



Deniz Marulu (*Ulva lactuca* L. 1753)'nun Antimikrobiyal ve Antioksidan Özellikleri

Aybike TÜRKMEN^{1*} Selim SEKKİN²

^{1,2}Adnan Menderes Üniversitesi, Veterinerlik Fakültesi, Farmakoloji ve Toksikoloji Anabilim Dalı, 09016 Aydın, Türkiye

Kabul Tarihi: 30.11.2024

Kabul Tarihi: 06.02.2025

Basım Tarihi: 25.03.2025

Atf yapmak için: Türkmen, A. & Sekkin, S. (2024). Deniz marulu (*Ulva lactuca* L. 1753)'nun antimikrobiyal ve antioksidan özellikleri. *Anadolu Çev. Hay. Bil. Derg.*, 10(2), 109-114. <https://doi.org/10.35229/jaes.1593761>

How to cite: Türkmen, A. & Sekkin, S. (2024). Antimicrobial and antioxidant properties of Sea lettuce (*Ulva lactuca* L. 1753). *J. Anatol. Env. Anim. Sci.*, 10(2), 109-114. <https://doi.org/10.35229/jaes.1593761>

*<https://orcid.org/0000-0002-4119-7490>

<https://orcid.org/0000-0002-3795-5375>

***Sorumlu yazar:**

Aybike TÜRKMEN
Adnan Menderes Üniversitesi, Veterinerlik
Fakültesi, Farmakoloji ve Toksikoloji Anabilim
Dalı, 09016 Aydın, Türkiye
✉: aybiketurkmen95@gmail.com

Öz: Makroalgler çok hücreli ökaryotik organizmalardır ve deniz ekosisteminin çok önemli bir bölümünü oluşturmakta olup, doğada en hızlı büyüme gösteren bitkisel organizmalardır. Diğer taraftan gıda, hayvan yemi, ilaç ve kozmetik gibi sektörlerde kullanılabilen, biyolojik aktif bileşikler üretme yeteneğindeki organizmalardır. *U. lactuca* vitaminler, flavonoidler, tanenler, fenoller, polisakkaritler, saponinler ve polisakkaritler içerir ve ayrıca antiinflamatuvar ve antikanser etkilere sahiptir. Günümüzde mikroorganizmaların neden olduğu hastalıklarla mücadelede antibiyotikler yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak pek çok yan etkisi olması, bakterilerin bu antibiyotiklere karşı direnç geliştirmesine neden olması ve aynı zamanda mali açıdan külfetli olması nedeniyle bilim insanları, toksik olarak etkisiz olan ya da çok az toksik etkiye sahip olan, aynı zamanda maliyet açısından ucuz olan materyallerden antibiyotik elde etmeye yönelmişlerdir. Günümüzde bu antibiyotiği elde etmek için kullanılan alternatif kaynaklar tıbbi kökenli bitkiler, makrofunguslar ve alglerdir. Bu derlemede makroalgler ve *U. lactuca*'nın antimikrobiyal ve antioksidan özellikleri incelenmiştir.

Anahtar kelimeler: *Ulva lactuca*, antimikrobiyal, antioksidan, deniz marulu, makroalg.

Antimicrobial And Antioxidant Properties of Sea Lettuce (*Ulva lactuca* L. 1753)

Abstract: Macro algae, more commonly known as algae, are multicellular eukaryotic organisms and form a very important part of the marine ecosystem. Seaweeds are the fastest-growing plant organisms in nature. They are living things that can find application in sectors such as medicine, cosmetics, food and animal feed and have the ability to produce biologically active compounds. *U. lactuca* contains vitamins, flavonoids, tannins, phenols, polysaccharides, saponins, and polysaccharides and have anti-inflammatory and anticancer effects. Nowadays, antibiotics are widely used to fight diseases caused by microorganisms. However, because they have many side effects, cause bacteria to develop resistance to these antibiotics, and are also financially burdensome, scientists have directed scientists to obtain antibiotics from financially cheap sources that have no or negligible toxic effects. Today, the alternative sources to obtain this antibiotic are plants of medicinal origin, macrofungi and algae. In this review, the antimicrobial and antioxidant characteristics of macroalgae and *U. lactuca* were examined.

Keywords: *Ulva lactuca*, antimicrobial, antioxidant, sea lettuce, macroalgae.

GİRİŞ

Mevcut su kaynaklarının azalmasıyla birlikte okyanuslar; karasal ürünlerle karşılaştırıldığında deniz ürünleri, değerli biyokütle üretimi için cazip alternatifler haline geldi. Kontrollü ve sürdürülebilir yetiştirme sistemleri altında yetiştirilen makroalgler, muhtemelen pazar geliştirme ihtiyaçlarını karşılamak ve biyokütle sağlamak için gelecekte tercih edilen bir yöntem olacaktır

(Dominguez ve Loret, 2019). Deniz makroalg ekstraktlarının birçok yararlı etkisinin içerdikleri kimyasal bileşenlerden (florotanninler, terpenoidler, yağ asitleri, steroidler, amino asitler, fenolik bileşikler, alkanlar ve halojenlenmiş ketonlar gibi) kaynaklandığı bildirilmektedir. Kırmızı, kahverengi ve yeşil makroalg ekstraktlarının bakteri, küf ve mayalara karşı antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu bildirilmektedir (Gümüş vd., 2018). Makroalglerin sekonder metabolitleri

veya biyoaktif bileşenleri ile antimikrobiyal özellikleri üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde çoğunluğunun antioksidan aktivite ile ilgili olduğu veya çalışmanın bir kısmının antioksidan aktivite ölçümlerini içerdiği görülmektedir (Çelenk, 2014).

U. lactuca, dünya çapında gözlemlenen birçok gelgit olayına karışan yeşil bir makroalgdir. *Ulva* çoğalmaları çoğunlukla sığ sularda meydana gelir ve bu alglerin ayrışması tehlikeli buharlar üretebilir. Biyoaktif bileşikler, gıda veya biyoyakıt gibi ticari açıdan değerli bileşenler içerir. *U. lactuca*, Ulvan adı verilen çok önemli bir sülfatlanmış heteropolisakkarit içerir. Bu heteropolisakkarit antiviral, antitümör, antikoagulan, antilipidik, hepatoprotektif, immün sistemi uyarıcı, antidepresan ve antianksiyolitik aktivitelere sahiptir. Farmasötik uygulamalarda giderek daha fazla kullanılmaktadır (Dominguez ve Loret, 2019). Bu çalışmada yeşil bir deniz makroalgisi olan *U. lactuca*'nın antimikrobiyal ve antioksidan özellikleri derlenmiştir.

Makroalgler: Makroalgler çok hücreli ökaryotik organizmalardır. Deniz ekosisteminin çok önemli bir bölümünü oluşturmakta olup, doğada en hızlı büyüme gösteren bitkisel organizmalarıdır. Diğer taraftan gıda, hayvan yemi, ilaç ve kozmetik gibi sektörlerde kullanılabilen, biyolojik aktif bileşikler üretme yeteneğindeki organizmalardır (Öztürk ve Hamzaçebi, 2019). Makroalgler genel olarak Rhodophyta, Ochrophyta ve Chlorophyta adı verilen üç farklı filum altında toplanır. Taksonomik sınıflandırmalar genellikle içerdikleri fotosentetik pigmentlere göre yapılmaktadır (Torun ve Konuklugil, 2020). Makroalgler, çok çeşitli zorlu ortamlarda hayatta kalabilmek için polisakkaritler, çoklu doymamış yağ asitleri ve florotanninler gibi çeşitli doğal biyoaktif bileşikler ve metabolitler üretir (Wang vd., 2017).

Proteinler, bitki büyüme destekleyicileri, mineraller (mikro ve makro elementler) ve karbonhidratlar alglerdeki başlıca biyokimyasal bileşikler arasında yer alır. Karbonhidratlar agar, fukoidan, aljinat, selüloz, ulvan, karragenan, laminarin vb., gibi polisakkaritler alglerde bulunmaktadır (Sudhakar vd., 2019). Polisakkaritler hipolipidemik, antioksidan ve immünomodülatör aktiviteler gibi pek çok makroalg fonksiyonuna destek sağlar (Torun ve Konuklugil, 2020). Doğal ve çevre dostu özelliklerinden dolayı makroalgler günümüzde tıpta, gıdada, filtrasyonda, endüstriyel kullanımda ve gübrede yaygın olarak kullanılmaktadır. Bazı önemli farmakolojik etkilerinin yanı sıra makroalglerin, antiviral, antifungal, antikanser, antiinflamatuvar, antibakteriyel ve antimikrobiyal etkileri de araştırılmaktadır (Albayati, 2020; Chen vd., 2018).

Yenilebilir bir yeşil makroalg olan *Ulva* (Chlorophyta) cinsinin türleri, sağlığı geliştiren bir dizi biyoaktif bileşiğe ev sahipliği yapan deniz yosunlarıdır.

Ulva, mide-bağırsak sağlığını destekleyen ve kronik hastalıkların görülme sıklığının azalmasıyla bağlantılı olan diyet lifi bakımından zengindir. *Ulva*'nın ana aktif bileşeni, immünomodülatör, antiviral, antioksidan, antimikrobiyal, antihiperlipidemik ve antikanser gibi biyolojik aktivitelere sahip jelleştirici sülfatlanmış bir polisakarit ve çözünür bir lif olan ulvan'dır. Ulvan ayrıca, hem bitki hem de hayvan sistemlerinde hücresel sinyalleşme süreçlerini modüle etme kapasitesine sahiptir ve bu da üretkenlik ve sağlık üzerinde faydalı etkilere yol açar (Kidgell vd., 2019).

Deniz Yosunlarının Antimikrobiyal Aktivitesi: Antibiyotikler bugünlerde yaygın olarak mikroorganizmaların neden olduğu hastalıklarla mücadelede kullanılmaktadır. Diğer taraftan, çok sayıda yan etkisi olduğundan, bakterilerin bu antibiyotiklere karşı direnç geliştirmesine neden olması ve aynı zamanda mali açıdan külfetli olması nedeniyle bilim insanları, toksik olarak etkisiz olan ya da çok az toksik etkiye sahip olan ve aynı zamanda maliyet açısından ucuz olan materyallerden antibiyotik elde etmeye yönelmişlerdir. Günümüzde bu antibiyotiği elde etmek için kullanılan alternatif kaynaklar tıbbi kökenli bitkiler, makrofunguslar ve alglerdir (Şahin ve Akyurt, 2012). Freile-Pelegrin ve Morales (2004) tarafından yapılan çalışmada, toplanan farklı deniz yosunlarından kloroform-metanol ve etanol ekstraktlarının patojen mikroorganizmalara karşı antimikrobiyal aktivitesi incelenmiştir. Çalışılan 21 türden üçü hariç diğerleri antimikrobiyal aktivite göstermiştir. Gram-negatif bakterilere karşı çok düşük antimikrobiyal aktivite gösteren bu türlerin tamamı Gram-pozitif bakterilere (*Micrococcus luteus*, *Streptococcus faecalis* ve *Bacillus subtilis*) karşı etkili olmuştur. *B. subtilis*'e karşı türlerin çoğu aktivite göstermiştir (%94 kloroform-metanol ekstraktları ve %89 etanol ekstraktları). *Ceramium nitens*'in çalışılan türler arasında en yüksek aktiviteye sahip olduğu görülmüştür.

Kolanjinathan ve Stella (2009) tarafından yapılan çalışmada *Hydroclathres* sp., *Calorpha peltada* ve *Gracilaria edulis* ekstraktlarının antimikrobiyal aktivitesi altı bakteriyel patojene karşı araştırılmıştır. *Enterobacter aerogenes* ve *Bacillus cereus* dışındaki tüm test organizmalarının büyümesi *G. edulis* ekstraktı tarafından inhibe edilmiştir. *S. faecalis*, *Staphylococcus aureus* ve *Escherichia coli*'ye karşı *Caulerpa peltada* özütü aktivite göstermiştir. Altı test mikroorganizmasından yalnızca *Pseudomonas aeruginosa*'nın büyümesi *Hydroclathres* sp. ekstraktı tarafından engellenmiştir. Tüm deniz yosunu ekstraktlarına karşı *E. aerogenes* ve *B. cereus*'un dirençli olduğu bulunmuştur.

Ege Denizi'nde yürütülen bir çalışmada, 3 Gram-negatif (*E. coli*, *E. aerogenes*, *E. coli* O157:H7) ve 3-pozitif (*Enterococcus faecalis*, *M. luteus* ve *S. aureus*) bakteri üzerinde, altı deniz yosununa ait metanol

ekstraktlarının antimikrobiyal aktivitesi araştırılmıştır (Taşkın vd., 2007). *Corallina officinalis* hariç çalışılan alglerin tamamı *S. aureus*'a karşı aktivite göstermiştir. Ancak *C. officinalis*, *E. aerogenes*'e karşı en yüksek aktivite gösteren tür olmuştur. Aktivite bakımından *Cystoseira barbata*'nın en geniş spektrumlu tür olduğu gözlenmiştir. Çalışılan mikroorganizmalara karşı en düşük aktivite gösteren türler *Dictyota dichotoma* ve *Halopteris filicina* olarak gözlemlenmiştir.

Yine yapılan bir başka çalışmada, in vitro koşullarda *E. faecalis*, *S. aureus*, *S. epidermidis*, *P. aeruginosa*, *E. coli* ve *Candida* sp., türleri üzerinde, 11 farklı deniz yosunundan elde edilen metanol, aseton, dietil eter ve etanol ekstraktlarının antimikrobiyal aktivitesi incelenmiştir. Tüm test mikroorganizmalarına karşı *Enteromorpha linza*, *Ectocarpus siliculosus*, *Ulva rigida*, *Galanthus gracilis* ve *Cystoseira mediterranea* türlerine ait ekstraktların tamamı etkinlik göstermiştir (Tüney vd., 2006).

Deniz Yosunlarında Antioksidan Aktivite:

Antioksidanlar iki ana tipe ayrılır: enzimatik ve enzimatik olmayan. Enzimatik olmayan antioksidanlar, E ve C vitaminleri gibi diyet maddelerini, çinko ve selenyum gibi mineralleri ve ayrıca glutasyon, ubikinol ve ürik asit gibi endojen molekülleri kapsar. Öte yandan enzimatik antioksidanlar arasında süperoksit dismutaz (SOD), glutasyon peroksidaz (GPO) ve katalaz gibi önemli parametreler bulunur. Tüm endojen ve diyetel antioksidanların kolektif aktivitesi genellikle toplam antioksidan kapasite (TAC) olarak adlandırılır ve vücudun antioksidan durumunun genel bir ölçümünü sağlar (Rezaie vd., 2007). Son yıllarda sentetik antioksidanlara yönelik güvenlik ve sağlık kaygıları gündeme gelmiştir. Bu nedenle doğal antioksidanlar ilgi çekmiş ve yaygın olarak kullanılmaktadır. Antioksidanlar, hedef moleküldeki oksidatif hasarı ortadan kaldıran, önleyen veya geciktiren herhangi bir madde olarak tanımlanmaktadır (Tziveleka vd., 2021). Dünya yüzeyinin yaklaşık %70'ini kaplayan ve çok sayıda makro ve mikroorganizmaya ev sahipliği yapan okyanuslar, potansiyel terapötik ajanların yenilenebilir bir kaynağını oluşturur. Çeşitli ve antagonistik deniz ortamı, çok çeşitli biyoaktif bileşiklerin üretimini tetikler. Deniz organizmaları, yüksek tuzluluk, düşük veya yüksek sıcaklık, yüksek basınç, düşük besin mevcudiyeti ve düşük veya yüksek güneş ışığına maruz kalma gibi aşırı çevresel koşullara dikkat çekici bir şekilde adapte olmuşlardır ve bu nedenle, olağanüstü bir biyoaktif bileşik rezervuarı sağlayabilirler (Kim ve Mendis, 2006). Karasal organizmalarda benzeri görülmemiştir (Ahmad vd., 2019). Deniz yosunları, genellikle önemli biyolojik aktiviteler sergileyen, yapısal olarak çeşitli doğal ürünlerin zengin bir kaynağını oluşturur. Algler, serbest radikallerin üretimini destekleyen koşullar olan güneş ışığına ve yüksek oksijen

konsantrasyonlarına yoğun maruz kalan ekosistemlerde büyümektedir. Bununla birlikte, yapısal yağ asidi membranlarında oksidatif hasarın olmaması, bu organizmaların antioksidan aktiviteye sahip bileşikler sentezlediğini düşündürmektedir (Barzkar vd., 2019; Tziveleka vd., 2021).

Deniz makroalglerinde β -karoten, lutein, zeaksantin, astaksantin, neoksantin, fukoksantin ve violaksantin'in karşılaşılan başlıca karotenoidler arasında olduğu bilinmektedir. Örneğin; astaksantin, singlet oksijen söndürme, radikal temizleme, lipid peroksidasyonunun inhibisyonu ve oksidatif stres ile ilgili gen ekspresyonunun düzenlenmesi gibi çeşitli mekanizmalar yoluyla oksidatif hasara karşı bir koruma görevi görür. Astaksantin'in tam etki mekanizmaları, nörolojik hastalıklara karşı koruyucu etkilerin yanı sıra cilt hastalıklarının tedavisinde ve önlenmesinde kanıtlandığından, kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Bir başka örnek olarak genellikle kahverengi alglerden izole edilen fukoksantin verilebilir. Fukoksantin antioksidan aktivitesine tekli oksijen söndürme, radikal temizleme ve lipid peroksidasyonunun inhibisyonu gibi çeşitli mekanizmalarla aracılık eder. Fukoksantin'in, vasküler endotelial büyüme faktörünün aşırı ekspresyonunu inhibe etmede, yaşlanmaya direnmede, fagositik fonksiyonu iyileştirmede ve retina pigment epitel hücrelerinde hücre içi ROS'u (Reaktif oksijen türleri) temizlemede, retinayı ışık kaynaklı hasara karşı korumada karotenoidler arasında en iyi in vitro biyoaktiviteleri uyguladığı gösterilmiştir (Tziveleka vd., 2021).

***U. lactuca*:** *U. lactuca*, Linnaeus (1753) tarafından on yedinci yüzyılda Baltık Denizi'nde tanımlanan, Chlorophyta filumuna ait bir makroalgdir; Kendi kendine bağlanan, sapsız veya serbest yüzen bir makroalgdir. Tallusu yaprak şeklindedir. 1-2 hücre tabakasından, içi boş tüp veya silindirikten oluşur. Tallusu oluşturan hücrelerin tek bir çekirdeği ve fincan şeklinde kloroplastları vardır. A vitamini içerir. Akdeniz ülkeleri ve Asya'da salata olarak kullanılır (Çebi vd., 2016; Dominguez ve Loret, 2019). *U. lactuca*, esansiyel amino asitlerin kaynağı olabilir. Tarım arazilerine serpilerek veya kompostlaştırılarak bütün olarak kullanılır. *U. lactuca* yüksek düzeyde protein ve demir içerir. Ayrıca yağ oranı düşük olan değerli bir besindir (Dominguez ve Loret, 2019). UV ışığı ve tuzlu su ile doğrudan temas halinde, zorlu bir ortamda yaşar. Vitaminler, flavonoidler, tanenler, fenoller, polisakkaritler, saponinler ve polisakkaritler içerir. *U. lactuca*'nın ayrıca antiinflamatuvar ve antikanser etkileri vardır (Chung vd., 2021).

***U. lactuca*'nın Antimikrobiyal Özellikleri:** Yosunlardan izole edilen ve antibakteriyel, antifungal, antiviral ve antikanser aktiviteye sahip maddelerin farmakoterapide ve ilaç yapımında uzun yıllardır

kullanıldığı bildirilmektedir. Gıda patojenlerine karşı antibakteriyal aktivitesinin değerlendirilmesi amacıyla hekzan, kloroform, etanol, metanol, aseton ve distile su gibi farklı polariteye sahip çözücülerle ekstrakte edilen *U. lactuca* üzerinde yapılan çalışmada, farklı çözücüler kullanılması ekstraktların antimikrobiyal etkisi bakımından farklılıklar göstermiştir. *S. aureus*'a karşı etanol ekstraktında en yüksek antibakteriyal aktivite (26 mm), *V. parahaemolyticus*'a karşı metanol ekstraktında ise en düşük antibakteriyal aktivite (7 mm) ise gözlenmiştir. Gram-pozitif bakterilere özellikle *S. aureus*'a etanol ve metanol ekstraktları spesifik görünmektedir. *S. enteritidis* dışında test edilen diğer bakterilere karşı ampisilin (AMP) ile aynı düzeyde antibakteriyal aktivite gösteren *U. lactuca* etanol ekstraktı olmuştur. *V. parahaemolyticus* ve *A. hydrophila*'ya karşı tespit edilen inhibisyon zonunun AMP'den daha yüksek olduğu metanol ekstraktıyla yürütülen denemelerde görülmüştür. Neticede, çözücülerin antibakteriyal etkilerinin farklı olduğu, *A. hydrophila*'da kloroform, metanol ve etanol, *E. coli*'de kloroform ve etanol, *S. enteritidis*'de hekzan, *S. aureus* ve *B. cereus*'da etanol ekstraktlarının etkili olduğu görülmüştür. Çalışılan bakteri türlerine karşı aseton, su ve DMSO (Dimetil Sülfoksit) ekstraktlarının ise etkili olmadığı görülmüştür. Gram-pozitif bakteriler, Gram-negatif bakterilere kıyasla *U. lactuca* ekstrelere karşı daha duyarlı olmuştur (Öztürk ve Hamzaçebi, 2019).

U. lactuca'nın etil asetat, kloroform ve metanol ekstraktlarının etkisi ile oluşan zon çapları üzerine yapılan çalışmada, *P. aeruginosa*'nın üreme ortamında metanol ekstraktı 14,25 mm'lik zon çapı oluşturmuştur. Diğer taraftan, *E. coli*, *Staphylococcus epidermidis* B-4268 ve *Acinetobacter spp.*, bakteri kültürleri üzerine daha az etkili olduğu gözlenmiştir. Yine daha düşük antibakteriyel aktiviteler, *S. aureus* 29213 ve *B. subtilis* B-354 bakteri kültürlerine karşı olmuştur. *Candida*'ya karşı metanol ekstraktının hiçbir antifungal etkisi görülmemiştir. Sonuç itibarıyla *P. Aeruginosa* üzerine *U. lactuca*'nın metanol ekstraktının diğer test mikroorganizmalarına göre daha etkili olduğu görülmüştür (Şahin ve Akyurt, 2012).

Aynı çalışmada, *E. coli*'nin üreme ortamında kloroform ekstraktı 17,00 mm'lik zon çapı oluşturmuştur. *S. epidermidis* B-4268, *Acinetobacter spp.*, ve *P. aeruginosa* bakteri kültürleri üzerine daha az etkili olduğu gözlenmiştir. *Staphylococcus aureus* 29213 ve *B. subtilis* B-354 bakteri kültürlerine karşı ise oldukça düşük antibakteriyel aktiviteye göstermiştir. *Candida*'ya karşı Kloroform ekstraktının oldukça düşük bir antifungal aktivite gösterdiği saptanmamıştır. Buna göre *E. coli* üzerine, *U. lactuca*'nın kloroform ekstraktının diğer test mikroorganizmalarına göre daha etkili olduğunu göstermiştir. *P. aeruginosa*'nın üreme ortamında etil asetat ekstraktı 14,25 mm'lik zon çapı oluşturmuştur. *S.*

epidermidis B-4268, *Escheriachia coli* ve *Acinetobacter spp.*, bakteri kültürleri üzerine daha az etkili olduğu gözlenmiştir. Daha düşük antibakteriyel aktiviteler *B. subtilis* B-354 ve *S. aureus* 29213 bakteri kültürlerine karşı gözlenmiştir. *Candida*'ya karşı etil asetat ekstraktının oldukça düşük bir antifungal aktivite gösterdiği gözlenmiştir. Elde edilen veriler *P. aeruginosa* üzerine *U. lactuca*'nın etil asetat ekstraktının diğer test mikroorganizmalarına göre daha etkili olduğunu göstermiştir.

Yapılan bir çalışmada, *Ulva* ekstraktının *E. coli* üzerinde bir etkisi olmadığı gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar, yalnızca birkaç alg türünün *E. coli*'ye karşı zayıf inhibitör aktivite gösterdiğini belirten başka çalışmalarla tutarlıdır. Bununla birlikte bir çalışma, *U. lactuca*'nın metanolik ekstraktlarının 4 Gram-negatif ve 2 Gram-pozitif izolatlarla karşı antibakteriyel aktivitesinin, *K. pneumonia*, *S. aureus*, *P. vulgaris*, *B. subtilis* ve *P. aeruginosa* için en inhibitör etkiyi sergilediğini göstermiştir (Kherraz-Chemlal vd., 2024).

***U. lactuca*'nın Antioksidan Özellikleri:** Biyolojik sistemlerde hücrelerin önemli sinyal yollarında oksidatif hasara karşı koruma görevi üstlenen antioksidanlar, alglerden de elde edilmektedir (Çebi vd., 2016). *U. lactuca* tanen, steroid, saponin, antrakınon, alkaloid ve flavonoid gibi antibakteriyel potansiyele sahip biyoaktif bileşikler içermektedir. Aynı şekilde, bileşiminde bulunan fenolikler, terpenoidler, laktonlar, sterol, sülfatlanmış polisakaritler ve yağ asitlerinin antioksidan aktiviteden sorumlu olduğu bildirilmiştir. Bunların antioksidan aktivitesi temel olarak tekli ve üçlü oksijeni söndürme ve azaltma gücüne, şelatlama kabiliyetine, süperoksit ve hidroksil radikallerine karşı temizleme aktivitesine bağlanmaktadır (Öztürk ve Hamzaçebi, 2019). Alg ekstrelere bulunan polifenollerin antioksidan etki gösterdiği belirtilmiştir. Yapılan birçok araştırmayla *Ulva* türlerinin serbest radikal kovucu etkiye sahip antioksidan bileşenlerce zengin olduğu ortaya koyulmuştur. Yapılan bir araştırmada *U. lactuca*'nın içerdiği total fenolik bileşenler sayesinde bitkinin metanol ekstresinin serbest radikal uzaklaştırıcı etki gösterdiği ve antioksidan aktiviteye sahip olduğu tespit edilmiştir (Çebi vd., 2016).

Yine bir diğer çalışmada, fenolik bileşenlerce zenginleştirilmiş ekstrakt elde etmek için *U. lactuca* örneğindeki lipidler enzimatik hidroliz öncesi uzaklaştırılmıştır (Tong vd., 2020). Ekstraksiyon işlemi sırasında enzimlerin uygulanmasının ikincil bitki metabolitlerinin salınımını artırabileceği ve ekstraktların biyoaktif özelliklerini koruyabileceği bildirilmiştir. Enzimatik ekstraksiyon ayrıca deniz yosunlarından biyoaktif bileşiklerin ekstrakte edilebilirliğini de artırır. Hücre duvarını parçalayan enzimler, hücre duvarını bozmaya veya zayıflatmaya yardımcı olarak, karmaşık iç

depolama materyallerini parçalayarak hücre içi biyoaktif bileşiklerin salınmasına neden olur. Bu çalışmada, *U. lactuca* özütünün TPC (Total Fenolik İçerik) değeri 7,72 mg gallik asit eşdeğeri/g özütür. Burada elde edilen *U. lactuca* özütü, *U. lactuca* ve metanol-su (4:1) özütleri üzerine yapılan önceki çalışmalarda bildirilenlere kıyasla nispeten daha düşük bir TPC değerine sahiptir. Çıkarma yöntemlerindeki farklılıklar, farklı çalışmalar arasındaki TPC değerlerindeki farklılıkları kısmen açıklayabilir. Deniz yosunu ekstraktlarının TPC'si ile antioksidan aktiviteleri arasındaki pozitif ve doğrudan korelasyon belgelenmiştir. Bu nedenle, daha sonra çeşitli in vitro antioksidan biyo-tahlil sistemlerini kullanarak *U. lactuca* özütünün in vitro antioksidan etkilerini, özellikle de *U. lactuca* özütünün DPPH, hidroksil ve süperoksit anyon radikallerine karşı temizleme kapasitelerini ve ayrıca indirgeme gücünü belirlemiştir.

Kumar vd., (2010) tarafından yapılan bir çalışmada, kadmiyum (Cd) toksisitesine karşı *U. lactuca*'nın antioksidan özelliklerine bakılmıştır. Tallusta ağırlıklı olarak SOD (Süper Oksit Dismutaz), GR (Glutatyon Redüktaz) ve GPx (Glutatyon Peroksidaz)'in antioksidatif enzim seviyelerinin yüksek olduğunu ve bu enzimlerin Cd toksisitesinin etkisini azaltmak için kombinasyon halinde hareket ettiğini göstermektedir. Aynı zamanda, incelenen Cd konsantrasyonunun (0.4 mM) CAT (Katalaz) aktivitesini güçlü bir şekilde inhibe ettiğini ve dolayısıyla her zaman O₂ radikallerine veya peroksizomal proteazlara karşı duyarlılığını öne sürdüğünü belirtmekte fayda var. SOD aktivitesi, reaktif O₂ iyonlarını H₂O₂ ve O₂'ye dönüştürmek için çok önemlidir. Cd ile muamele edilmiş tallusta gözlemlenen arttırılmış SOD aktivitesi, Fe ve Zn-SOD izoformlarına ek olarak indüklenen Mn-SOD izoformları ile ilişkili olabilir ve bunun O₂ radikallerini daha verimli bir şekilde temizlediğini gösterir. *Nannochloropsis oculata* ve *Glacilaria tenuistipitata*'da (Kadmiyuma maruz kalmalarının ardından) SOD aktivitesinde benzer bir artış rapor edilmiştir.

Yapılan bir çalışmada, *U. lactuca*'nın etanolik ekstraktının, 21,53 ve 11,26 mg Trolox/g gibi yüksek DPH (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl) ve ABTS (2,2'-Azino-bis / 3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) süpürme aktivitesi için TEAC (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity) değerleri ile nispeten yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğunu göstermiştir. Önceki çalışmalar, *U. lactuca* etanolik ekstraktında flavonoidler, saponinler, alkaloidler ve kardiyak glikozitler dahil olmak üzere çeşitli fitokimyasalların mevcut olduğunu göstermiştir. Özellikle, flavonoidler serbest radikalleri etkili bir şekilde süpürme yetenekleri nedeniyle in vitro antioksidan aktivite sergiler. Dahası saponinler, biyomoleküler hasarı önleyen hidroperoksit oluşturarak süperoksiti temizleyebilen benzersiz, kalıntı benzeri DDMP (2,3-dihidro-2,5-

dihidroksi-6-metil-4H-piran-4-on) içerir. Birlikte ele alındığında, *U. lactuca*'dan elde edilen etanolik ekstrakt, düşük konsantrasyonda nispeten güvenli ve özellikle yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu için faydalı özelliklere sahiptir (Osotprasit vd., 2025).

SONUÇ

Alg ekstraktlarının, içerdikleri değerli bileşenler sayesinde önemli koruyucu, yenileyici ve iyileştirici özelliklere sahip olduğu bildirilmektedir (Metin ve Baygar, 2018). *U. lactuca*, kozmetik, farmasötik, kimya, gıda ve enerji uygulamaları için kullanılmaya elverişli ticari olarak değerli olan bileşenleri içermektedir (Dominguez ve Loret, 2019). Doğal tıbbi bitkilere karşı ilgi fazla olup, bu durumun pek çok sebebi olduğu bildirilmektedir. İlk olarak son zamanlarda bilinçsiz antibiyotik kullanımının artmasıyla mikrobiyal direncin oluşmasıdır. Dolayısıyla tedavi edilemez hastalıklar ve dirençli yeni jenerasyonlar oluşmaktadır. İkinci olarak, sentetik orijinli ilaçların insan vücudunda beklenmedik ve istenmeyen bazı yan etkiler oluşturmasıdır. Farklı bir neden ise bitkisel kökenli ilaçlar birden fazla etki gösterirken, sentetikler ise genel olarak tek bir etkiye sahip olmasıdır. Ancak, bitkisel drogların yan etkilerinin daha iyi bilinmesinin sebebi olarak, onların çok eski çağlardan beri kullanılıyor olması gösterilmektedir (Şahin, 2012).

İdeal olarak insan kullanımına yönelik algler, yönetilen, sürdürülebilir kaynaklardan elde edilecek ve böylece izlenebilirlik ve yüksek düzeyde gıda güvenliği sağlanacaktır. Temel araştırmalar, deniz yosunu bazlı antioksidanların biyoyararlanımına ilişkin araştırmaları içermelidir. Organizmalar normal olarak herhangi bir metabolik seviyede izole olarak işlev görmezler. Oksidasyon-redüksiyon reaksiyonları ve buna bağlı olarak hücrelerin reaktif türlere maruz kalması, tüm canlıların yaşamında temel bir süreçtir. Homeostazi tehlikeye atan, reaktif türlerin dengesizliğidir. Ancak, ilgili deniz yosunu antioksidanlarının metabolitleri, hücresel bozulmanın etkilerini hafifletebilir ve hatta azaltmaya yardımcı olabilir (Cornish ve Garbary, 2010). Sonuç olarak örneklerde görüldüğü gibi yapılan birçok çalışmada, *U. lactuca*'nın içeriğinde bulunan bileşikler sayesinde antiinflamatuvar, antikanser, antifungal, antimikrobiyal ve antioksidan gibi özellikler gösterdiği anlaşılmaktadır.

KAYNAKLAR

- Ahmad, B., Shah, M. & Choi, S. (2019).** Oceans as a source of immunotherapy. *Marine Drugs*, *17*(5). DOI: [10.3390/md17050282](https://doi.org/10.3390/md17050282)
- Albayati, M. A. F. (2020).** *Bazı Makroalg Türlerinin Antimikrobiyal Aktivitelerinin Belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Konya, 60s.

- Barzkar, N., Jahromi, S. T., Poorsaheli, H.B. & Vianello, F. (2019).** Metabolites from marine microorganisms, micro, and macroalgae: Immense scope for pharmacology. *Marine Drugs*, *17*(8). DOI: [10.3390/md17080464](https://doi.org/10.3390/md17080464)
- Chen, L., Xu, W., Chen, D., Chen, G., Liu, J., Zeng, X. ve Zhu, H. (2018).** Digestibility of sulfated polysaccharide from the brown seaweed *Ascophyllum nodosum* and its effect on the human gut microbiota in vitro. *International Journal of Biological Macromolecules*, *112*, 1055-1061. DOI: [10.1016/j.ijbiomac.2018.01.183](https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.01.183)
- Chung, Y., Jeong, Seula., Lee, I-K., Yun, B-S., Lee, J.S., Ro, S. & Park, J.K. (2021).** Regulation of p53 Activity by (+)-Epiloliolide Isolated from *Ulva lactuca*. *Marine Drugs*, *19*, 450. DOI: [10.3390/md19080450](https://doi.org/10.3390/md19080450)
- Çebi, A., Soylu, E.N. & Kablan, S. (2016).** Karadeniz'den toplanan *Ulva lactuca* L. türünün toplam Antioksidan Kapasitesinin Belirlenmesi. *The Black Sea Journal of Sciences*, *6*(14), 22-29.
- Çelenk, F.G. (2014).** İzmir körfezi kıyılarındaki bazı makroalglerin antioksidan, sitotoksik, hipoglisemik ve hipolipidemik etkilerinin araştırılması. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İzmir, 189s.
- Cornish, M. L. & Garbary, D. J. (2010).** Antioxidants from macroalgae: potential applications in human health and nutrition. *Algae*, *25*(4), 155-171. DOI: [10.4490/algae.2010.25.4.155](https://doi.org/10.4490/algae.2010.25.4.155)
- Dominguez, H. & Loret, E.P. (2019).** *Ulva lactuca*, A Source of Troubles and Potential Riches. *Marine Drugs*, *17* (6), 1-20. DOI: [10.3390/md17060357](https://doi.org/10.3390/md17060357)
- Freile-Pelegrin, Y. & Morales, J.L. (2004).** Antibacterial activity in marine algae from the coast of Yucatan, Mexico. *Botanica Marina*, *47*(2), 140-146, DOI: [10.1515/BOT.2004.014](https://doi.org/10.1515/BOT.2004.014)
- 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](https://doi.org/10.12714/egejfas.2018.35.3.15)
- Kherraz-Chemlal, D., Khelil, F., Mazouzi, M., Matallah-Boutiba, A. & Bouderbala, M.(2024).** Phytochemical Screening of Antioxidant and Antibacterial Activities of Marine Algae Extracts. *Polish Journal of Environmental Studies*, *34*(3), 3199-3206. DOI: [10.15244/pjoes/188450](https://doi.org/10.15244/pjoes/188450)
- Kidgell, J.T., Magnusson, M., de Nys, R. & Glasson, C.R.K. (2019).** Ulvan: A systematic review of extraction, composition and function. *Algal Research*, *39*, 101422. DOI: [10.1016/j.algal.2019.101422](https://doi.org/10.1016/j.algal.2019.101422)
- Kim, S.K. & Mendis, E. (2006).** Bioactive compounds from marine processing byproducts-A review. *Food Research International*, *39*(4), 383-393. DOI: [10.1016/j.foodres.2005.10.010](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2005.10.010)
- Kolanjinathan, K. & Stella, D. (2009).** Antibacterial Activity of Marine Macro Algae against Human Pathogens. *Recent Research in Science and Technology*, *1*, 20-22.
- Kumar, M., Kumari, P., Gupta, V., Anisha, P.A., Reddy, C.R.K. & Jha, B. (2010).** Differential responses to cadmium induced oxidative stress in marine macroalga *Ulva lactuca* (Ulvales, Chlorophyta). *Biometals*, *23*(2), 315-25. DOI: [10.1007/s10534-010-9290-8](https://doi.org/10.1007/s10534-010-9290-8)
- Metin, C. & Baygar, T. (2018).** Denizel Kaynaklardan Elde Edilen Biyoaktif Maddeler ve Kozmetik Alanında Kullanımı. *Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, *14*(4), 339-350. DOI: [10.22392/egirdir.399363](https://doi.org/10.22392/egirdir.399363)
- Osotprasit, S., Samrit, T., Savedvanich, G., Chaiwichien, A., Changklungmoa, N., Kueakhai, P. & Jaikua, W. (2025).** Evaluation of Toxicity and Antioxidant Activity of the Ethanolic Extract from *Ulva Lactuca*. *Trends in Sciences*, *22*(2), 8812-8812.
- Öztürk, F. & Hamzaçebi, S. (2019).** Farklı Çözgenlerle Elde Edilmiş *Ulva lactuca* Ekstraktlarının Antibakteriyel Aktivitesi. *Acta Aquatica Turcica*, *15*(3), 272-279.
- Rezaie, A., Parker, R.D. & Abdollahi, M. (2007).** Oxidative stress and pathogenesis of inflammatory bowel disease: an epiphenomenon or the cause? *Digestive diseases and sciences*, *52*, 2015-2021.
- Şahin, Y. (2012).** Karadeniz Kıyılarında Bulunan Bazı Makro Alg Türlerinin Antimikrobiyal Aktivitelerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Giresun Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Giresun.
- Sudhakar, M.P., Kumar, B.R., Mathimani, T. & Arunkumar, K. (2019).** A review on bioenergy and bioactive compounds from microalgae and macroalgae-sustainable energy perspective. *Journal of Cleaner Production*, *228*, 1320-1333. DOI: [10.1016/j.jclepro.2019.04.287](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.287)
- Taşkın, E., Öztürk, M. & Kurt, O. (2007).** Antibacterial activities of some marine algae from the Aegean Sea (Turkey). *African Journal of Biotechnology*. *6*(24), 2746-2751. DOI: [10.5897/AJB2007.000-2439](https://doi.org/10.5897/AJB2007.000-2439)
- Tong, T., Liu, Ya-J., Zhang, P. & Kang, S.G. (2020).** Antioxidant, anti-inflammatory, and α -amylase inhibitory activities of *Ulva lactuca* extract. *Korean Journal of Food Preservation*. *27*(4), 513-521. DOI: [10.11002/kjfp.2020.27.4.513](https://doi.org/10.11002/kjfp.2020.27.4.513)
- Torun, Z. & Konuklugil, B. (2020).** Prebiotic effects of macroalgae. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, *37*(1), 103-112. DOI: [10.12714/egejfas.37.1.12](https://doi.org/10.12714/egejfas.37.1.12)
- Tüney, I., Çadirci, B. H., Ünal, D. & Sukatar, A. (2006).** Antimicrobial activities of the extracts of marine algae from the coast of Urla (İzmir, Turkey). *Turkish Journal of Biology*, *30*(3), 171-175.
- Tziveleka, L. A., Tammam, M. A., Tzakou, O., Roussis, V. & Ioannou, E. (2021).** Metabolites with antioxidant activity from marine macroalgae. *Antioxidants*, *10*, 431. DOI: [10.3390/antiox10091431](https://doi.org/10.3390/antiox10091431)
- Wang, H. M. D., Li, X. C., Lee, D. J. & Chang, J. S. (2017).** Potential biomedical applications of marine algae. *Bioresource Technology*, *244*, 1407-1415. DOI: [10.1016/j.biortech.2017.05.198](https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.05.198)