>Escherichia coli</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Enterococcus faecalis</i>	Zbakh vd. (2012)
<i>Sargassum wightii</i> , <i>Amphiroa anceps</i> , <i>Padina tetrastromatica</i> , <i>Stocheospermum marginatum</i> , <i>Gracilaria pygmaea</i> , <i>Ulva fasciata</i>	Metanol	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Proteus vulgaris</i> , <i>Salmonella typhimurium</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>	Ghantikumar vd. (2012)
<i>Caulerpa scalpelliformis</i> , <i>Gracilaria crassa</i> , <i>Acanthophora spicifera</i> ve <i>Sargassum wightii</i>	Aseton, Metanol, Kloroform, Dietyl eter, Etil asetat, Su	<i>Vibrio parahaemolyticus</i> , <i>Salmonella</i> sp, <i>Escherichia coli</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Streptococcus pyogenes</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Enterococcus faecalis</i> <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Ramalingam ve Amutha (2013)
<i>Gelidiella acerosa</i> , <i>Gracilaria verrucosa</i> , <i>Hypnea musciformis</i>	Metanol, Etanol, Kloroform, Su	<i>Salmonella paratyphi</i> , <i>Enterococcus aerogenes</i> , <i>Staphylococcus epidermidis</i> , <i>Salmonella typhi</i> , <i>Shigella flexneri</i>	Varier vd. (2013)
<i>Ulva lactuca</i> , <i>Enteromorpha compressa</i> , <i>Padina pavonica</i> , <i>Jania rubens</i>	Metanol	<i>Escherichia coli</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Proteus vulgaris</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Bacillus subtilis</i>	Elnabris vd. (2013)
<i>Ulva lactuca</i> , <i>Cheatomorpha linoides</i> , <i>Helimeda macroloba</i>	Aseton, Etanol, Metanol, Kloroform	<i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Lactobacillus acidophilus</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Proteus mirabilis</i>	Arunachalam vd. (2014)
<i>Spatoglossum asperum</i>	Hekzan, Etil asetat, Kloroform, Metanol	<i>Bacillus cereus</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Salmonella typhi</i>	Pandithurai vd. (2015)
<i>Ulva rigida</i> , <i>Gracilaria verrucosa</i>	Etanol	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Enterococcus faecalis</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Aspergillus brasiliensis</i> , <i>Candida albicans</i>	Gümüş ve Ünlüsayın (2016)
<i>Gelidium sesquipedale</i> , <i>Laminaria ochroleuca</i>	Metanol, Heksan, Diklorometan, Diklorometan/Metanol, Su	<i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Bacillus</i> sp., <i>Streptococcus faecalis</i> , <i>Pseudomonas</i> sp., <i>Escherichia coli</i> , <i>Candida albicans</i> , <i>Candida tropicalis</i> , <i>Cryptococcus neoformans</i>	Boujaber vd. (2017)
<i>Caulerpa racemosa</i> , <i>Caulerpa sertularioides</i> , <i>Ulva lactuca</i> , <i>Padina gymnospora</i> , <i>Dictyota dichotoma</i> , <i>Gracilaria multipartita</i>	Metanol	<i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Proteus mirabilis</i> , <i>Salmonella enterica</i>	Veeramohan vd. (2017)
<i>Ulva intestinalis</i> (<i>E. intestinalis</i>)	Metanol, Etanol, Diklorometan, hekzan	<i>Bacillus cereus</i> , <i>Enterococcus faecalis</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , Methisilin dirençli <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Klebsiella pneumonia</i> , <i>Proteus mirabilis</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Salmonella typhi</i> , <i>Vibrio alginolyticus</i> , <i>V. harveyi</i> , <i>V. parahaemolyticus</i>	Srikong vd. (2017)

Kandhasamy ve Arunachalam (2008) Hindistan'ın güneydoğu sahillerinden topladıkları yeşil makroalgere ait metanol

özütlerinin gram pozitif ve gram negatif bakterilere karşı in-vitro antibakteriyel özelliklerini araştırmışlardır. Araştırmada, yeşil

algere ait üyelerin, test edilen alglerin diğer üyelerinden daha yüksek antimikrobiyal aktivite gösterdikleri ve tüm metanolik makroalg özütlerinin antibakteriyel aktivitenin geniş bir spektrumunu sergiledikleri belirlenmiştir. Bu çalışma sonucunda, makroalg özütlerinin antibakteriyel bileşenlerin potansiyel bir kaynağı olarak kullanılabilmesi belirtilmektedir.

Kolanjinathan vd. (2009), 3 farklı makroalgden elde ettiği etanol özütlerini toplam 6 patojen bakteriye karşı test etmişlerdir. *Gracilaria edulis*'in etanol özütlerinin *Bacillus cereus* ve *Enterobacter aerogenes* hariç tüm test mikroorganizmalarının büyümesini engellediğini belirlemişlerdir. *Gracilaria edulis*'in etanol özütleri, *Staphylococcus aureus*'a karşı 13.7 mm ile maksimum, *Enterobacter aerogenes*'e karşı 3.1 mm ile minimum zonu oluşturmuştur. *Calorpha peltada* makroalg özütlerinin *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* ve *Streptococcus faecalis* gibi bakterilere karşı etkili olduğu bulunmuştur. *Hydroclathres* sp. özütünün test edilen 6 patojen mikroorganizmadan sadece *Pseudomonas aeruginosa*'nın gelişimini engellediği bildirilmiştir.

Demirel vd. (2009), İzmir sahillerinden toplanan kahverengi makroalglerden metanol, diklorometan ve hekzan özütlerinin buhar distilasyon ile esansiyel yağlarını elde etmişler ve bunların antimikrobiyal ve antioksidan özelliklerini araştırdıkları çalışmada, diklorometan özütlerinin 1 ve 1.5 mg/disk konsantrasyonlarında diğer iki çözümden daha iyi antioksidan ve antimikrobiyal aktivite gösterdiğini belirlemişlerdir.

El-Baky vd. (2009), *Ulva lactuca* deniz makroalg özütlerinin doğal koruyucu madde olarak kullanımını araştırmışlardır. Antibakteriyel aktiviteyi kâğıt disk difüzyon yöntemi kullanılarak *Ulva lactuca* ham organik özütlerini 6 bakteriyel suşa karşı potansiyel antibakteriyel aktivite sergilediğini tespit etmişlerdir. Kâğıt diske üç farklı konsantrasyonda (1, 2 ve 4 mg/her disk için) *Ulva lactuca* özütü ilave etmişlerdir. *Ulva lactuca* özütlerinin kloramfenikol antibiyotiki ile kıyaslandığında ise ticari olarak kullanılan bu antibiyotik kadar etkili olmadığı ancak özütlerin antibakteriyel aktivitesinin kullanılan doza bağlı olarak arttığını belirtmişlerdir. Bu yüzden *Ulva lactuca* özütlerinin gıda ve eczacılık endüstrisinde doğal bir koruyucu madde olarak kullanılabilmesini bildirmişlerdir.

Gerasimenko vd. (2010), *Laminaria cichorioides* kahverengi alginin etanol özütünün test edilen tüm mikroorganizmalar üzerine antimikrobiyal etkiye sahip olduğunu belirlemişlerdir.

Gupta vd. (2010), taze makroalglerden sağladıkları %60'lık metanol özütlerinin test edilen dört bakteriyel organizmanın tümüne karşı güçlü antimikrobiyal özellik gösterdiklerini belirlemişlerdir. Bu çalışmada kullanılan mikroorganizmaların tümüne karşı engelleme etkisi en yüksek olan tür *Himanthalia elongata* olarak tespit edilmiştir. Çalışılan makroalg türlerinin metanol özütlerinin *Listeria monocytogenes*'e karşı maksimum engelleme gösterdiği belirlenmiştir. Test edilen özütlerin sodyum nitrit ve sodyum benzoat gibi sentetik koruyucularla kıyaslandığında neredeyse eşit aktivite gösterdiğini bildirmişlerdir.

Cox vd. (2010), 6 adet tüketilebilir İrlanda makroalginden farklı çözümler kullanarak sağladıkları özütleri kurutarak antimikrobiyal aktivitesini incelemişlerdir. *Chondrus crispus* özütleri hariç, metanolik makroalg özütlerinin tümünün test edilen gıdalarda bozulmaya neden olan bakteriler ve patojen bakterileri engellediği belirlenmiştir. Kırmızı ve yeşil makroalglerin kurutulmuş metanolik özütleri kahverengi makroalg türlerinden daha düşük antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğunu belirlemişlerdir. *Himanthalia elongata* % 100 engelleme kapasitesiyle en yüksek antimikrobiyal aktiviteye sahip olan tür olmuştur. Bu çalışmada, ekstraksiyon çözgeni olarak etanol ve aseton kullanıldığında kırmızı ve yeşil makroalg özütlerinin önemli düzeyde antimikrobiyal aktivitelerinin arttığı belirtilmektedir.

Seenivasan vd. (2010), Hindistan'ın güneydoğu sahillerinden toplanan üç adet yeşil algin %80 etanol, metanol ve aseton özütlerinin test edilen gram negatif ve gram pozitif bakteri gelişimini engelleme yeteneğine sahip olduklarını saptamışlardır.

Mansuya vd. (2010), yeşil, kırmızı ve kahverengi alglerden elde ettikleri su ve metanol özütlerinin engelleme zonu sulu özütlerde 9-45 mm, metanol özütlerinde 6-40 arasında olduğu tespit edilmiştir. Maksimum aktivite (45 mm) *Ulva reticulata* su özütünün 200 mg'ı *Salmonella typhi*'ye karşı, minimum aktivite (9 mm) ise *Ulva lactuca* su özütünün 50 mg'ı *Streptococcus pyogenes*'e karşı kayıt edilmiştir. Buna karşın, metanol özütlerinde; maksimum aktivite (40 mm) *Escherichia coli* ve *Streptococcus pyogenes*'e karşı *Ulva reticulata*'nın metanol özütünün 200 mg'ında ve *Pseudomonas aeruginosa*'ya karşı *Cladophora glomerata* özütünün 200 mg'ında; minimum aktivite (6 mm) *Staphylococcus epidermidis*'e karşı *Kappaphycus alvarezii* metanol özütünün 50 mg'ının olduğu belirlenmiştir. Alglerin tamamının ham metanol özütleri tüm test patojenlerine karşı engelleyici etki göstermiş ve *Ulva reticulata* özütünün en etkili tür olduğu saptanmıştır. Bununla birlikte, *Ulva reticulata*'nın su özütünün *Escherichia coli* ve *Pseudomonas aeruginosa*'ya karşı engelleyici etkisinin olmadığı bildirilmiştir.

Christobel vd. (2011), Hindistan'ın güneybatı sahillerinden toplanan 7 makroalg türünün su özütlerinin 10 patojenik bakteri suşuna ait antibakteriyel aktivitesini araştırmışlardır. Test edilen bakteri isolatlarının %70'ine karşı en yüksek aktiviteyi *Ulva fasciata*, *Gracilaria corticata*, *Sargassum wightii* ve *Padina tetrastratica*'nın gösterdiğini bildirmişlerdir. Maksimum engelleme zonu kırmızı alg türü *Gracilaria corticata*'nın *Proteus mirabilis* (17 mm) ve kahverengi bir alg türü olan *Padina tetrastratica*'nın *Staphylococcus aureus* ve *Vibrio harveyi* (15 mm)'e karşı olduğu tespit edilmiştir. Genel olarak engelleme aktivitesinin Gram negatif bakterilere karşı daha yüksek olduğu bildirilmiştir.

Ertürk ve Taş, 2011, Türkiye'nin Vona kıyısından toplanan yeşil, kahverengi ve kırmızı olmak üzere toplam yedi deniz makroalg türünden elde ettikleri etanol özütlerini altı bakteri ve iki mantara karşı antibakteriyel ve antifungal aktivitelerini değerlendirmişlerdir. Analiz edilen deniz makroalglerinin

içerisinde *Cladophora glomerata* ve *Padina pavonica*, test organizmalarının en yaygın spektrumuna karşı en güçlü aktiviteyi sergiledikleri belirlenmiştir. *Enteromorpha linza* ve *Padina pavonica*, türleri *Aspergillus niger*'e karşı en yüksek antifungal aktiviteyi gösteriyorken, *Cladophora glomerata* türünün ise *Staphylococcus aureus*'a karşı en yüksek antibakteriyel aktiviteyi gösterdiği belirlenmiştir. Bunun yanı sıra, makroalglerden elde edilen tüm özütlerin *Staphylococcus aureus*, *Aspergillus niger* ve *Salmonella typhimurium*'a karşı önemli bir antimikrobiyal aktivite gösterdikleri belirlenmiştir. Bu çalışma sonucunda *Cladophora glomerata* ve *Padina pavonica* makroalg türlerinin biyoaktif bileşenlere potansiyel olarak sahip olduğunu ve doğal antibiyotik olarak kullanım olanaklarının araştırılabileceğini tavsiye etmektedirler.

Priyadharshini vd. (2011), *Ulva fasciata*'nın butanol, metanol ve su özütlерinin balık patojenlerine karşı antimikrobiyal aktivitelerini araştırmışlardır. *Vibrio alginolyticus*'a karşı maksimum (16 mm), *Enterobacter sp.*'ye karşı minimum (12 mm) engelleme zonu oluşturduğu tespit edilmiştir. *Ulva fasciata*'nın fungal patojenlere karşı daha zayıf aktivite gösterdiği bildirilmektedir. *Aspergillus niger* ve *Candida sp.* mantarlarına karşı antifungal aktivite göstermediği belirlenmiştir. Bu araştırma sonucunda, yetiştiricilik için sağlığı teşvik eden gıda olarak ya da eczacılık için antimikrobiyal bir ajan olarak makroalglerin kullanılabileceği belirtilmektedir.

Salem vd. (2011), Kızıl Deniz (Mısır)'den toplanan kahverengi, kırmızı ve yeşil makroalgere ait metanol ve etil asetat özütlерini gram pozitif ve gram negatif bakterilere karşı test etmişlerdir. Algal özütlерin gram pozitif bakteriler üzerine (19 mm'ye kadar inhibisyon zonu) gram negatif bakterilerden (14 mm'ye kadar inhibisyon zonu) daha fazla etkili olduğu rapor edilmiştir. Test edilen mikroorganizmalar üzerine etil asetat özütlерinin metanolik özütlерden daha iyi sonuç verdiği ve *Caulerpa racemosa* etil asetat özütlерinin en güçlü engelleyici etkiye sahip olduğu belirlenmiştir.

Gupta vd. (2012), *Himanthalia elongata* kahverengi makroalg özütlерinin gıdaların korunması için doğal bir antimikrobiyal madde olarak kullanım olanaklarını ve üç kinetik modelleme yönteminin bu amaç için uygunluğunu araştırmışlardır. Gıdaların bozulmasına neden olan ve gıda patojeni mikroorganizmaların gelişim kinetikleri üzerine *Himanthalia elongata* özütlерinin farklı konsantrasyonlarının etkilerini incelemişlerdir. *Himanthalia elongata* özütlерinin % 6'lık konsantrasyonunun çalışılan tüm mikroorganizmaların gelişimini engellediği tespit edilmiştir. Araştırmacılar gıda muhafazasında doğal antibakteriyel madde olarak deniz makroalg özütlерinin iyi bir potansiyele sahip olduğunu bildirmektedirler. Bu özütlерin yüksek konsantrasyonlarının gıdaların organoleptik özelliklerini etkileyebileceğini, bununla birlikte bakteriyel yükün düşük olduğu durumlarda düşük konsantrasyonlarının kullanımı gıda güvenliği için yeterli olabileceğini rapor etmişlerdir.

Kayalvizhi vd. (2012)'nin yapmış oldukları çalışmada, elde edilen tüm özütlерin özellikle asetonla elde edilen kahverengi

makroalg özütlерinin önemli düzeyde antimikrobiyal aktivite sergilediklerini ifade etmektedirler.

Zbakh vd. (2012), Akdeniz'in Morocco sahillerinden toplanan 20 makroalg türünün (9 yeşil alg, 3 kahverengi alg ve 8 kırmızı alg) metanol özütlерinin antibakteriyel aktivitesini test etmişlerdir. Kırmızı algere ait çalışılan türlerin test edilen 3 bakteri suşunun büyümesini engellediği ve 20-24 mm arasında zon oluşturduğu belirlenmiştir. Test edilen algler arasında 17 tanesinin antibakteriyel aktivite gösterdiği tespit edilmiştir. *Ulva lactuca*, *Gracilaria bursa-pastoris* ve *Chaetomorpha linum* özütlерinin en yüksek antibakteriyel aktiviteye sahip oldukları belirlenmiştir. 15 özütl (75%) *Staphylococcus aureus*'a, 7 özütl (%35) *E. coli*'ye ve 2 özütlün (%10) *Enterococcus faecalis*'e karşı hayli aktif engelleyici etkisinin olduğu bildirilmiştir. *Ulva rigida*'nın metanol özütlерinin ise test edilen tüm suşlara karşı engelleyici etki gösterdiği rapor edilmektedir. Bu çalışmanın sonuçları göstermiştir ki, kullanılan makroalg türlerinin önemli derecede antibakteriyel kapasiteye sahip olduğunu, biyoaktif bileşenlerin potansiyel bir kaynağı olarak kullanılabileceğini ve doğal antibiyotiklerin üretimi için çalışılabileceğini bildirmektedirler.

Ghanthikumar vd. (2012), 6 adet bakteriyel insan patojeni üzerine, 6 denizel makroalg özütlерinin antibakteriyel etkilerini disk difüzyon yöntemine göre çalışmışlardır. Maksimum engelleme aktivitesi metanol ve toluol özütlерinde gözlemlenmesine karşın, sulu özütlерde daha az aktiviteye sahip olduğu belirlenmiştir. Test edilen tüm makroalg özütlерiyle karşılaştırıldığı zaman *Amphiroa anceps* ve *Gracilaria pygmaea* türlerinin metanol özütleri maksimum engelleme zonunu oluşturduğu belirlenmiştir. Çalışmada sağlanan sonuçlara göre; bu makroalg özütlерinin, test edilen mikroorganizmaların neden olduğu hastalıkların tedavisinde kullanılabileceği araştırmacılar tarafından tavsiye edilmektedir.

Ramalingam ve Amutha (2013), 4 adet denizel makroalg özütlерinin antimikrobiyal aktivitelerini test etmişler ve yaygın olarak kullanılan antibiyotiklere alternatif olarak kullanımını araştırmışlardır. Kloroform özütleri hariç, tüm makroalg özütleri 8 mm'nin altında bir engelleme zonu oluşturmuştur. Çalışma sonucunda en yüksek *Acanthophora spicifera*, en düşük *Sargassum wightii* türüne ait özütlерin antibakteriyel aktivite sergilediği belirlenmiştir.

Varier vd. (2013), kırmızı alglerin ham özütlерini gram pozitif ve gram negatif bakterilere karşı antimikrobiyal aktivitesini belirlemişlerdir. *Gracilaria verrucosa*'nın kloroform özütlерinin *Salmonella paratyphi*'ye karşı en yüksek inhibisyon zonunu (21 mm) oluşturduğu rapor edilirken su özütlерinin hiçbirinin antibakteriyel aktivite göstermediği belirlenmiştir. Makroalglerin tümünün, seçilen bu patojen bakterilere karşı potansiyel bir antibakteriyel ajan olarak kullanılabileceği bildirilmektedir.

Elnabris vd. (2013), çalışmada kullandıkları makroalglerin metanol özütlерini gram negatif ve gram pozitif bakterilere karşı antimikrobiyal aktivitelerini değerlendirmişlerdir. *Ulva lactuca* makroalg türünün *E. coli* hariç test edilen bütün mikroorganizmaların büyümesini engellediği belirlenmiştir. Aynı

zamanda çalışmada kullanılan yeşil makroalg sınıfına ait türlerin, kahverengi ve kırmızı makroalg türlerinden daha yüksek bir antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu belirtilmektedir.

Arunachalam vd. (2014), yeşil algalara sınıfına ait 3 adet makroalgın antimikrobiyal aktivitesini test ettikleri çalışmada, *Ulva lactuca*'nın metanol özütünün *Proteus mirabilis*'e karşı maksimum aktivite (7 mm) gösterdiği belirlenmiştir.

Pandithurai vd. (2015), *Spatoglossum asperum* makroalgının çeşitli çözümlere karşı antimikrobiyal aktivitesini araştırdıkları araştırma sonucunda, kloroform ve metanol özütlerinin *Staphylococcus aureus*'a karşı maksimum engelleme gösterdiği ve genel olarak test edilen mikroorganizmalara karşı metanol özütlerinin daha etkili sonuç gösterdiği belirlenmiştir.

Gümüş ve Ünlüsayın (2016)'da denizel makroalg türlerinden farklı ekstraksiyon sıcaklıklarında etanol özütleri elde etmiş 6 bakteri ve 2 mantar türüne karşı antimikrobiyal aktivitelerini araştırdıkları çalışmada; test edilen tüm özütlerin *Aspergillus brasiliensis* hariç tüm bakteri ve mantarlara karşı antimikrobiyal etki gösterdiklerini tespit etmişlerdir.

Boujaber vd. (2017)'nin yapmış oldukları çalışmanın sonucunda, *Gelidium sesquipedale* ve *Laminaria ochroleuca* makroalglerinin her ikisinin de lipid fraksiyonlarının ve sadece *Gelidium sesquipedale* makroalginin protein fraksiyonunun antimikrobiyal aktivite sergilediği belirlenmiştir.

Veeramohan vd. (2017), Hindistanın batı sahillerinden toplanan makroalg türlerinin metanol özütlerinin antimikrobiyal aktivitesini araştırdıkları çalışmada, test edilen bakterilerin tümüne karşı en yüksek aktiviteye *Padina gymnospora* ve *Dictyota dichotoma* makroalg türlerinin sahip olduğu belirtilmektedir.

Srikong vd. (2017), Tayland'ın güney sahillerinde yaygın olarak dağılım gösteren *Enteromorpha intestinalis*'den farklı çözümlerle hazırlanan özütlerin antibakteriyel aktivitesini araştırdıkları çalışmada sadece hekzan özütlerinin gram pozitif bakteriler üzerine antibakteriyel aktiviteye sahip olduğunu, gram negatif bakterilere karşı antibakteriyel aktiviteye sahip olmadığını belirlemişlerdir.

Denizel makroalglerde antimikrobiyal aktiviteden sorumlu bileşenler

Deniz makroalgleri savunmaları için kimyasal olarak antibakteriyel, antialgal, antimakrofouling ve antifungal özelliklere sahip olduğu bilinen biyoaktif metabolitlerin geniş bir çeşitliliğini üretmektedirler (Paul ve Puglisi, 2004; Bhadury ve Wright, 2004). Çevresel etmenler altında patojen bir saldırı gerçekleştiği zaman bu metabolitler, organizmaların kendilerini tekrar yenileyebilmelerine olanak sağlamaktadır (Bourgougnon ve Stiger-Pouvreau, 2012). Makroalglerde bulunan tallusun farklı bölümleri (Vlachos vd., 1999) ya da tekrar üretim aşamasını içeren (Robles-Centeno vd., 1996) yaşamsal parametreler, coğrafik bölge ve mevsim gibi abiyotik faktörler, makroalglerde bulunan ikincil metabolitlerin düzeyini

etkileyebilmektedirler (Bourgougnon ve Stiger-Pouvreau, 2012).

Antimikrobiyal metabolitlerin, ılıman ya da tropikal denizel makroalglerin tüm sınıflarında (yeşil [Ulvales ve Codiales], kahverengi [Dictyotales, Laminariales ve Fucales] ve kırmızı [Gigartinales ve Ceramiales]) bulunduğu bildirilmektedir (Pesando, 1990). Makroalg türlerine göre farklılık gösteren ikincil metabolitler antimikrobiyal aktiviteden sorumlu olan moleküller olarak tanımlanmaktadır (Bourgougnon ve Stiger-Pouvreau, 2012).

Denizel makroalglerin kimyasal kompozisyonu ve antimikrobiyal aktivitesi; tür farklılığına, tallusun bulunduğu bölgeye, fizyolojik duruma, çevresel koşullara (iklim, bölge, tuzluluk, sıcaklık), kirliliğe, büyüme koşullarına, hasat zamanı ve epifitik organizmalara göre farklılıklar gösterdiği yapılan çalışmalar sonucunda rapor edilmektedir.

Farklı çalışmalarda, mevsimlere göre alglerde bulunan antimikrobiyal etkinin ve kimyasal kompozisyonun etkilendiği belirtilmektedir. Araştırmacılar, alglerin maksimum antibakteriyel etkiyi ilkbahar döneminde sergilediklerini ve bunun muhtemelen bu dönemde baskın olan bazı aktif bileşenlerden kaynaklandığını belirtmektedirler (Perez vd., 2016; Shannon ve Abu-Ghannam, 2016). Stirk vd. (2007), Güney Afrika'nın doğu sahillerinde Roky Körfezi'nden toplanan yedi makroalg türünün metanol özütlerinin mevsimsel değişimlere göre antifungal ve antibakteriyel aktivitelerinin değişip değişmediğinin araştırdıkları çalışmanın sonucunda, mevsimsel değişimler sırasında antifungal aktiviteleri bakımından farklılık bulunmadığını ancak antibakteriyel aktiviteleri arasında farklılıklar bulunduğunu tespit etmişlerdir. Yaz döneminde toplanan makroalglerde antibakteriyel aktivite gözlenmez iken; Temmuz, Eylül ve Kasım'da toplananlarda antibakteriyel aktivite gözlenmiştir. Tüm yıl boyunca antibakteriyel aktivite ve en yüksek antifungal aktivite gösteren makroalg *Dictyota humifusa*'nın olduğu tespit edilmiştir.

Makroalglerden elde edilen özütlerde bulunan biyoaktif bileşenleri sağlamak için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Kullanılan bu yöntemler sonucu elde edilen biyoaktif bileşenlerin verimi; kullanılan ekstraksiyon yöntemi ve çözüme göre farklılıklar göstermektedir. Denizel makroalglerden antibakteriyel maddeleri elde etmek için çeşitli ekstraksiyon koşulları (dondurarak kurutma, soxhlet ekstraksiyonu, organik çözücülerin, enzimlerin ya da bakteriyel fermentasyon kullanımı gibi) verilmektedir. Bununla birlikte; farklı ekstraksiyon sıcaklıkları, zaman, pH aralığı, konsantrasyonlar ve çözücü polaritesi gibi parametrelerin tümünün son ürünün antibakteriyel tesirini etkilediği yapılan çalışmalar sonucunda belirtilmektedir (Sastry ve Rao, 1994; Seenivasan vd., 2010; Salem vd., 2011; Shannon ve Abu-Ghannam, 2016). Bununla birlikte; taze denizel makroalglerde bulunan uçucu antimikrobiyal bileşenlerin (hidrojen peroksit, terpenoid, brom eter bileşenleri ve uçucu yağ asitleri) yüksek sıcaklıklarda uygulanan kurutma yöntemine bağlı olarak miktarlarında

önemli derecede azalan bir değişim olduğu bildirilmektedir (Perez vd., 2016).

Makroalgelerde bulunan ve antimikrobiyal etkiye sahip olan bu bileşenlerden bazıları; polifenoller, flavonoidler ve polisakkaritler olup, kahverengi, kırmızı ve yeşil alglerde bulunduğu belirlenmiştir (Zaragoza vd., 2008; Cox vd., 2010). Kateşinler, flavonoller ve flavonol glikosidler kırmızı ve kahverengi alglerin metanol ekstraksiyonlarından tanımlanmış ve antioksidan ve antimikrobiyal aktiviteye sahip oldukları tespit edilmiştir. Alglerde bulunan pek çok fonksiyonel kimyasal grubun (florotanninler, yağ asitleri, peptidler, terpenler, polisakkaritler, poliasetilenler, steroller, indol alkaloidler, aromatik organik asitler, hidroquinonlar, alkoller, aldehytler, ketonlar ve halojenli furanonlar gibi) bakteriyel engelleyiciler olarak görev yaptıkları bildirilmektedir (Shannon ve Abu-Ghannam, 2016). Nagayama vd. (2002)'de kahverengi alglerden elde ettikleri fenolik bir bileşen olan florotanninlerin güçlü bir bakterisit etkiye sahip olduğunu bildirmişlerdir. Alg hücreleriyle fisodlar olarak adlandırılan fukosan granüllerinde oluşan, tallusun kuru kütesinin %1-15'ini içeren florotaninlerin antibakteriyel aktivitesinin; hücre tahribatına sebep olan hücre membranları ve enzimler gibi bakteriyel proteinlere bağlanma yeteneklerine sahip olmaları ve oksidatif fosforilasyonu engellemesi gibi özelliklerinden kaynaklandığı rapor edilmektedir (Shannon ve Abu-Ghannam, 2016). Florotaninlerin yanı sıra alglerde bulunan, yağ asitleri, polisakkaritler, proteinler ve peptidler, terpenler, laktonlar gibi kimyasalların da antimikrobiyal etkiden sorumlu oldukları bildirilmektedir (Shannon ve Abu-Ghannam, 2016). Horie vd. (2008)'de *Sargassum sagamianum* kahverengi alginden antibakteriyel özelliklere sahip olan sargaquinoik asit türevlerini izole etmişlerdir.

Robles-Centeno vd. (1996), doğal veya kültür ortamlarında yetiştirilen kırmızı alglerde biyoaktif bileşenlerin büyük bir çeşitliliğini üreten karmaşık bir kimyasal savunma olduğu vurgulanmaktadır. Kırmızı alglerin bir kısmı halojenli terpenoidleri üretmektedirler (Vairappan vd. 2001; Xu vd. 2004; Vairappan vd. 2004). Yeşil algler arasında *Ulva*'lar ve *Acrosiphoniales*'ler akrilik asit ve *Caulerpa*'larca zengindir ve çok miktarda biyoaktif diterpenoidleri üretmektedirler (Pesando 1990). Kahverengi algere ait olan *Fucales* ve *Dictyotales*'ler arasında, akrilik asit, karmaşık diterpenoid türevleri, florotanin ve fenolik yağları içeren antimikrobiyal bileşenler bulunmuştur (Sastry ve Rao, 1994; Van Heemst vd., 1996; Abourriche vd., 1999; Hedio vd., 2001; Zinedine vd., 2004; Bourgougnon ve Stiger-Pouvreau, 2012).

Sphaerococcus coronopifolius'dan izole edilen bromoditerpenin (bromospehaerone) *S. aureus* bakterisine karşı, kırmızı alglerden (*Laurencia majuscula* ve *Laurencia marinensis*) izole edilen halojenli terpenler (lembeyne A ve lembeyne B), deniz alglerinden izole edilen Almazole D (antibakteriyel oxazole dipeptid)'nin bakterilere karşı güçlü bir antibakteriyel bileşen olduğu rapor edilmektedir (Smit, 2004; Venugopal, 2009).

Makroalgelerin antimikrobiyal aktivitesi klorofil türevleri, akrilik asit, terpenler, fenolik maddeler, halojenli alifatik bileşenler ve sülfür içeren heterosiklik bileşenlerden kaynaklanmaktadır. Bu bileşenlerin yanında antimikrobiyal aktivite bazı aminoasitler, florotanninler, steroidler, halojenli ketonlar ve alkanlar, siklik polisülfidler ve yağ asitlerinden de kaynaklanmaktadır. Bununla birlikte, hala cevaplanması gereken pek çok soru bulunmaktadır ve bu yüzden literatürde sürekli olarak yeni çalışmalar olduğu görülmektedir (Espeche vd., 1984; Watson ve Cruz-Rivera, 2003; Cox vd., 2010; Srivastava vd., 2010; Salem vd., 2011; Radhika vd., 2012; Gupta vd., 2012; de Almeida Mendes, 2012; Perez vd., 2016; Srikong vd., 2017; Veeramohan vd., 2017).

Antimikrobiyal aktivitenin belirlenmesinde kullanılan metotlar

Araştırmacılar, algal özütlerin ya da onların metabolitlerinin antimikrobiyal aktivitesini farklı metotlar ile belirlemişlerdir. Çoğunlukla in-vitro bazen de in-vivo analiz yöntemlerini, birbirlerinden farklı alg özütleri ve mikroorganizmalar için kullanmışlardır (Perez vd., 2016). Genellikle disk ya da kuyucuk difüzyon agar, büyüme inhibisyon ve minimum engelleme konsantrasyon yöntemi gibi farklı analiz yöntemlerini kullanarak antimikrobiyal aktiviteyi belirlemişlerdir.

Disk difüzyon agar yöntemi, antibakteriyel ve antifungal aktiviteyi değerlendirmek için araştırmacılar tarafından en yaygın olarak kullanılan metotlardan biridir. Bu metot, steril kağıt disklerin kullanımına dayanan ve kağıt diskler üzerine farklı konsantrasyonlarda enjekte edilen makroalg özütlerinin, bakteri, maya-küfe karşı etkilerini değerlendirmek için kullanılan bir yöntemdir. Agar üzerine belirli bakteriyel ya da fungal kültürler (10^5 - 10^8 kob/ml oranında mikroorganizma süspansiyonu) eklenerek yapılmaktadır (Demirel vd., 2009; El-Baky vd., 2009; Ertürk ve Taş, 2011; Ghanthikumar vd., 2012; Varier vd., 2013; Elnabris vd., 2013; Arunachalam vd., 2014; Perez vd., 2016; Gümüş ve Ünlüsayın, 2016; Veeramohan vd., 2017). Diğer bir yöntem ise; Seenivasan vd. (2010) ve Mansuya vd. (2010)'nın araştırmalarında kullandıkları kuyucuk difüzyon agar yöntemidir. Bu yöntemde, agarlar içerisinde açılan kuyucuklar içerisine makroalg özütlerini koyarak etrafında oluşturdukları zona bağlı olarak antimikrobiyal aktivite tespit edilmektedir. Büyüme inhibisyon analizi ise spektral bir ölçüm olup, belirli bir zaman içerisinde kuyucuklu petripler içerisinde bulunan alg özütlerinin varlığında antimikrobiyal gelişmenin izlendiği bir yöntemdir. Araştırmacılar farklı ışık yoğunluğu (490 nm ve 600 nm gibi)'nda farklı alg özütlerinin farklı konsantrasyonlarında farklı sürelerde takiplerini yapmışlar ve bu yöntemde göre alg özütlerinin antibakteriyel ve antifungal aktivitesini belirlemişlerdir (Garcia-Bueno vd., 2014; Pinteus vd., 2015). Başka bir yöntem olan minimum engelleme konsantrasyon analizi; bakteriyel veya fungal büyümenin engellendiği ham ya da saflaştırılmış makroalg özütlerinin en düşük konsantrasyonunun belirlendiği bir yöntemdir (Stirk vd., 2007; El-Baky vd., 2009; Ertürk ve Taş, 2011; Veeramohan vd., 2017; Srikong vd., 2017).

SONUÇ

Araştırmacılar kırmızı, kahverengi ve yeşil makroalg özütlerinin çeşitli mikroorganizmalara karşı antimikrobiyal özellik gösterdiğini ve makroalg özütlerinde bulunan bu antimikrobiyal aktivitenin, ikincil metabolitler olarak da bilinen biyoaktif bileşiklerin varlığından kaynaklandığını bildirmektedirler. Makroalgler bünyelerinde biyoaktif bileşenleri bulundurmasından dolayı uzun zamanlardan beri tıp, eczacılık, kozmetik ve diğer endüstriyel alanlarda kullanılmaktadır.

KAYNAKÇA

- Abourriche, A., Charrouf, M., Berrada, M., Bennamara, A., Chaib, N. & Francisco, C. (1999). Antimicrobial activities and cytotoxicity of the brown algae *Cystoseira tamariscifolia*. *Fitoterapia*, 70, 611-614. DOI: [10.1016/S0367-326X\(99\)00088-X](https://doi.org/10.1016/S0367-326X(99)00088-X)
- Arunachalam, P., Uthandakalai, R. & Rajsmail, R. 2014. Evaluation of antibacterial activity of some selected green seaweed extracts from Muttam coastal areas, Kanyakumari, Tamil Nadu, India. *Journal of Coastal Life Medicine*, 2(2), 112-115. DOI: [10.12980/JCLM.2.2014C1116](https://doi.org/10.12980/JCLM.2.2014C1116)
- Bhadury, P. & Wright, P.C. (2004). Exploitation of marine algae: biogenic compounds for potential antifouling applications. *Planta*, 219, 561-578. DOI: [10.1007/s00425-004-1307-5](https://doi.org/10.1007/s00425-004-1307-5)
- Boujaber, N., Oumaskour, K., Assobhei, O. & Etahiri, S. (2017). Antimicrobial activity of different fractions obtained from *Gelidium sesquipedale* and *Laminaria ochroleuca*. *Journal of Bio Innovation*, 6(3), 362-368 (Elektronik).
- Bourgougnon, N. & Stiger-Pouvreau, V. (2012). Chemodiversity and bioactivity within red and brown macroalgae along the French coasts, metropole and overseas departements and territories. 58-105 pp. In: Kim, S-K. (Eds.), *Handbook of Marine Macroalgae*. JohnWiley & Sons, Ltd., 567 p.
- Cox, S., Abu-Ghannam, N. & Gupta, S. (2010). An assessment of the antioxidant and antimicrobial activity of six species of edible Irish seaweeds. *International Food Research Journal*, 17(1), 205-220. DOI: [10.21427/D7HC92](https://doi.org/10.21427/D7HC92)
- Christobel, G.J., Lipton, A.P., Aishwarya, M.S., Sarika, A.R. & Udayakumar, A. (2011). Antibacterial activity of aqueous extract from selected macroalgae of southwest coast of India. *Seaweed Research and Utilization*, 33 (1-2): 67-75.
- De Almeida Mendes, M.S. (2012). Functional activity of seaweed extracts from north Portuguese coast. Universidade Católica Portuguesa, Escola Superior de Biotecnologia, Mikrobiyoloji Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, Eylül 2012, Porto/ Portekiz, 49 s.
- Demirel, Z., Yilmaz-Koz, F.F., Karabay-Yavaşoğlu, U.N., Özdemir, G. & Sukatar, A. (2009). Antimicrobial and antioxidant activity of brown algae from the Aegean Sea. *Journal of the Serbian Chemical Society*, 74(6), 619-628. DOI: [10.2298/JSC0906619D](https://doi.org/10.2298/JSC0906619D)
- El-Baky, H.H.A., El-Baz, F.K. & El-Baroty, G.S. (2009). Natural preservative ingredient from marine alga *Ulva lactuca* L. *International Journal of Food Science and Technology*, 44(9), 1688-1695. DOI: [10.1111/j.1365-2621.2009.01926.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2009.01926.x)
- Elnabris, K.J., Elmanama, A.A. & Chihadeh, W.N. (2013). Antibacterial activity of four marine seaweeds collected from the coast of Gaza Strip, Palestine. *Mesopotamian Journal Marine Science*, 28(1), 81-92.
- Ertürk, Ö. & Taş, B. (2011). Antibacterial and Antifungal Effects of Some Marine Algae. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 17, 121-124.
- Espeche, M.E., Fraile, E.R. & Mayer, A.M.S. (1984). Screening of Argentine marine algae for antimicrobial activity. *Development in Hydrobiology*, 116/117, 525-528. DOI: [10.1007/978-94-009-6560-7_107](https://doi.org/10.1007/978-94-009-6560-7_107)
- Garcia-Bueno, N., Decottignies, P., Turpin, V., Dumay, J., Paillard, C., Stiger-Pouvreau, V., Kervarec, N., Pouchus, Y.F., Marin-Atucha, A.A. & Fleurence, J. (2014). Seasonal antibacterial activity of two red seaweeds, *Palmaria palmata* and *Grateloupia turuturu* on European abalone pathogen *Vibrio harveyi*. *Aquatic Living Resources*, 27:83-89. DOI: [10.1051/alr/2014009](https://doi.org/10.1051/alr/2014009)
- Gerasimenko, N.I., Chaykina, E.L., Busarova, N.G. & Anisimov, M.M. (2010). Antimicrobial and hemolytic activity of low-molecular metabolites of brown seaweed *Laminaria cichorioides* (Miyabe). *Applied Biochemistry and Microbiology*, 46(4), 426-430. DOI: [10.1134/S0003683810040113](https://doi.org/10.1134/S0003683810040113)
- Ghanthikumar, S., Vanila, D., Masillamani, A. & Kanthasamy, R. (2012). Antibacterial activity of some seaweeds. *Applied Biology and Biotechnology*, 1(1), 1-5.
- Gupta, S., Cox, S., Rajauria, G., Jaiswal, A.K. & Abu-Ghannam, N. (2012). Growth inhibition of common food spoilage and pathogenic microorganisms in the presence of brown seaweed extracts. *Food and Bioprocess Technology*, 5(5), 1907-1916. DOI: [10.1007/s11947-010-0502-6](https://doi.org/10.1007/s11947-010-0502-6)
- Gupta, S., Rajauria, G. & Abu-Ghannam, N. (2010). Study of the microbial diversity and antimicrobial properties of Irish edible brown seaweeds. *International Journal of Food Science and Technology*, 45, 482-489. DOI: [10.1111/j.1365-2621.2009.02149.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2009.02149.x)
- Gümüş, B. & Ünlüsayın, M. (2016). Tüketilebilir iki makroalg ekstraktının antimikrobiyal aktivitelerinin belirlenmesi. *Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Dergisi*, 33(4), 389-395. DOI: [10.12714/eejfas.2016.33.4.13](https://doi.org/10.12714/eejfas.2016.33.4.13)
- Hellio, C., Thomas-Guyon, H., Culioli, G., Piovetti, L., Bourgougnon, N. & Le Gal, Y. (2001). Marine antifoulants from *Bifurcaria bifurcata* (Phaeophyceae, Cystoseiraceae) and other brown macroalgae. *Biofouling*, 17, 189-201. DOI: [10.1080/08927010109378478](https://doi.org/10.1080/08927010109378478)
- Horie, S., Tsutsumi, S., Takada, Y. & Kimura, J. (2008). Antibacterial quinone metabolites from the brown alga, *Sargassum sagamianum*. *Bulletin of the Chemical Society of Japan*, 81(9), 1125-1130. DOI: [10.1246/bcsj.81.1125](https://doi.org/10.1246/bcsj.81.1125)
- Kandhasamy, M. & Arunachalam, K.D. (2008). Evaluation of *in vitro* antibacterial property of seaweeds of southeast coast of India. *African Journal of Biotechnology*, 7(12), 1958-1961. DOI: [10.5897/AJB08.120](https://doi.org/10.5897/AJB08.120)
- Kayalvizhi, K., Subramanian, V., Anantharaman, P. & Kathiresan, K. (2012). Antimicrobial activity of seaweeds from the Gulf of Mannar. *International Journal of Pharmaceutical Applications*, 3(2), 306-314.
- Kolanjinathan, K., Ganesh, P. & Govindarajan, M. (2009). Antibacterial activity of ethanol extracts of seaweeds against fish bacterial pathogens. *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*, 13(3), 173-177.
- Mansuya, P., Aruna, P., Sridhar, S., Kumar J.S. & Babu, S. (2010). Antibacterial activity and qualitative phytochemical analysis of selected seaweeds from Gulf of Mannar region. *Journal of Experimental Sciences*, 1(8), 23-26.
- Matsukawa, R., Dubinsky, Z., Kishimoto, E., Masaki, K., Masuda, Y., Takeuchi, T., Chihara, M., Yamamoto, Y., Niki, E. & Karube, I. (1997). A comparison of screening methods for antioxidant activity in seaweeds. *Journal of Applied Phycology*, 9, 29. DOI: [10.1023/A:1007935218120](https://doi.org/10.1023/A:1007935218120)
- Nagayama, K., Iwamura, Y., Shibata, T., Hirayama, I. & Nakamura, T. (2002). Bactericidal activity of phlorotannins from the brown alga *Ecklonia kurome*.

- Journal of Antimicrobiology Chemother*, 50(6), 889-893.
DOI: [10.1093/jac/dkf222](https://doi.org/10.1093/jac/dkf222)
- Pandithurai, M., Murugesan, S. & Sivamurugan, V. (2015). Antibacterial activity of various solvent extracts of marine brown alga *Spatoglossum asperum*. *International Journal of Pharmacological Research*, 5(6), 133-138.
DOI: [10.7439/ijpr](https://doi.org/10.7439/ijpr)
- Paul, V.J. & Puglisi, M.P. (2004). Chemical mediation of interactions among marine organisms. *Natural Product Reports*, 21, 189-209.
DOI: [10.1039/B302334F](https://doi.org/10.1039/B302334F)
- Perez, M.J., Falque, E. & Dominguez, H. (2016). Antimicrobial Action of Compounds from Marine Seaweed. *Marine Drugs*, 14(3), 52.
DOI: [10.3390/md14030052](https://doi.org/10.3390/md14030052)
- Pesando, D. (1990). Antibacterial and antifungal activities of marine algae. In: Introduction to Applied Phycology (I. Akatsuka, ed.). SPB Academic Publishing bv, The Hague. pp. 3-27.
- Pinteus, S., Alves, C., Monteiro, H., Araújo, E., Horta, A. & Pedrosa, R. (2015). *Asparagopsis armata* and *Sphaerococcus coronopifolius* as a natural source of antimicrobial compounds. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 31, 445-451. DOI: [10.1007/s11274-015-1797-2](https://doi.org/10.1007/s11274-015-1797-2)
- Priyadharshini, S., Bragadeeswaran, S., Prabhu, K. & Sophia Ran, S. (2011). Antimicrobial and hemolytic activity of seaweed extracts *Ulva fasciata* (Delile 1813) from Mandapam, Southeast coast of India. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 1(Supl 1), 38-39.
DOI: [10.1016/S2221-1691\(11\)60118-4](https://doi.org/10.1016/S2221-1691(11)60118-4).
- Qiao, J. 2010. Antibacterial effect of extracts from two Icelandic algae (*Ascophyllum nodosum* ve *Laminaria digitata*). The United Nations University, Fisheries Training Programme Final Project, 36 pp, Reykjavik, Iceland.
- Radhika, D., Veerabahu, C. & Priya, R. (2012). Antibacterial activity of some selected seaweeds from the Gulf of Mannar coast, South India. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 5(4), 89-90.
- Ramalingam, A. & Amutha, C. (2013). Antibacterial activity of four seaweed collected from Thondi Coast, Tamilnadu, India. *International Journal of Research in Biological Sciences*, 3(1), 60-64.
- Robles-Centeno, P.O., Ballantine, D.L. & Gerwick, W.H. (1996). Dynamics of antibacterial activity in three species of Caribbean marine algae as a function of habitat and life history. *Hydrobiologia*, 326/327, 457-462.
- Salem, W.M., Galal, H. & Nasr El-Deen, F. (2011). Screening for antibacterial activities in some marine algae from the red sea (Hurghada, Egypt). *African Journal of Microbiology Research*, 5(15), 2160-2167.
DOI: [10.5897/AJMR11.390](https://doi.org/10.5897/AJMR11.390)
- Sastry, V.M.V.S. & Rao G.R.K. (1994). Antibacterial substances from marine algae: successive extraction using benzene, chloroform and methanol. *Botanica Marina*, 37, 357-360. DOI: [10.1515/botm.1994.37.4.357](https://doi.org/10.1515/botm.1994.37.4.357)
- Seenivasan, R., Indu, H., Archana, I.G. & Geetha, S. (2010). The antibacterial activity of some marine algae from South East coast of India. *American-Eurasian Journal of Agriculture and Environment Sciences*, 9(5), 480-489.
- Shannon, E. & Abu-Ghannam, N. (2016). Antibacterial derivatives of marine algae: an overview of pharmacological mechanisms and applications. *Marine Drugs*, 14, 81. DOI: [10.3390/md14040081](https://doi.org/10.3390/md14040081)
- Smit, A.J. (2004). Medicinal and pharmaceutical uses of seaweed natural products: a review. *Journal of Applied Phycology*, 16(4), 245-262.
DOI: [10.1023/B:JAPH.0000047783.36600.ef](https://doi.org/10.1023/B:JAPH.0000047783.36600.ef)
- Srikong, W., Bovornreungroj, N., Mittraparthorn, P. & Bovornreungroj, P. 2017. Antibacterial and antioxidant activities of differential solvent extractions from the green seaweed *Ulva intestinalis*. *ScienceAsia*, 43: 88-95. DOI: [10.2306/scienceasia1513-1874.2017.43.088](https://doi.org/10.2306/scienceasia1513-1874.2017.43.088)
- Srivastava, N., Saurav, K., Mohanasrinivasan, V., Kannabiran, K. & Singh, M. (2010). Antibacterial potential of macroalgae collected from the Madappam coast, India. *British Journal of Pharmacology and Toxicology*, 1(2), 72-76.
- Stirk, W.A., Reinecke, D.L. & Van Staden, J. (2007). Seasonal variation in antifungal, antibacterial and acetylcholinesterase activity in seven South African seaweeds. *Journal of Applied Phycology*, 19(3), 271-276.
DOI: [10.1007/s10811-006-9134-7](https://doi.org/10.1007/s10811-006-9134-7)
- Vairappan, C.S., Kawamoto, T., Miwa, H. & Suzuki, M. (2004). Potent antibacterial activity of halogenated compounds against antibiotic-resistant bacteria. *Planta Medica*, 70, 1087-1090.
DOI: [10.1055/s-2004-832653](https://doi.org/10.1055/s-2004-832653)
- Vairappan, C.S., Suzuki M., Abe T. & Masuda, M. (2001). Halogenated metabolites with antibacterial activity from the Okinawan Laurencia species. *Phytochemistry*, 58, 517-523.
DOI: [10.1016/S0031-9422\(01\)00260-6](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(01)00260-6)
- Van Heemst, J.D.H., Peulve, S. & De Leeuw, J.W. (1996). Novel algal polyphenolic biomacromolecules as significant contributors to resistant fractions of marine dissolved and particulate organic matter. *Organic Geochemistry*, 24(6-7), 629-640. DOI: [10.1016/0146-6380\(96\)00054-X](https://doi.org/10.1016/0146-6380(96)00054-X)
- Variar, K.M., Milton, M.C.J., Arulvasu, C. & Gajendran, B. (2013). Evaluation of antibacterial properties of selected red seaweeds from Rameshwaram, Tamil Nadu, India. *Journal of Academia and Industrial Research*, 1(11), 667-670.
- Veeramohan, Dr.R., Adaikala Raj, G. & Venkatesalu, V. 2017. Antibacterial activity of methanol crude extracts of marine macroalgae from the Thikkodi Calicut west coast of India. *International Journal of Pharma and Bio Sciences*, 8(1), 136-142.
- Venugopal, V. (2009). Marine products for healthcare. Functional and bioactive nutraceutical compounds from the ocean. CRS press, Taylor and Francis group, pp. 527, Boca Raton, FL.
- Vlachos, V., Critchley, A.T. & von Holy A. (1999). Differential antibacterial activity of extracts from selected Southern African macroalgal thalli. *Botanica Marina*, 42(2), 165-173. DOI: [10.1515/BOT.1999.019](https://doi.org/10.1515/BOT.1999.019)
- Watson, S.B. & Cruz-Rivera, E. (2003). Algal chemical ecology: an introduction to the special issue. *Phycologia*, 42(4), 319-323.
DOI: [10.2216/i0031-8884-42-4-319.1](https://doi.org/10.2216/i0031-8884-42-4-319.1)
- Xu, N., Fan, X., Yan, X. & Tseng, C. (2004). Screening marine algae from China for their antitumor activities. *Journal of Applied Phycology*, 16, 451-456.
DOI: [10.1007/s10811-004-5508-x](https://doi.org/10.1007/s10811-004-5508-x)
- Zaragoza, M.C., Lopez, D., Saiz, M.P., Poquet, M., Perez, J., Puig-Parellada, P., Marmol, F., Simonetti, P., Gardana, C., Lerat, Y., Burtin, P., Inisan, C., Rousseau, I., Besnard, M. & Mitjavila, M.T. (2008). Toxicity and antioxidant activity in vitro and in vivo of two *Fucus vesiculosus* extracts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(17), 7773-7780.
DOI: [10.1021/jf8007053](https://doi.org/10.1021/jf8007053)
- Zbakh, H., Chiheb, H., Bouziane, H., Sánchez, V.M. & Riadi, H. (2012). Antibacterial activity of benthic marine algae extracts from the Mediterranean coast of Morocco. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 2(1), 219-228.
- Zinedine, A., Elakhdari, S., Faid, M. & Benlemlih, M. (2004). Antifungal and anti-aflatoxinogenic activity of the brown algae *Cystoseira tamaris scifolia*. *Journal de Mycologie Medicale*, 14, 201-205.