



Evaluation of marine macroalgae for innovative natural medical products

¹Nurdan Ünal¹, Aycan Aras¹, Oğulcan Habiboğlu¹, Sinem Uğur¹, Mehmet Naz², Selin Sayın^{*1}

*Corresponding author: selin.sayin@iste.edu.tr

Received: 19.07.2020

Accepted: 09.09.2020

Affiliations

¹Iskenderun Technical University, Faculty of Marine Sciences and Technology, Department of Marine Technologies, Iskenderun, Hatay, TURKEY

²Iskenderun Technical University, Faculty of Marine Sciences and Technology, Department of Aquaculture, Iskenderun, Hatay, TURKEY

Keywords

Macroalgae
Biochemical composition
Antioxidant
Antimicrobial
Medical

ABSTRACT

In the research, biochemical compositions of four different marine macroalgae species, nutrient components (Nitrogen (N), Carbon (C), Hydrogen (H)) and DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) free radical sweeping capacity for innovative natural medicine antioxidant properties and antimicrobial activities were determined. *Jania rubens*, *Hypnea musciformis*, *Padina pavonica* and *Ulva rigida* were collected from Iskenderun Bay. It has been determined that *U. rigida* has the highest protein (12.605%) and lipid (1.54%) dry weight among the species. It was determined that the ash content in the species was between 22.365 and 76.646% dry weight. The species with the highest DPPH radical scavenging feature was determined as *H. musciformis* with 69.053% inhibition percentage and it was found to be effective against *Escherichia coli* and *Candida albicans* in the antimicrobial efficacy tests for this species.

İnovatif doğal medikal ürünler için bazı denizel makroalgelerin değerlendirilmesi

ÖZET

Araştırmada inovatif doğal medikal için dört farklı denizel makroalg türünün biyokimyasal kompozisyonları, besin maddesi bileşenleri (Nitrojen (N), Karbon (C), Hidrojen (H)) ve DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) serbest radikal süpürme kapasitesi üzerinden antioksidan özellikleri ve antimikrobiyal aktiviteleri belirlenmiştir. *Jania rubens*, *Hypnea musciformis*, *Padina pavonica* ve *Ulva rigida* türü makroalgler Iskenderun Körfezi'nden toplanmıştır. *U. rigida*'nın türler arasında kuru ağırlıkta en yüksek protein (%12,605) ve lipit (%1,54) içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Türlerdeki kül içeriğinin kuru ağırlık olarak %22.365 -76.646 arasında olduğu tespit edilmiştir. En yüksek DPPH radikal süpürme özelliği gösteren tür %69,053 inhibisyon yüzdesi ile *H. musciformis* olarak belirlenmiş ve bu tür için yapılan antimikrobiyal etkinlik testlerinde, *Escherichia coli* ve *Candida albicans*'a karşı etkili olduğu belirlenmiştir

Anahtar Kelimeler

Makroalg
Biyokimyasal kompozisyon
Antioksidan
Antimikrobiyal
Medikal

Giriş

Bitkilerin hastalıkların tedavisi veya hastalıklardan korunmak amacıyla kullanılması insanlık tarihi kadar eskidir. Dünya Sağlık Örgütü, özellikle geri kalmış ve gelişmekte olan toplumların sağlık

ihtiyaçlarının %80'ini bu şekilde karşıladıklarını belirtmiştir (Barnes, 2002). Bitkisel ilaç sektörü Dünya pazarında önemli bir yere sahiptir. Bu sektör içinde alglerin payı %1 oranında yer almakta (Timmermans ve ark., 2001), fakat giderek artan biyokimyasal zenginliklerinin keşfi, onları

Cite this article as

Ünal, N., Aras, A., Habiboğlu, O., Uğur, S., Naz, M. & Sayın, S. (2020). Evaluation of marine macroalgae for innovative natural medical products. *Marine and Life Sciences*, 2(2): 57-64. (In Turkish)

neredeys e sınırsız olarak nitelendirilebilecek bir kaynak haline getirmektedir (Plaza ve ark., 2009).

Denizel algler yüzyıllardır Asya ülkelerinde cilt, vücut, saç bakımında ve tedavi amaçlı kullanılan, günümüzde artan bir talep ile tüm Dünya ülkelerinde doğal, yenilikçi bakım ürünlerinde kullanılmaya başlanan sucul organizmalardır. Doğal yapılarında bulunan nemlendirici, koruyucu ve güçlendirici özellikleri insan sağlığı ve güzelliği için tedavi edici faydalar sağlamaktadır. Bu faydalar, gerek medikal gerekse kozmetik sektöründe kullanılan sentetik materyallerin yerine, doğal materyallerin araştırılmasını ve uygulanmasını teşvik etmektedir. Bu doğal ve inovatif ürünleri kullanan müşterilerin artan memnuniyeti de üreticileri doğal içerikli ürünler üretmeye yönlendirmektedir.

Algler 25.000 farklı tür çeşidiyle temsil edilen, günümüzde sadece 15 farklı kullanım alanına sahip olan, ancak yeterince değerlendirilemeyen geleceğin zengin potansiyel hammadde kaynaklarındandır. Son yıllarda yapılan yeni türlerin izolasyonu ile kültüre alınabilmesi ve yoğun üretimleri için geliştirilen kültür sistemleri, farklı kullanım alanlarının doğmasına neden olmaktadır. Yenilikçi süreçleri ile vitamin, protein, karbonhidrat gibi biyoteknolojik materyallerin elde edildiği, kozmetik, gıda ve sağlık gibi endüstriyel alanlarda kullanımının artan talebi bu organizmaların geleceğin öncelikli çalışma alanlarından ilk onuncu sırada yer almalarını sağlamaktadır (Aguilar and Gutiérrez-Sánchez, 2001).

Makroalgler, buldukları ortamda birçok tehdit ile karşı karşıyadır. Sahip oldukları bazı koruyucu bileşen ve mekanizmalara sahip olmaları onların zarar görmeden korunmalarını sağlamaktadır. Aynı zamanda, alglerin ikincil metabolit olarak adlandırılan zengin bir biyolojik aktiviteye sahip bileşenleri sentezleme kabiliyetleri vardır (Matsukawa ve ark., 1997; Gupta ve ark., 2012). Etkin ve yardımcı madde olarak kullanılan ve fitokolloid olarak adlandırılan bu metabolitler eczacılıkta, antimikrobiyal, sitotoksik, antimitojenik, antikanser, antioksidan ve antitümöral aktivitelerin varlığından dolayı kullanılmaktadır (Claudio ve Stendardo, 1966).

Kahverengi, kırmızı ve yeşil alglerde polifenoller, flavonoidler ve polisakkaritler gibi bileşenlerin antioksidan ve antimikrobiyal aktiviteye sahip oldukları anlaşılmıştır (Cox ve ark., 2009; Zaragoza ve ark., 2008; Gupta ve ark., 2012). Makroalglerin 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, steroidler, halojenli ketonlar, florotanninler ve alkanlar, siklik polisüfitler ve yağ asitlerinden de kaynaklandığı belirtilmektedir (Espeche ve ark., 1984; Nagayama ve ark., 2002; Watson ve Cruz-Rivera, 2003; Hosokawa ve ark., 2006; Horie ve ark., 2008; Cox ve ark., 2009; Srivastava ve ark., 2010; Salem ve ark., 2011; Radhika ve ark., 2012; Gupta ve ark., 2012; Almeida Mendes, 2012).

Bu çalışmada, dört farklı denizel makroalg türünün biyokimyasal kompozisyonları, besin maddesi bileşenleri (Nitrojen (N), Karbon (C), Hidrojen (H)) ve DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) serbest radikal süpürme kapasitesi üzerinden antioksidan özellikleri ve antimikrobiyal aktivitelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Çalışmada kullanılan makroalg örnekleri Eylül ve Haziran (2017-2018) aylarında, İskenderun Körfezi (Hatay) Kale ve Arsuz bölgelerinden toplanmıştır. Kahverengi alglerden (Phaeophyta) *Padina pavonica*, yeşil alglerden (Chlorophyta) *Ulva rigida* ve kırmızı alglerden (Rhodophyta) *Jania rubens* ve *Hypnea musciformis* türleri analiz edilmiştir.

Toplanan makroalg türleri soğutucu kaplarda İskenderun Teknik Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Fakültesinde bulunan Algal Biyoteknoloji Laboratuvarı'na getirilmiştir. Makroalgler önce türlerine göre ayrılmış, daha sonra kum, epifit gibi kirleticilerden arındırılarak yıkama, kurutma işlemleri yapıldıktan sonra depolanarak analizler yapıncaya kadar -20 °C'de saklanmıştır (Ye ve ark., 2009).

Makroalglerin kül, lipit ve protein miktarları, sırasıyla Vollenweider (1974), Bligh ve Dyer (1959) ve Kjeldahl metoduna göre yapılmıştır.

DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) ticari olarak elde edilebilen stabil organik nitrojen radikalidir (Huang ve ark., 2005). DPPH radikal süpürme kapasitesi analiz yöntemleri doğal ekstraktların antioksidan kapasitesini ölçmede çok sık kullanılan bir metottur (Mot ve ark., 2011). Bu yöntemde temel olarak antioksidan tarafından DPPH serbest radikale proton transferi reaksiyonu 517 nm'de absorbanın azalmasına neden olur. Bu süreç görünür alanda spektrofotometre ile absorban sabitlenene kadar takip edilmesine dayanmaktadır (Albayrak ve ark., 2010). DPPH radikali metanolik çözeltide okside formunda yaklaşık 520 nm'de maksimum absorbanıya sahip bir kimyasaldır. Bu metot basit, hızlı ve birçok örneğin radikal süpürme aktivitesini izlemek için farklı örneklerin

çözünürlüklerine elverişli bir metot olarak tarif edilir. Ancak ışığa, oksijene ve kirliliğe olan hassasiyeti bu metodun kullanımda belli oranda sınırlamalara sebebiyet vermektedir (Mot ve ark., 2011). Makroalglerin antioksidan özelliklerinin belirlenmesinde, DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) serbest radikal süpürücü aktivite tayini için spektrofotometrik yöntem kullanılmıştır.

Antimikrobiyal aktivitenin belirlenmesinde disk difüzyon yöntemi uygulanmıştır. Bu metoda göre, 9 mm çapında steril diskler (Whatman 2017-009) aseptik koşullarda makroalg özütlerinden 50 µL emdirilmiştir. Bakteri kültürlerinin antimikrobiyal aktivitelerini belirlemede, Mueller Hinton Agar (MHA, Merck, 1.10293), maya kültürlerinin antimikrobiyal aktivitelerini belirlemede Glukoz-Yeast Extract Penicilin Streptomycin Agar besi yerinden yararlanılmıştır. Denemede kullanılacak olan bakteri kültürlerini aktifleştirmek için Triptic Soy Broth (TSB, Merck, 1.05459), maya kültürleri için Glukoz Yeast Extract Penicilin Streptomycin Broth kullanılmıştır.

Disk difüzyon yöntemiyle; bakteri [*Escherichia coli* (ATCC 8739)] ve mantar [*Candida albicans* (ATCC 10231)], türlerine karşı antimikrobiyal aktiviteleri belirlenmiştir.

Alg örneklerinin besin maddesi bileşenleri (Nitrojen (N), Karbon (C), Hidrojen (H)) Dumas (1831) yöntemi ile yapılmıştır. Makroalg örnekleri (toz halinde) Altın ve Paladyum (Au, Pd) ile kaplama yapılmış ve SEM (Taramalı Elektron Mikroskopi) ile görüntüleri (X500 ve X5000) alınmıştır.

Sonuçlar ortalama \pm standart sapma olarak ifade edilmiştir. İstatistiksel karşılaştırmalar, SPSS (IBM Corp. Released 2013. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 22.0. Armonk, NY: IBM Corp.) kullanılarak One Way ANOVA analizi ile yapılmıştır. Ortalamalar arasındaki farklılıklar Tukey-HSD çoklu karşılaştırma testleri kullanılarak belirlenmiştir. Farklılıklar $p < 0,05$ olduğunda istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Çalışmada dört farklı makroalg türünün (*Jania rubens*, *Hypnea musciformis*, *Padina pavonica*, *Ulva rigida*) biyokimyasal (protein, lipit, kül), besin maddesi bileşenleri (Nitrojen (N), Karbon (C), Hidrojen (H)), antioksidan aktiviteleri ve antimikrobiyal aktiviteleri belirlenmiştir.

Biyokimyasal Kompozisyon

Dört farklı makroalg türüne ait biyokimyasal içerikler (protein, lipit, kül) karşılaştırıldığında, elde edilen protein, lipit ve kül değerleri arasında anlamlı istatistiksel farklar olduğu tespit edilmiştir ($p < 0.05$).

Tablo 1. Makroalglerin biyokimyasal içerikleri (%)

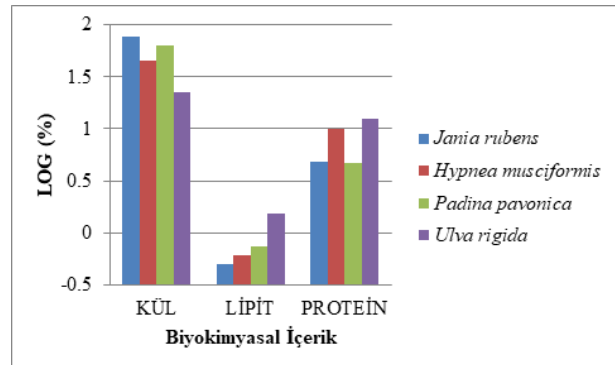
	<i>Jania rubens</i>	<i>Hypnea musciformis</i>	<i>Padina pavonica</i>	<i>Ulva rigida</i>
Kül	76,646 \pm 0,086 ^a	45,4 \pm 0,166 ^b	62,86 \pm 0,653 ^c	22,365 \pm 0,397 ^d
Lipit	0,508 \pm 0,014 ^a	0,62 \pm 0,066 ^a	0,753 \pm 0,090 ^a	1,54 \pm 0,294 ^b
Protein	4,846 \pm 0,100 ^a	9,965 \pm 0,117 ^b	4,757 \pm 0,103 ^a	12,605 \pm 0,309 ^b

Makroalglerin kül içeriklerinin %22,365-76,646, lipit içeriklerinin %0,508-1,54, protein içeriklerinin ise %4,757-12,605 aralığında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 1).

4 türün kül, lipit ve protein (%) içeriklerinin kıyaslama yapabilmek adına logaritmik transformasyon ile oluşturulmuş grafikleri Şekil 1'de verilmiştir.

Kül

J. rubens, *P. pavonica*, *H. musciformis* ve *U. rigida* türlerinin kül (%) içerikleri sırasıyla 76,646 \pm 0,086; 62,86 \pm 0,653; 45,4 \pm 0,166; ve 22,365 \pm 0,397 olarak



Şekil 1. Makroalg türlerinin biyokimyasal kompozisyon karşılaştırmaları (log %)

belirlenmiştir. 4 türün kül (%) içerikleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). Turan ve ark. (2015), İskenderun Körfezi'nden toplanan *J. rubens*'in kül içeriğini %26,50 olduğunu belirlemişlerdir. Polat ve Özoğul (2013) Akdeniz'den 4 mevsim topladıkları *J. rubens*'in kül içeriklerinin mevsimlere göre %46,02-51,63 arasında değişiklik gösterdiğini saptamışlardır. Fathy (2007), Mısır'da yaptıkları çalışmada kırmızı alg türü olan *J. rubens*'in kül içeriğini %50-60 arasında belirlemişlerdir. İrkin ve Erduğan (2017), Gelibolu'dan topladıkları *J. rubens*'in kül içeriğini sonbahar ve yazın %72,99

ve İntepe'den topladıkları aynı türün kül içeriğini kışın %78,68 olarak belirlemişlerdir.

Lipit

J. rubens, *H. musciformis*, *P. pavonica* ve *U. rigida* türlerinin lipit (%) içerikleri sırasıyla 0,508±0,014; 0,62±0,066; 0,753±0,090 ve 1,54±0,294 olarak belirlenmiştir. *J. rubens*, *H. musciformis* ve *P. pavonica* türlerinin lipit (%) içerikleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemsiz bulunurken ($p>0,05$); bu üç türün lipit (%) içerikleri *U. rigida* türünün lipit (%) içeriği ile kıyaslandığında ortaya çıkan farklılık anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$).

Gür (2015) yaptığı çalışmada makroalg türlerini lipit içeriği yönünden incelendiğinde *P. pavonica*'da %0,34 ile %2,16 arasında değişim gösterdiği, en yüksek değer yaz, en düşük değer ilkbaharda olduğunu saptamıştır.

Polat ve Özoğul (2009), *J. rubens* ve *P. pavonica* lipit içeriklerini sırasıyla %0,12 ve %5,89 olarak bulmuşlardır. Polat ve Özoğul (2013), İskenderun Körfezi'nde mevsimsel olarak gerçekleştirdikleri

Tablo 2. Makroalg türlerinin besin elementi analizleri (%)

	<i>Jania rubens</i>	<i>Hypnea musciformis</i>	<i>Padina pavonica</i>	<i>Ulva rigida</i>
Nitrojen	1,507±0,084 ^a	2,21±0,216 ^b	2,59±0,192 ^c	1,374±0,072 ^a
Karbon	15,815±0,124 ^a	20,902±0,692 ^b	28,747±1,028 ^c	14,965±1,907 ^a
Hidrojen	1,193±0,072 ^a	3,277±0,154 ^b	4,753±0,103 ^c	1,608±0,273 ^a

çalışmada lipit içeriğini *P. pavonica* için %0,65-%0,87, *J. rubens* için %0,11-%0,33 aralıklarında olduğunu bildirmişlerdir. İrkin ve Erduğan (2017), Çanakkale'de yaptıkları çalışmada *J. rubens*'in lipit içeriğini %1,13-1,93 olarak belirtmişlerdir. Parthiban ve ark. (2013) *H. musciformis*'in lipit düzeyini %3-4 olarak belirlemişlerdir. McDermid ve Stuercke (2003) makroalglerde lipit içeriğinin %4'ten az olduğunu ortaya koymuştur. Palanivelu ve ark. (2012), 16 kırmızı ve 7 yeşil alg türünde yaptıkları analizlerde en düşük lipit içeriğini *J. rubens*'te bulmuştur.

Bu çalışmada da yüksek lipit içeriği yeşil alg türünde olup, en düşük değerler ise kırmızı alg türlerinde saptanmıştır.

Protein

J. rubens, *H. musciformis*, *P. pavonica* ve *U. rigida* türlerinin protein (%) içerikleri sırasıyla 4,846±0,100; 9,965±0,117; 4,757±0,103 ve 12,605±0,309 olarak belirlenmiştir. *J. rubens* türünün protein (%) içeriği ile *P. pavonica* türünün

protein (%) içeriği arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$). *H. musciformis* türünün protein (%) içeriği ile *U. rigida* türünün protein (%) içeriği arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$). *J. rubens* ve *P. pavonica* türlerinin protein (%) içerikleri ile *H. musciformis* ve *U. rigida* türlerinin protein (%) içerikleri kıyaslandığında ortaya çıkan farklılık anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$).

Ahmad ve ark. (2012) ise farklı makroalg türlerinde yaptıkları biyokimyasal analizlerde, protein içeriğinin kırmızı alglerde %5,22-17,2 aralığında; kahverengi alglerde ise %5,93-7,78 aralığında değiştiğini belirtmiştir.

Gür (2015), İskenderun Körfezi'nden topladığı *P. pavonica*'nın protein içeriğini %3,35 ile %5,69 arasında olduğunu ve en yüksek protein içeriğine sonbaharda ulaştığını, *J. rubens*'te ise %3,36 ile 4,69 aralığında bulunduğunu ve protein içeriğinin yaz mevsiminde en yüksek düzeye ulaştığını belirtmiştir. Bu sonuçlar, bu çalışmada bulunan değerlerle benzerlik göstermiştir.

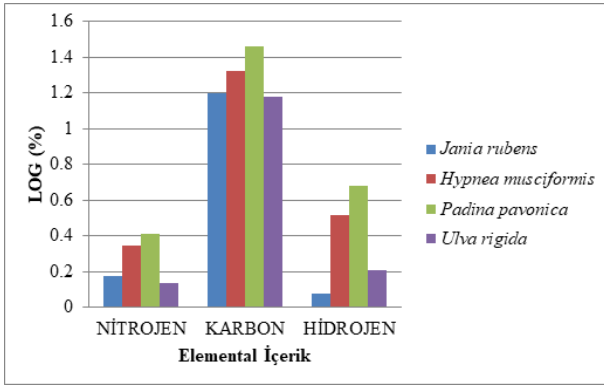
Buna karşılık, Yıldız ve ark. (2012) Marmara Denizi'nden topladıkları *U. rigida*'nın protein içeriğinin %5,33 olduğunu ve Polat ve Özoğul (2013) protein değerlerini *J. rubens* için %1,66-3,41 ve *P. pavonica* için %1,65-1,97 aralıklarında bulmuş olup, bu çalışmada bulunan değerlere göre daha düşük olduğu görülmektedir. Parthiban ve ark.

(2013), Hindistan'da yaptıkları çalışmada *H. musciformis*'in protein içeriğini %13-14 olarak belirlemiş olup, mevcut çalışmada belirlenen değere göre yüksek olduğu gözlenmektedir.

Besin Elementleri

Çalışmada test edilen makroalg türlerinin N, C, H miktarları belirlenmiştir (Tablo 2). Makroalglerin nitrojen içeriğinin %1,374±0,072 ile %2,59±0,192 aralığında, karbon değerlerinin %14,965±1,907 ile %28,747±1,028 arasında ve hidrojen içeriklerinin ise %1,193±0,072 ile %4,753±0,103 arasında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. Mevcut çalışmanın sonuçları, en yüksek nitrojen, karbon ve hidrojen içeriğinin *P. pavonica*'ya ait olduğunu, en düşük nitrojen içeriğinin ise *U. rigida* ve *J. rubens* türlerinde olduğunu ortaya koymuştur.

4 türün N, C, H (%) içeriklerinin kıyaslama yapabilmek adına logaritmik transformasyon ile oluşturulmuş grafikleri Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Makroalg türlerinin elemental içerik karşılaştırmaları (log %)

Nitrojen

J. rubens, *H. musciformis*, *P. pavonica* ve *U. rigida* türlerinin nitrojen (%) içerikleri sırasıyla $1,507 \pm 0,084$; $2,21 \pm 0,216$; $2,59 \pm 0,192$ ve $1,374 \pm 0,072$ olarak belirlenmiştir. *J. rubens* türünün nitrojen (%) içeriği ile *U. rigida* türünün nitrojen (%) içeriği arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz ($p > 0,05$) bulunurken; bu iki türün nitrojen (%) içerikleri *H. musciformis* ve *P. pavonica* türlerinin nitrojen (%) içerikleri ile kıyaslandığında ortaya çıkan farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). Aynı zamanda, *H. musciformis* türünün nitrojen (%) içeriği ile *P. pavonica* türünün nitrojen (%) içeriği arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$).

Karbon

J. rubens, *H. musciformis*, *P. pavonica* ve *U. rigida* türlerinin karbon (%) içerikleri sırasıyla $15,815 \pm 0,124$; $20,902 \pm 0,692$; $28,747 \pm 1,028$ ve $14,965 \pm 1,907$ olarak belirlenmiştir. *J. rubens* türünün karbon (%) içeriği ile *U. rigida* türünün karbon (%) içeriği arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz ($p > 0,05$) bulunurken; bu iki türün karbon (%) içerikleri *H. musciformis* ve *P. pavonica* türlerinin karbon (%) içerikleri ile kıyaslandığında ortaya çıkan farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). Aynı zamanda, *H. musciformis* türünün karbon (%) içeriği ile *P. pavonica* türünün karbon (%) içeriği arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$).

Hidrojen

J. rubens, *H. musciformis*, *P. pavonica* ve *U. rigida* türlerinin hidrojen (%) içerikleri sırasıyla $1,193 \pm 0,072$; $3,277 \pm 0,154$; $4,753 \pm 0,103$ ve $1,608 \pm 0,273$ olarak belirlenmiştir. *J. rubens* türünün hidrojen (%) içeriği ile *U. rigida* türünün hidrojen (%) içeriği arasındaki fark istatistiksel

olarak önemsiz ($p > 0,05$) bulunurken; bu iki türün hidrojen (%) içerikleri *H. musciformis* ve *P. pavonica* türlerinin hidrojen (%) içerikleri ile kıyaslandığında ortaya çıkan farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). *H. musciformis* türünün hidrojen (%) içeriği ile *P. pavonica* türünün hidrojen (%) içeriği arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$).

Yapılan çalışmalar incelendiğinde, alglerin medikal alanda biyolojik aktivite, fiziksel ve kimyasal karakterizasyon anlamında bütün olarak ele alınmadığı ve karakterize edilmemiş olduğu gözlemlenmiştir. Gıda ve kozmetik alanlarında yer alan alglerin, organik içerikleri daha çok gübre alanında değerlendirilmekten öte geçememiştir. Ancak insan metabolizması ve fizyolojisi ile uyumluluğu noktasındaki başarısı, alglerin organik içerik olarak medikal alanda da geliştirilecek olan inovatif ürünlerin içeriğinde yer alması konusunda her geçen gün umut verici sonuçlar ortaya çıkmaktadır.

Antioksidan Özellik

Tablo 3. Makroalg türlerinin DPPH radikal süpürücü aktiviteleri (IC_{50} mg/mL)

Tür	DPPH radikal süpürücü aktivite (IC_{50} mg/mL)
<i>Jania rubens</i>	$35,1 \pm 2,433$ ^b
<i>Hypnea musciformis</i>	$69,053 \pm 4,451$ ^c
<i>Padina pavonica</i>	$40,78 \pm 3,875$ ^b
<i>Ulva rigida</i>	$19,853 \pm 7,439$ ^a

J. rubens, *H. musciformis*, *P. pavonica* ve *U. rigida* türlerinin DPPH serbest radikal süpürücü aktiviteleri (IC_{50} mg/mL) sırasıyla $35,1 \pm 2,433$; $69,053 \pm 4,451$; $40,78 \pm 3,875$ ve $19,853 \pm 7,439$ olarak belirlenmiştir (Tablo 3).

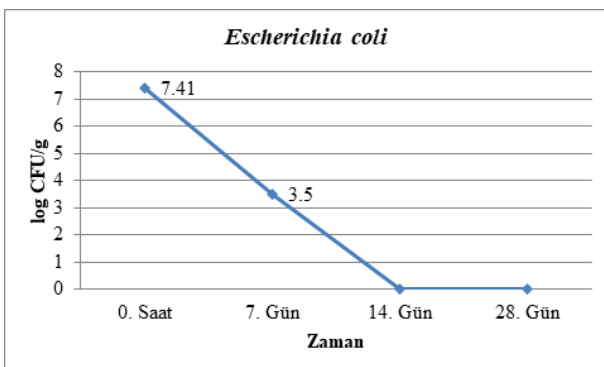
J. rubens türünün DPPH serbest radikal süpürücü aktivitesi (IC_{50} mg/mL) ile *P. pavonica* türünün DPPH serbest radikal süpürücü aktivitesi arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz ($p > 0,05$) bulunurken, bu iki türün DPPH serbest radikal süpürücü aktiviteleri *H. musciformis* ve *U. rigida* türlerinin DPPH serbest radikal süpürücü aktiviteleri ile kıyaslandığında ortaya çıkan farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). Aynı zamanda, *H. musciformis* türünün DPPH radikal süpürücü aktivitesi ile *P. pavonica* türünün DPPH radikal süpürücü aktivitesi arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$).

Doğal antioksidanlar karasal kaynaklarla sınırlı değildir ve raporlar deniz yosunlarının doğal antioksidan bileşiklerin zengin kaynakları olduğunu ortaya koymuştur (Lim ve ark., 2002; Duan ve ark., 2006). Bir zincir reaksiyonundaki her adımda serbest radikaller üretilebilir; bu nedenle, bir antioksidanın başlatıcı radikalini atarak zincir başlatma adımını önlemesi önemlidir (Saha ve ark., 2004). Çalışmamızın aksine Wang ve ark. (2009), kahverengi alglerin, kırmızı ve yeşil alglerden daha fazla miktarda polifenol ve DPPH radikal süpürücü aktivite içerdiğini bulmuşlardır. Bununla birlikte Chandini ve ark. (2008), kahverengi alglerde $1000 \mu\text{g ml}^{-1}$ özüt konsantrasyonunda %17,79-23,16 aralığında düşük seviyelerde DPPH radikal süpürücü aktivite rapor etmiştir. Abd El-Baky ve ark. (2008), DPPH radikalinin süpürücü etkisinin *Ulva* organik ekstraktlarında elektron ve hidrojen donörlerinin bileşeninin varlığına işaret etmektedir. Dolayısıyla, *Ulva* ekstraktlarının potansiyel antioksidan özellikleri, karotenoid ve fenolik bileşikler gibi bazı maddeler içeren ekstraktlarından kaynaklanabilir.

Antimikrobiyal Aktivite

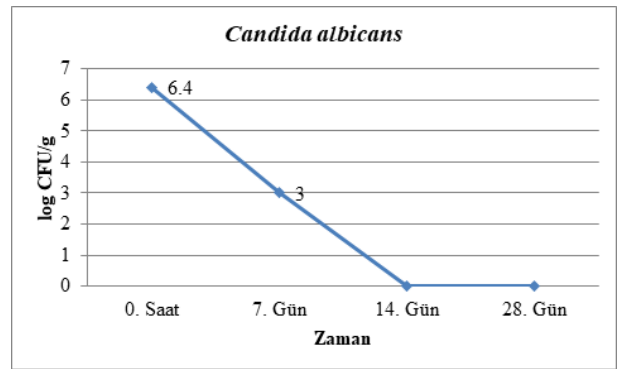
Tablo 4. Antimikrobiyal etkinlik testiaktiviteleri

Zaman	Birim	<i>E. coli</i>	<i>C. albicans</i>
0. Saat	CFU/g	2,58E+07	2,52E+06
	log CFU/g	7,41	6,4
7. Gün	CFU/g	3,00E+03	1,00E+03
	log CFU/g	3,5	3
	Log reduction	3,93	3,4
14. Gün	CFU/g	<10	<10
28. Gün	CFU/g	<10	<10



Şekil 3. *Hypnea musciformis*'in *Escherichia coli*'ye antimikrobiyal etkisi

En yüksek DPPH serbest radikal süpürücü aktivite



Şekil 4. *Hypnea musciformis*'in *Candida albicans*'a antimikrobiyal etkisi

gösteren tür olan *Hypnea musciformis*'e ait yağların, disk difüzyon yöntemiyle; bakteri [*Escherichia coli* (ATCC 8739)] ve mantar [*Candida albicans* (ATCC 10231)], türlerine karşı antimikrobiyal aktiviteleri belirlenmiştir (Tablo 4), (Şekil 3, 4).

H. musciformis'in *E. coli*'ye antimikrobiyal etkinliği değerlendirildiğinde, 0. saatte 7,41, 7. günde 3,5 ve 14. günden itibaren 0 olduğu tespit edilmiştir. *C. albicans*'a karşı antimikrobiyal etkinliğinin ise, 0. saatte 6,4, 7. günde 3 ve 14. günden itibaren 0 olduğu gözlemlenmiştir. Her iki türe karşı *H. musciformis* türünün antimikrobiyal aktivitesinin 14. günde inhibe ettiği saptanmıştır.

El Baz ve ark. (2013), bazı makroalg yağlarının antimikrobiyal etkinliğini belirledikleri araştırmalarında *Ulva fasciata* türünün *E. coli*'ye karşı etkin olmadığı ancak *C. albicans* mayasına karşı etkin olduğunu belirlemişlerdir. Çalışmamızda *H. musciformis* türünden elde edilen yağın antimikrobiyal potansiyeli *C. albicans* ve *E. coli* olarak bir maya ve bir gram negatif bakteriye karşı değerlendirilmiştir. *H. musciformis*'in lipit ekstraktları, hem *C. albicans* hem de *E. coli*'ye karşı 14. günden itibaren yüksek bir inhibisyon göstermiştir. Mevcut çalışmanın sonuçları, en yüksek inhibisyon etkisinin *C. albicans*'a karşı olduğunu göstermek ile birlikte, bu durumun Ballantine ve ark. (1987) ve El Baz ve ark. (2013) tarafından doymamış yağ asitleri kompozisyonu oranının yüksek olmasıyla ilişkili olduğu bildirilmiştir. Ramadan ve ark. (2008) tarafından yapılan bir çalışmada, *Spirulina platensis*'in lipit ekstraktlarının *C. albicans*'a karşı antimikrobiyal aktiviteyi arttırdığı bildirilmiştir.

Desbois ve Smith (2010), algal yağların bakterilerin inhibisyonunda, elektron taşıma zinciri, oksidatif fosforilasyon, hücresel enerji üretimi, enzim aktivitesi, besin alımı, peroksidasyon ve oksidasyon bozunma ürünlerinin oluşumu gibi yağ asitleri bileşenlerinin etki mekanizmaları ile kronik bir etki süreci gösterdiğini belirtmişlerdir. Alglerde

doymamış yağ asitlerine ek olarak, bol miktarda bulunan fenolik ve flavonid aktif bileşenlerinde bu etki mekanizmasını desteklediği El Baz ve ark. (2013) tarafından bildirilmiştir.

Sonuç

Mevcut çalışmanın sonuçları, *Hypnea musciformis*'den ekstrakte edilen yağın *Escherichia coli*'ye ve *Candida albicans*'a karşı antimikrobiyal aktivitesinin etkin olduğunu göstermiştir. Gelecekte endüstriyel alanlarda sentetik materyallerin yerine doğal ve sürdürülebilirlik potansiyeli yüksek olan denizel makro alglerin kullanımının yaygınlaştırılması için daha çok çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Kaynaklar

- Abd El-Baky, H. H., El Baz, F. K. & El-Baroty, G. S. (2008). Evaluation of marine alga *Ulva lactuca* L. as a source of natural preservative ingredient. *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*, 7: 3353-3367.
- Ahmad, F., Sulaiman, M. R., Saimon, W., Yee, C. F. & Matanjun, P. (2012). Proximate compositions and total phenolic content of selected edible seaweed from Semporna, Sabah, Malaysia. *Borneo Science*, 31: 85-96.
- Aguilar, C. N. & Gutiérrez-Sánchez, G. (2001). Review sources, properties, applications and potential uses of tannin acyl hydrolase. *Food Science and Technology International*, 7: 373-382.
- Albayrak, S., Sağdıç, O. & Aksoy, A. (2010). Bitkisel ürünlerin ve gıdaların antioksidan kapasitelerinin belirlenmesinde kullanılan yöntemler. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 26(4): 401-409.
- 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.
- Ballantine, L. D., Gerwick, H. W., Velez, M. S., Alexander, E. & Guevara, P. (1987). Antibiotic activity of lipid-soluble extracts from Caribbean marine algae. *Hydrobiologia*, 151: 463-469.
- Barnes, J. (2002). Quality, efficacy and safety of complementary medicines: fashions, facts and the future. Part I, Regulation and quality. *British Journal of Clinical Pharmacology*, 55(3): 226-233.
- Bligh, E. G. & Dyer, W. J. (1959). A rapid method for total lipid extraction and purification. *Canadian Journal Biochemistry and Physiology*, 37: 911-917.
- Chandini, S. K., Ganesan, P. & Bhaskar, N. (2008). In vitro antioxidant activities of three selected brown seaweeds of India. *Food Chemistry*, 107: 707-713.
- Claudio, F. & Stendardo, B. (1966). An experimental contribution to the clinical use of an algal phytocolloid (Algasol T331) in oncology. *Proceedings of the Fifth International Seaweed Symposium*, Halifax, p 369.
- Cox, S., Abu-Ghannam, N. & Gupta, S. (2009). An assessment of the antioxidant and antimicrobial activity of six species of edible Irish seaweeds. *International Food Research Journal*, 17(1): 205-220.
- Desbois, P. A. & Smith, J. V. (2010). Antibacterial free fatty acids: activities, mechanisms of action and biotechnological potential. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 85: 1629-1642.
- Duan, X. J., Zhang, W. W., Li, X. M. & Wang, B. G. (2006). Evaluation of antioxidant property of extract and fractions obtained from a red alga, *Polysiphonia urceolata*. *Food Chemistry*, 95: 37-43.
- Dumas, J. B. A. (1831). Procédes de l'analyse organique. *Annales de Chimie et de Physique*, 247: 198-213.
- El Baz, F. K., El-Baroty, G. S., Abd El Baky, H. H., Abd El-Salam, O. I. & Ibrahim, E. A. (2013). Structural characterization and biological activity of sulfolipids from selected marine algae. *Grasas y Aceites*, 64: 561-571.
- Espeche, M. E., Fraile, E. R. & Mayer, A. M. S. (1984). Screening of Argentine marine algae for antimicrobial activity. *Hydrobiologia*, 116/117: 525-528.
- Fathy, A. A. (2007). Evaluation of nutritional composition of some attached and drifted marine algae from Alexandria, Egypt. *Egyptian Journal of Phycology*, 8: 131-141.
- 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.
- Gür, İ. (2015). İskenderun Körfezi'nde dağılım gösteren bazı makroalg türlerinin pigment, antioksidan ve besin bileşenlerinin mevsimsel olarak incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye, 71 s.
- Huang, D., Ou B. & Prior R. L. (2005). The chemistry behind antioxidant capacity assays. *Journal of Agriculture Food Chemistry*, 53: 4303-4310.
- 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.
- Hosokawa, M., Bhaskar, N., Sashima, T. & Miyashita, K. (2006). Fucoxanthin as a bioactive and nutritionally beneficial marine carotenoid: a review. *Carotenoid Science*, 10: 15-28.

ETİK STANDARTLARA UYUM

Yazarların Katkısı

Tüm yazarların makaleye katkısı eşittir.

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını deklare etmektedir.

Etik Onay

Yazarlar bu tür bir çalışma için resmi etik kurul onayının gerekli olmadığını bildirmektedir.

- İrkin, L. C. & Erduğan H. (2017). Investigation of seasonal variations in biochemical composition of some red algae distributed in the strait of Çanakakale (Dardanelles), Turkey. *Archives of Applied Science Research*, 9(2): 1-8.
- Lim, S. N., Cheung, P. C. K., Ooi, V. E. C. & Ang, P. O. (2002). Evaluation of antioxidative activity of extracts from a brown seaweed *Sargassum siliquastrum*. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 50: 3862-3866.
- Matsukawa, R., Dubinsky, Z., Kishimoto, E., Masaki, K., Masuda, Y., Takeuchi, T. & Karube, I. (1997). A comparison of screening methods for antioxidant activity in seaweeds. *Journal of Applied Phycology*, 9(1): 29-35.
- Mcdermid, K. J. & Stuercke, B. (2003). Nutritional composition of edible Hawaiian seaweeds. *Journal of Applied Phycology*, 15: 513-524.
- Mot, C. A., Dumitrescu, S. R. & Sarbu, C. (2011). Rapid and effective evaluation of the antioxidant capacity of propolis extracts using DPPH bleaching kinetic profiles, FT-IR and UV-VIS spectroscopic data. *Journal of Food Composite and Analysis*, 24: 516-522.
- Nagayama, K., Iwamura, Y., Shibata, T., Hirayama, I. & Nakamura, T. (2002). Bactericidal activity of phlorotannins from the brown alga *Ecklonia kurome*. *Journal of Antimicrobiology Chemotherapy*, 50 (6), 889-893.
- Palanivelu, A., Darsis, A. & Arunkumar, K. (2012). Nutraceutical values of seaweeds found along the Coast of Thondi (Palk Bay, India) with specific investigation on fatty acids methyl esters through GC/MS. *Journal of Green Bioenergy*, 1(1): 3-18.
- Parthiban, C., Saranya, C., Giriya K., Hemalatha, A., Suresh, M. & Anantharaman, P. (2013). Biochemical composition of some selected seaweeds from Tuticorin coast. *Advances in Applied Science Research*, 4(3): 362-366.
- Plaza, M., Herrero, M., Cifuentes, A. & Ibáñez, E. (2009). Innovative natural functional ingredients from microalgae. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(16): 7159-7170.
- Polat, S. & Özoğul, Y. (2009). Fatty acid, mineral and proximate composition of some seaweeds from the northeastern Mediterranean coast. *Italian Journal of Food Science*, 21: 317-324.
- Polat, S. & Özoğul, Y. (2013). Seasonal proximate and fatty acid variations of some seaweeds from the northeastern Mediterranean coast. *Oceanologia*, 55(2): 375-391.
- 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.
- Ramadan, F. M., Asker, S. M. M. & Zeinab, I. K. (2008). Functional bioactive compounds and biological activities of *Spirulina platensis* lipids. *Czech Journal of Food Sciences*, 26, 211-222.
- Saha, K., Lajis, N. H., Israf, D. A., Hamzah, A. S., Khozirah, S., Khamis, S. & Syahida, A., (2004). Evaluation of antioxidant and nitric oxide inhibitory activities of selected Malaysian medicinal plants. *Journal of Ethnopharmacology*, 92: 263-267.
- 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 Microbiology Research*, 5 (15): 2160-2167.
- SPSS, IBM Corp. Released (2013). IBM SPSS Statistics for Windows, Version 22.0. Armonk, NY: IBM Corp.
- 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.
- Timmermans, K. R., Gerringa, L. J. A., de Baar, H. J. W., van der Wagt, B., Veldhuis, M. J. W., de Jong, J. T. M., & Boye, M. (2001). Growth rates of large and small Southern Ocean diatoms in relation to availability of iron in natural seawater. *Limnology and Oceanography*, 46(2): 260-266.
- Turan, F., Özgün, S., Sayın, S. & Özyılmaz, G. (2015). Biochemical composition of some red and green seaweeds from Iskenderun Bay, the northeastern Mediterranean coast of Turkey. *Journal of Black Sea/Mediterranean Environment*, 21(3): 239-249.
- Vollenweider, R. A. (1974). A manual on methods for measuring primary productivity in aquatic environments. IBP Handbook, No. 12. 2nd edition, Oxford, UK Blackwell Scientific Publication.
- Wang, B. G., Zhang, W. W., Duan, X. J. & Li, X. M. (2009). In vitro antioxidative activities of extract and semi-purified fractions of the marine red alga, *Rhodomela confervoides* (Rhodomelaceae). *Food Chemistry*, 113: 1101-1105.
- Watson, S. B. & Cruz-Rivera, E. (2003). Algal chemical ecology: an introduction to the special issue. *Phycologia*, 42(4): 319-323.
- Ye, H., Zhou, C., Sun, Y., Zhang, X., Liu, J., Hu, Q. & Zeng, X. (2009). Antioxidant activities in vitro of ethanol extract from brown seaweed *Sargassum pallidum*. *European Food Research Technology*, 230: 101-109.
- Yıldız, G., Çelikler, S., Vatan, Ö. & Dere, Ş. (2012). Determination of the anti-oxidative capacity and bioactive compounds in green seaweed *Ulva rigida* (C. Agardh.) *International Journal of Food Properties*, 15: 1182-1189.
- 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.