

Algal Biyoaktif Bileşenler

Merve KARAKURLUK^{1*}, Tuğba DEMİRİZ YÜCER²

¹ Karabük Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Gıda Toksikolojisi Anabilim Dalı, Türkiye

² Karabük Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik, Türkiye

Sorumlu Yazar/Corresponding Author
E-mail: merve78.karakurluk@gmail.com

Derleme Makalesi/Review Article
Geliş Tarihi/Received: 16.05.2024
Kabul Tarihi/Accepted: 20.10.2024

Öz

Algler, ökaryotik ve prokaryotik olarak iki gruba ayrılan canlılardır. Ekosistemin devamlılığı ve düzenini sağlayan algler bölünme, tomurcuklanma, sporla ve vejetatif olarak çoğaldığından dolayı sucul ekosistem canlıları arasında geniş bir alana sahiptir. Çoğunlukla fotosentetik canlılar olan algler, genellikle tatlı su gölleri, çaylar, dereler, su birikintileri, nehirler, denizler ve okyanuslar gibi sucul ortamlarda yaşayabilmektedir. Algler yapılarında karbonhidrat, protein, lipid, vitamin, mineral, pigment, sterol gibi biyoaktif bileşiklere sahiptir. Biyoaktif bileşenler sayesinde antihipertansif, antitümör, antidiyabet, antioksidan ve antiinflamatuvar etkiler göstermektedir. Ayrıca, yüksek besin içeriği ve sağlığı geliştirici etkileri sayesinde fonksiyonel gıda niteliği taşımaktadır. Bu nedenle tıp, ilaç ve besin takviyesi, gıda, endüstri, tarım, atıkların arıtılması, hayvan yemi, gübre, biyodizel üretimi ve kozmetik gibi pek çok alanda alglerden yararlanılmaktadır. Özellikle gıda sektöründe gıda katkı maddesi ve besin takviyesi olarak kullanımı yaygınlaşmıştır. Ayrıca artan nüfus ile birlikte ortaya çıkabilecek gıda kıtlığı ve besin yetersizliği problemlerine yönelik alternatif besin kaynakları arasında yer alabileceği düşünülmektedir. Zamanla kullanım alanları artış göstermekte ve doğal bir alternatif besin olarak ele alınmaktadır. Bu nedenlerle bu çalışmada alglerin özellikleri, yapısındaki biyoaktif bileşenleri ve etkileri hakkında bilgiler verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Mikroalg, biyoaktif, besin takviyesi, gıda

Algal Bioactive Components

Abstract

Algae are living organisms that are divided into two groups as eukaryotic and prokaryotic. Algae, which provide sustainability and order of the ecosystem, have a wide area among aquatic ecosystem living organisms because they reproduce by division, budding, spores and vegetatively. Algae, which are mostly photosynthetic living organisms, can generally live in aquatic environments such as freshwater lakes, streams, creeks, puddles, rivers, seas and oceans. Algae have bioactive compounds such as carbohydrates, proteins, lipids, vitamins, minerals, pigments and sterols in their structures. Due to their bioactive components, they show antihypertensive, antitumor, antidiabetic, antioxidant and anti-inflammatory effects. Additionally, they are functional food due to their high nutritional content and health-improving effects. For this reason, algae are used in many areas such as medicine and nutritional supplements, food, industry, agriculture, waste treatment, animal feed, fertilizer, biodiesel production and cosmetics. Especially in the food sector, their use as food additives and nutritional supplements has become widespread. It is also thought that it can be among the alternative food sources for food shortage and nutritional deficiency problems that may arise with the increasing population. Over time, its areas of use are increasing and it is considered as a natural alternative food. For these reasons, information about the properties of algae, their bioactive components in their structure and their effects is given in this study.

Keywords: Microalgae, bioactive, nutritional supplement, food

Cite as;

Karakurluk, M., Demiriz Yücer, T. (2024). Algal biyoaktif bileşenler. *Recep Tayyip Erdogan University Journal of Science and Engineering*, 5(2), 204-215. DOI: 10.53501/rteufemud.1485427

1. Giriş

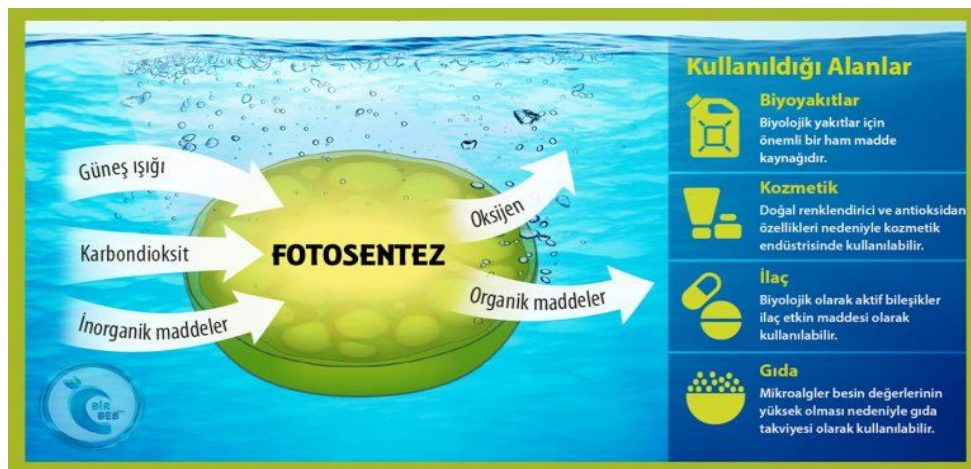
Algler, genellikle tüm sucul ekosistemlerde yaşayan fotosentetik organizmalardır. Yapısal olarak prokaryotik ve ökaryotik olarak iki büyük gruba ayrılırlar. Algler, sucul ortamların birincil üreticilerindedir. Bu nedenle tüm ekosistemlerin bütünlüğünün devam etmesinde büyük rolleri vardır. Okyanus ve denizlerde bulunan algler tarafından, tüm biosferin ihtiyacı olan oksijenin ve fotosentetik karbonun üçte ikisi üretilmektedir (Altuner ve ark., 2002). Bu canlılardan fosfor, kalsiyum, iyot, D, B1, B2 ve A vitaminleri, yağ asitleri, karbonhidrat ve protein benzeri temel besin öğeleri elde edilmektedir (Baytaşoğlu ve Başusta, 2014). 40 yıldır deniz organizmalarından pek çok yeni bileşik elde edilmiştir ve bu ürünlerin büyük bir kısmının farklı biyolojik faaliyetlere sahip olduğu gösterilmiştir (Cirik ve Cirik, 2011).

Alglerin üremeleri, eşeyli ve eşeysiz olarak ikiye bölünme, tomurcuklanma, sporla ya da vejetatif olarak gerçekleşmektedir (Altuner ve ark., 2002). Algler denizlerde, tatlı ve atık sularda yaşayabilen canlılardır. Algler içerdikleri pigment kompozisyonuna göre yeşil ve mavi-yeşil renkte ya da kahverengi ve kırmızı renkte olabilmektedirler. Algler boyutlarına göre mikro ve makro alg olmak üzere ikiye ayrılır. Mikro algler mikro boyutlarda ve tek hücreli canlılardır. Makro algler ise gözle görünür boyutta

kümeleme yeteneğine sahiptir (Aydın-Şişman, 2019). Mikro ve makroalgler fotosentez ile karbondioksiti ve güneş ışığını enerjiye dönüştüren yağ üreticileridir (Gökpinar vd., 2013). Algler ayrıca ortamdaki suyun organik maddelerini arıtma özelliğine sahiptir (Rose vd., 1994).

Denizel organizmaların sıklıkla gıda alanında kullanılmasının yanı sıra, faydalı bileşiklerin keşfedilmesi de dikkat çekici hale gelmiştir. Deniz canlılarının önemli bir kısmını oluşturan algler hücre içinde depoladıkları değerli metabolitleri ile gıda, tarım, tıp, eczacılık, kozmetik ve endüstri alanlarında faydalanılmaktadır (Keskinaya ve Akköz, 2018). 200.000'den fazla alg türü olmasına rağmen yalnızca 200 adeti endüstriyel alanda kullanıma sahiptir (Akyıl vd., 2016). Şekil 1'de algere ait bazı özellikler ve kullanım alanları gösterilmektedir.

Algler hücre içinde depoladıkları karbonhidrat, protein, yağ asitleri, vitamin, mineral, pigmentler ve daha pek çok önemli metabolitleri aracılığı ile insanlar tarafından başlıca sağlığı koruyucu besin desteği, hayvan yemi, gübre, doğal gıda boyası olarak kullanımı yaygındır (Gökpinar vd., 2013). Ancak sağlık üzerindeki antitümör, antikuagülan, antioksidan, antiviral ve antiinflamatuvar etkileri ile hastalıklara karşı önleyici etkilere sahiptir (Akyıl vd., 2016).



Şekil 1. Algler ve kullanıldığı alanlar (URL-1, 2019)

Figure 1. Algae and industrial areas (URL-1, 2019)

1.1. Kimyasal Bileşenler

Makroalglerin kimyasal bileşimi tür, hasat mevsimi, ışık yoğunluğu, güneş ışığı, sıcaklık, besin ortamı, tuz oranı, gelişme ortamı, deniz derinliği, su kültürü ve çevresel faktörlere bağlı olarak ciddi değişkenliklere sahiptir (Overland vd., 2019).

1.1.1. Protein ve Peptid

Proteinler, insan beslenmesi için büyük öneme sahiptir. Protein eksikliğinde ise dengesiz beslenmeye bağlı olarak insan sağlığı olumsuz etkilenmektedir (FAO, 2010; Sjors ve Alessvero, 2010). Makroagler önemli bir protein kaynağıdır. Bu nedenle gelecekte hayvansal ve bitkisel protein kaynaklarının yerini alabilecek alternatif besin maddesi olarak düşünülmektedir (Overland vd., 2019). Alglerin protein bileşimi içerisinde bulunduğu kültür ortamdaki potasyum ve azot gibi besin kaynaklarının kullanımına ve büyüme fazındaki ışığın miktarı ve kalitesine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Örneğin *Spirulina platensis* sabahın erken saatlerinde daha yüksek protein içeriğine sahiptir (Kurhan, 2012).

Alglerin çoğalma koşullarına ve büyüme fazına göre aminoasitlerin kompozisyon türleri farklılık göstermektedir (Demiriz, 2008). Önemli protein kaynakları arasında olan et, süt, yumurta ve soyaya kıyasla daha fazla protein içerdiği yapılan çalışmalarda gösterilmiştir (Barka ve Blecker, 2016). Yüksek protein içeriğine sahip olarak bilinen alg türleri *Anabaena*, *Dunaliella* ve *Euglena*'dır (Becker, 2007). Buğday ve baklagil gibi kara bitkilerine kıyasla daha yüksek proteine sahiptir. Alglerin önemli bir diğer avantajı ise taze suya ve ekilebilir alana ihtiyaç duymamasıdır (Bleakley ve Hayes, 2017).

Kahverengi makroalglerin protein içeriğinin genel olarak düşükken (kuru bazda %15'den düşük), *Porphyra* spp., *Pyropia* spp., *Palmaria palmata*, *Ulva* spp. Gibi yeşil ve özellikle de kırmızı alglerin protein içeriğinin daha yüksek olduğu bildirilmektedir (Wells vd., 2017;

Overland vd., 2019).

1.1.2. Polisakkarit

Polisakkaritler monosakkaritlerin glikozidik bağları ile bağlanarak tekrarlanmasından meydana gelmektedir. Polisakkaritler farmasötik, diyet, viskozlaştırıcı, yağlayıcı, jelleştirici ve kıvam arttırıcı olarak endüstri alanlarında kullanılmaktadır (Demiriz, 2008; Kurhan, 2012). Mikroalglerin karbonhidrat kompozisyonu radyasyona maruziyet durumu, pH, sıcaklık, azot tüketimi ve karbondioksit takviyesi gibi fiziksel şartlardan etkilenmektedir (D'Souza ve Kelly, 2000; Khalil vd., 2010). Alglerin yapısındaki karbonhidratın miktarı ve tipi, türe bağlı olarak değişmekteyken mikroalglerde karbonhidrat monomerlerinden en fazla bulunan glukoz, rhamnoz, ksiloz ve mannozdur. Mikroalgler bileşimlerinde hemiselüloz ve lignin içermezler, fakat içeriğinde di-, oligo- ve polisakkaritleri bulunmaktadır (Villarruel-López vd., 2017).

Makroalgler kuru formda %4-76 oranında değişiklik gösteren polisakkarit içermektedir. Zengin polisakkarit içeriğine sahip cinslere *Ascophyllum*, *Porphyra*, *Palmaria* ve *Ulva* örnek verilebilir (Stiger-Pouvreau vd., 2018). Çeşitli gıda ürünlerinde jelleştirici, emülgatör ve stabilizör olarak algal karbonhidratlar olan aljinat, agar, karragenan ve selüloz kullanılmaktadır (McHugh, 2003). Algal polisakkaritler antioksidan, antitümör, antikoagülan, antiinflamatuvar, antiviral ve kolesterol düşürücü özellikleri ile farmakolojik etkiye sahiptir (Yen vd., 2012). Ayrıca içeriğindeki oligo ve polisakkaritler sayesinde sindirim sisteminde prebiyotik etkiye sahiptir (O'Sullivan vd., 2010). *Arthrospira*, *Chlorella*, *Nannochloropsis* ve *Dunaliella* cinsleri prebiyotik kaynakları olarak düşünülmektedir (Gupta vd., 2017). Tablo 1' de bazı alglerin protein, karbonhidrat ve lipid içerik %'leri verilmiştir.

Tablo 1. Alg türleri ve protein, karbonhidrat, lipid içerikleri**Table 1.** Algae species and their protein, carbohydrate, lipid contents

Alg	Protein (%)	Karbonhidrat (%)	Lipid (%)
<i>Chlorella vulgaris</i>	44.3 (1)	58 (2)	51.41(3)
<i>Chlorella protothecoides</i>	46.3 (4)	15.43 ± 0.17 (5)	50.5 (6)
<i>Botryococcus braunii</i>	-	20–76 (7)	27.37(8)
<i>Dunaliella salina</i>	57	32	6
<i>Dunaliella tertiolecta</i>	-	-	36–42 (9)
<i>Anabaena cylindrica</i>	43–56 (10)	25–30 (10)	4–7 (10)
<i>Aphanizomenon flos aquae</i>	62 (10)	23 (10)	3 (10)
<i>Chlamydomonas reinhardtii</i>	48 (10)	17 (10)	21 (10)
<i>Chlorella pyrenoidosa</i>	57 (10)	26 (10)	2 (10)
<i>Euglena gracilis</i>	36–61 (10)	14–18 (10)	14–20 (10)
<i>Porphyridium cruentum</i>	28–39 (10)	40–57 (10)	9–14 (10)
<i>Scenedesmus obliquus</i>	50–56 (10)	10–17 (10)	12–14 (10)
<i>Spirogyra sp.</i>	6–20 (10)	33–64 (10)	11–21 (10)
<i>Arthrospira maxima</i>	60–71 (10)	13–16 (10)	6–7 (10)
<i>Spirulina platensis</i>	46–63 (10)	8–14 (10)	4–9 (10)
<i>Synechococcus sp.</i>	63 (10)	15 (10)	11 (10)

(1) Xie vd., (2017), (2) Wang vd., (2015), (3) Heo vd., (2017), (4) Grossmann vd., (2018), (5) Miao vd., (2006), (6) Li vd., (2015), (7) Gouveia vd., (2017), (8) Khichi vd., (2018), (9) Çilgin, (2015), (10) Becker, (2007).

1.1.3. Lipid

Algler total kuru maddesinin ortalama %50'si kadar yağ depolamaktadır (Eleren ve Öner, 2019). Alglerin lipid profilini fosfolipidler, glikolipidler ve polar olmayan gliserolipidler oluşturmaktadır. Lipidlerin %10–20'si fosfolipidlerden meydana gelmektedir. Yeşil alglerin bileşiminde fosfatidilgliserol, kırmızı alglerin içeriğinde fosfatidilkolin ve kahverengi alglerde ise fosfatidilkolin ve fosfatidiletanolamin alglerin bileşimindeki en dominant fosfolipidlerdir (Vehapi, 2016). Yeşil algler; C18 ÇDYA (çoklu doymamış yağ asidi) alinolenik (C18:3 n-3), stearidonik (C18:4 n-3) ve linoleik (C 18:2 n-6) asitler bakımından zengindir; kırmızı alglerde; C20 ÇDYA baskın olarak ARA (C20:4 n-6) ve EPA (C20:5 n-3) içeriği yüksektir; kahverengi algler ise C18 ve C20 ÇDYA sentezleyebilirler (Pérez vd., 2016). Sağlığa olumlu etki gösteren ÇDYA mikroalglerin bileşiminde mevcuttur. Vücuttaki esansiyel yağ asitleri olan omega 3 ve omega 6 ÇDYA'ların içerisinde bulunmaktadır (Ward ve Singh, 2005). Çoklu doymamış yağ asitleri

bakımından zengin bir kaynak olan balıklar, ÇDYA'ı bünyelerinde üretemeyip dışarıdan mikroalgleri tüketerek elde ederler. Ayrıca EPA (eikosapentaenoik asit), DHA (dokosaheksaenoik asit), ARA (araşidonik asit) ve GLA (gamma linoleik asit) gibi asitleri de alglerde bulunmaktadır (Kyle, 2001). EPA ve DHA kaynakları *Chrysophyceae* ve *Dinophyceae* sınıflarına mensup bazı alg türleri iken (Makri vd., 2011), GLA ve ARA kaynağı ise *Arthrospira* ve *Porphyridium* cinsleridir (Kyle ve Ratledge, 1992).

Alglerin yapısındaki çoklu doymamış yağlar kalp sağlığı, ateroskleroz, kan lipid değerleri üzerine olumlu etki göstermektedir (Yen vd., 2013). EPA'nın endişe, şizofreni ve depresyon gibi psikolojik sorunların tedavisinde kullanıldığı bildirilmiştir (Peet vd., 2001). Bağışıklık sistemini destekleyen ÇDYA'nın COVID-19 tedavisinde de alternatif olarak kullanılabileceği gösterilmiştir (Ziyaei vd., 2022). Tablo 2'de farklı alg kaynaklarının ÇDYA içeriği verilmiştir. Yapılan çalışmalarda beyin ve retina yapısını desteklemede DHA'nın, iskelet ve kas

dokusu için gerekli olan ARA'nın, meme kanseri, diyabet, hipertansiyon, obezite, alerji, nörolojik sorunların tedavisinde GLA'nın etkili olduğu bildirilmiştir (Fan ve Chapkin, 1998).

Sağlık üzerine olumlu etkileri ile birlikte, kozmetik alanda hammadde olarak kullanılmaktadır (Servel vd., 1994).

Tablo 2. Farklı alg kaynaklarının ÇDYA içeriği (Robertson vd., 2013)

Table 2. PUFA content of different algal sources (Robertson et al., 2013)

Alg türü	ÇDYA Çeşidi	ÇDYA İçeriği (Toplam yağ asitinin yüzdesi)
<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	EPA	9–57 (1,2)
<i>Cryptocodinium cohnii</i>	DHA	36–44 (3)
<i>Nannochloropsis</i> spp.	EPA	9–27 (4,5,6)
<i>Porphyridium</i> spp.	AA	22–35 (7,8)
	EPA	3–27 (9)
<i>Schizochytrium</i> spp.	DHA	33–37 (10)
<i>Isochrysis galbana</i>	EPA	12–27 (11)
	DHA	5–14 (11)

(1) Yongmanitchai vd., (1991), (2) Fernández vd., (2000), (3) de Swaaf vd., (1999), (4) Sukenik, (1991), (5) Fang vd., (2004), (6) Pal vd., (2011) (7) Nuutila vd., (1997), (8) Khozin vd., (1997), (9) Fábregas vd., (1998), (10) Yaguchi vd., (1997), (11) Qi vd., (2002).

1.1.4. Vitamin Mineral

"Vücudun temel ihtiyaçlarından biri vitamin ve minerallerdir. A, D, E, K, C, niacin, tiamin, riboflavin, piridoksin, biyotin, pantotenik asit, folik asit ve B12 elzem vitaminlerdir (Combs ve McClung, 2016). Sodyum, klor, kalsiyum, potasyum, magnezyum, fosfor ve kükürt gibi elementler makromineraleri, iyot, çinko, bakır, flor, krom, selenyum, demir gibi elementler ise iz elementleri oluşturmaktadır (Mason, 2007). Mikroalglerin besleyici içeriği, vitamin kompozisyonu genotip, şekil, sindirilebilirlik, büyüklük, biyokimyasal içerik, gelişim evresi, ışık, besin ortamı ve çevresel faktörlere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Gökpınar vd., 2013; Demiriz, 2008; Kurhan, 2012). Alglerin geneli B grubu vitaminleri ve C vitamini, demir, potasyum, kalsiyum, magnezyum mineralleri bakımından zengin içeriğe sahiptir (Aktar ve Cebe, 2010). En fazla A vitamini içeriğine sahip cinsler ise *Spirulina* spp., *Chlorella* spp. ve *Dunaliella* spp.dır (Tang ve Sulter, 2011).

Dunaliella tertiolecta, *Nannochloropsis oculata*, *Spirulina platensis*, *Tetraselmis suecica* ve *Euglena gracilis* ise zengin E ve C vitamini içeriğine sahiptir (Uma vd., 2022). Kalsiyum, potasyum, sodyum değeri yüksek olan algler kırmızı, yeşil ve kahverengi alg türleridir (Wells vd., 2017).

Demiriz Yücer ve Pabuçcu'nun (2024) *Cladophora fracta* var. *intricata* ile yaptıkları çalışmada türün yağ asitleri, vitamin değerleri ve antioksidan özellikleri araştırılmıştır. C vitamini 39,03 mg/kg, E vitamini 5,19 mg/kg ve A vitamini 19,25 mg/kg olarak tespit edilmiştir (Demiriz Yücer ve Pabuçcu, 2024).

Algler mineral bakımından zengindir. Alglerin bileşimindeki iyot seviyeleri türlerine göre değişiklik göstermektedir. *Saccharina latissima*, *Laminaria ochroleuca* türlerinin iyot seviyesi yüksekken *Ulva* sp., *Cystoseira usneoides* türlerinde bu seviye düşüktür (Cabrita vd., 2016). Bazı alg türlerinin vitamin ve mineral içerikleri Tablo 3'te bildirilmiştir.

Tablo 3. Bazı Alglerin Toplam Mineral (g/kg), Esansiyel Makromineral (g/kg) ve Temel Eser Element (mg/kg) Miktarları (Cabrita vd., 2016)**Table 3.** Total Mineral (g/kg), Essential Macromineral (g/kg) and Essential Trace Element (mg/kg) Amounts of Some Algae (Cabrita et al., 2016)

Alg Türü	Top.	Ca	P	Mg	Fe	I	Cu	Se
<i>Bifurcaria bifurcata</i>	17,2	9,08	1,97	5,25	258	253,8	0,857	0,714
<i>Codium adhaerens</i>	71	49,76	0,95	14,93	3501	475	2,633	2,658
<i>Codium vermilara</i>	24	6,83	1,24	14,61	98	75,4	0,594	0,164
<i>Fucus spiralis</i>	21,6	10,49	1,56	8,19	515	232,7	2,075	0,807
<i>Fucus guiryi</i>	18,9	8,95	1,90	7,02	132	273,4	2,09	0,905
<i>Sargassum vulgare</i>	33,9	27,21	1,06	4,05	436	583,0	8,679	1,447
<i>Saccharina latissima</i>	18,9	9,59	2,26	5,31	30	957,6	1,170	1,300

Makroalgler ise demir kaynağı olarak bilinmektedir (Cabrita vd., 2016). Bileşimlerinde bulunan demir miktarları metabolik ihtiyaçlarına göre değişkenlik göstermektedir (Cabrita vd., 2016). Ayrıca bu değişkenlik türü, kıyı sularının metal bileşimi ve coğrafi farklılıkları ile ilişkilendirilir (Cabrita vd., 2016; García-Casal vd., 2009). García-Casal vd.'nin (2009) yaptığı çalışmada bahar ve yaz aylarında *Gracilariopsis* spp., *Sargassum* spp. ve *Porphyra* spp. türlerinin demir içeriği en yüksek seviyede, sonbahar ve kış aylarında ise en düşük seviyede olduğu bildirilmiştir (García-Casal vd., 2009).

1.1.5. Pigment

Gıdaların görünümünde en dikkat çekici özelliği rengidir. Gıda sektöründe renklendiriciler doğal ve sentetik olmak üzere tıp, gıda, kozmetik, farmakoloji gibi geniş bir alana sahiptir (Erdal ve Gökmen, 2013). Yapılan bir çalışma sonucunda alglerin pigment özelliği sayesinde doğal renklendirici olarak kullanılabileceği bildirilmiştir (Dufossé vd., 2005).

Doğal pigment kaynakları olarak klorofil, fikobilin ve karotenoidler ele alınmaktadır (Kurhan, 2012). Fikoeritrin kırmızı, fikosiyenin mavi, fukoksantin sarı-kahverengi, klorofil c ise mavi-yeşil renk pigmentidir (Thomas ve Kim, 2013). Alg türlerinden *Dunaliella* spp. en iyi β -karotenoid kaynağıdır. β -karoten ise sarı-turuncu rengi ile margarin, meyve suları ve peynir gibi gıdalarda kullanılmaktadır (Çelikel vd., 2006). Ayrıca antioksidan ve A vitamini özelliği gıdalara içeriği zenginleştirici özellik katmaktadır (da

Costa Cardoso vd., 2017).

Alglerdeki pigmentler gıdalarda renklendirici olarak kullanılmalarının dışında, antioksidan, antitümör, antiobezite, antiinflamatuvar ve antidiyabet özelliklere sahip olduğu bildirilmiştir (Kumkapu ve Şahin-Yeşilçubuk, 2023). Karotenoid grubundan olan fukoksantin, kahverengi alglerde bulunan ve turuncu-kahverengi tonlarında renk veren, klorofil türevleri ile birlikte organizmaların kahverengi veya yeşil renkte görülmesini sağlayan bir pigmenttir (Chandini vd., 2008). Ketokarotenoid olarak bilinen astaksantin, zengin antioksidan içeriği sayesinde göz hastalıkları, deri hastalıkları, kalp hastalıkları, karaciğer hastalıkları, kanser, diyabet, metabolik sendrom üzerine olumlu etki göstermektedir (Batista vd., 2013). Fikobiliproteinler bazı kırmızı alglerde ve Cryptophyceae türlerinde bulunabildiği gibi, daha çok siyanobakterilerde mevcuttur (Glazer, 1994). Fikosiyenin antioksidan etkisi ve immün sistemi güçlendirici özelliği ile kozmetik alanında ve gıda renklendiricisi olarak kullanılmaktadır (Yaron ve Arad, 1993). Fukoksantin antioksidan, antihipertansif, antikanser, ateş düşürücü etkileri olduğu bildirilmiştir (Maeda vd., 2005; Heo vd., 2010).

1.1.6 Steroller

Hayvan dokularının ana sterolu kolesterol iken, bitki ve mantarların ana sterol bileşeni ise stigmasterol ve ergosteroldür (Hazra vd., 2017). Alglerin içeriğindeki bazı steroller fukosterol, kolesterol, izofukosterol, klionosterol ve

stigmasteroldür (İlter vd., 2016).

İzofukokolesterol, kolesterol ve sitosterol yeşil alglerde; kolesterol, brassikasterol ve fukolesterol kahverengi alglerde; kolesterol, desmosterol, sitosterol ve fukosterol ise kırmızı alglerde bulunmaktadır (Guedes vd., 2019). Mikroalglerin yapısında bulunan steroller bulunduğu besinin değerini artırıcı etki göstermektedir. İnsan vücudunda sentezlenmeyip dışarıdan alınması gereken fitosteroller antiinflamatuvar, antioksidan, antihipertansif, antidiyabet, antifungal etkilere sahiptir (Kim ve Tan, 2011; Freile-Peigrín ve Robledo, 2014). Fitosterollerden biri olan fukosterol yapısında bulunan antiinflamatuvar, antioksidan, kolesterol düşürücü etkilerine ek olarak antiobezite, antidiyabetik, antiaging, antikanser, antiAlzheimer, hepatoprotektif özelliklere sahiptir (Hannan vd., 2020). Fitosteroller, tıpkı vitaminler gibi bazı biyoaktif moleküllerin öncüsüdür. Bu özelliği nedeniyle farmasötik ve nutrasötik endüstrisinde etkilidir. Algal steroller bağırsaktan kolesterolün emilimini engelleyerek toplam ve LDL (low-density lipoprotein) kolesterol düzeylerini düşürmektedir (Francavilla vd., 2010). Alglerdeki sterol içeriği kuru yapıda %6,5'e yükseldiği, hatta yaz aylarında artış gösterdiği bildirilmiştir (Klein ve Davis, 2022). Mikroalglerde bulunan steroller, eklendiği ürünün besin değerini arttırmaktadır. Bu nedenle kullanımı gittikçe önem kazanmaktadır (Hernvez-Ledesma ve Herrero, 2014).

2. Sonuç

Algler göl, nehir ve atık su gibi su habitatlarında yaşayan fotosentetik organizmalardan bazılarıdır. Algler karbonhidrat, protein, lipid, vitamin, mineral, sterol, pigment gibi biyoaktif bileşimlere sahiptir. Çeşitli çevresel koşullara göre yapılarındaki biyoaktif bileşen içeriklerinde değişiklikler meydana gelmektedir. Yapılarındaki bileşenler sayesinde algler başta gıda sektörü olmak üzere her geçen gün farmakoloji, tıp, endüstri, kozmetik gibi pek çok alanda kullanımı yaygınlaşmaktadır. Günümüzde vitamin, mineral, ÇDYA besin takviyesi olarak, pigmentler ise gıda katkı maddesi olarak

kullanılmaktadır. Sağlık alanında kullanımı ise zengin antioksidan özellikleri ile kanser, kalp sağlığı, diyabet gibi kronik hastalıklarda olumlu etkiler göstermektedir. Yüksek değerlikli içeriği sürdürülebilir bir kaynak niteliği kazanmasını sağlamıştır. Gelecekte yaşanabilecek besin krizine karşı alternatif bir besin olarak düşünülmektedir.

Yazar katkısı (Author contribution)

Karakurluk, M: Tasarım ve dizayn, Veri toplama, Literatür taraması, Eleştirel inceleme, Demiriz Yücer, T: Fikir ve kavram, Denetleme ve Danışma.

Finansman beyanı

Bu araştırma herhangi bir fon kuruluşundan, ticari veya kar amacı gütmeyen sektörlerden özel bir hibe almamıştır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Etik standartlar

Bu çalışma için Etik Kurul Kararı gerekmemektedir.

Kaynaklar

- Aktar, S. ve Cebe, A.S. (2010). Alglerin genel özellikleri, kullanım alanları ve eczacılıktaki önemi. *Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Dergisi*, 39(3), 237–264.
http://dx.doi.org/10.1501/Eczfak_0000000568
- Akyıl, S., İlter, I., Koç, M., Kaymak-Ertekin, F. (2016). Alglerden Elde Edilen Yüksek Değerlikli Bileşiklerin Biyoaktif/Biyolojik Uygulama Alanları. *Akademik Gıda*, 14(4), 418-423.
- Altuner, Z, Pabuçcu, K, Türkekel, İ, (2002), Tohumuz Bitkiler Sistematiği (Algler), Altan Yayınları, Ankara.
- Aydın-Şişman G., “Mikroalg Teknolojisi ve Çevresel Kullanımı”, *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 4(1): 81- 92, (2019).

- Barka, A., Blecker, C. (2016). Microalgae as a potential source of single-cell proteins. *A review*. Base. <https://doi.org/10.25518/1780-4507.13132>
- Batista, A.P., Gouveia, L., Bvearra, N.M., Franco, J.M., Raymundo, A. (2013). Comparison of microalgal biomass profiles as novel functional ingredient for food products. *Algal Resource 2*: 164–73. <http://dx.doi.org/10.1016/j.algal.2013.01.004>
- Baytaşoğlu, H., Başusta, N. (2015). Deniz canlılarının tıp ve eczacılık alanlarında kullanılması. *Aquaculture Studies*, 15(2), 71-80. <http://dx.doi.org/10.17693/yunus.68862>
- Becker E.W. (2007). Micro-algae as a source of protein. *Biotechnology advances*, 25(2), 207–210. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2006.11.002>
- Bleakley, S., Hayes, M. (2017). Algal Proteins: Extraction, Application, and Challenges Concerning Production. *Foods (Basel, Switzerland)*, 6(5), 33. <https://doi.org/10.3390/foods6050033>
- Cabrera, A.R., Maia, M.R., Oliveira, H.M., Sousa-Pinto, I., Almeida, A.A., Pinto, E., Fonseca, A.J. (2016). Tracing seaweeds as mineral sources for farm-animals. *Journal of applied phycology*, 28, 3135-3150. <http://dx.doi.org/10.1007/s10811-016-0839-y>
- Chandini, S.K., Ganesan, P., Bhaskar, N. (2008). In vitro antioxidant activities of three selected brown seaweeds of India. *Food Chemistry* 107(2): 707- 713. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.08.081>
- Cirik, Ş., Cirik, S. (2011). Su Bitkileri I-Deniz Bitkilerinin Biyolojisi, Ekolojisi Ve Yetiştirme Teknikleri, *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları*, 58, 135-145.
- Combs Jr, G.F., McClung, J.P. (2016). The vitamins: fundamental aspects in nutrition and health. Academic press.
- Çelikel, N., Kınık, Ö., Gönç, S., Kavas, G. (2006). Mikroalglerin gıdalarda renk verici madde (pigment) kaynağı olarak kullanımı. *Türkiye*, 9, 24-26.
- Çılgin, E. (2015). 3. Nesil biyoyakıt teknolojisi alglerin bir dizel motorunda performans ve egzoz emisyonlarına etkisinin araştırılması. *Journal of the Institute of Science & Technology/Fen Bilimleri Estitüsü Dergisi*, 5(3).
- D'Souza, F.M.L., Kelly, G.J., (2000). Effects of a diet of a nitrogen limited alga (*Tetraselmis suecica*) on growth, survival and biochemical composition of tigerprawn (*Penaeus semisulcatus*) larvae. *Aquaculture* 181: 311-29. [http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486\(99\)00231-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00231-8)
- Da Costa Cardoso, L.A., Kanno, K.Y.F., Karp, S.G. (2017). Microbial production of carotenoids A review. *African Journal of Biotechnology*, 16(4), 139-146. <https://doi.org/10.5897/AJB2016.15763>
- De Swaaf, M. E., de Rijk, T. C., Eggink, G., & Sijtsma, L. (1999). Optimisation of docosahexaenoic acid production in batch cultivations by *Cryptocodinium cohnii*. In *Progress in industrial microbiology* (Vol. 35, pp. 185-192). Elsevier.
- Demiriz, T., (2008). Bazı Alglerin Antibakteriyal Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, *Ankara Üniversitesi Biyoloji Anabilim Dalı*, Ankara.
- Demiriz Yücer T., Pabuçcu, K. (2024). Fatty acids, Vitamins and Antioxidant Properties of *Cladophora fracta* var. *intricata*. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 14(1), 87-95. <https://doi.org/10.21597/jist.1362003>
- Dufossé, L., Galaup, P., Yaron, A., Arad, S. M., Blanc, P., Murthy, K. N. C., Ravishankar, G. A. (2005). Microorganisms and microalgae as sources of pigments for food use: a scientific oddity or an industrial reality? *Trends in Food Science and Technology*, 16(9), 389-406. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2005.02.006>
- Eleren, S.Ç., Öner, B. (2019). Sürdürülebilir ve çevre dostu biyoyakıt hammaddesi: Mikroalgler. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25(3), 304-319. <https://dx.doi.org/10.5505/pajes.2018.93992>

- Erdal, P., Ökmen, G. (2013). Gıdalarda kullanılan mikrobiyal kaynaklı pigmentler. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 6(2), 56-68.
- Fábregas, J., García, D., Morales, E., Domínguez, A., & Otero, A. (1998). Renewal rate of semicontinuous cultures of the microalga *Porphyridium cruentum* modifies phycoerythrin, exopolysaccharide and fatty acid productivity. *Journal of fermentation and bioengineering*, 86(5), 477-481.
- Fan, Y.Y., Chapkin, R.S. (1998). Importance of dietary gamma-linolenic acid in human health and nutrition. *The Journal of nutrition*, 128(9), 1411-1414. <https://doi.org/10.1093/jn/128.9.1411>
- Fang, X., Wei, C., Zhao-Ling, C., & Fan, O. (2004). Effects of organic carbon sources on cell growth and eicosapentaenoic acid content of *Nannochloropsis* sp. *Journal of Applied Phycology*, 16, 499-503.
- FAO, (2010). Algae-based biofuels: Applications and co-products. FAO Aquatic Biofuels Working Group, ISBN 978-92-5-106623-2, Rome, Italy.
- Fernández, F. A., Pérez, J. S., Sevilla, J. F., Camacho, F. G., & Grima, E. M. (2000). Modeling of eicosapentaenoic acid (EPA) production from *Phaeodactylum tricorutum* cultures in tubular photobioreactors. Effects of dilution rate, tube diameter, and solar irradiance. *Biotechnology and Bioengineering*, 68(2), 173-183.
- Francavilla, M., Trotta, P., & Luque, R. (2010). Phytosterols from *Dunaliella tertiolecta* and *Dunaliella salina*: a potentially novel industrial application. *Bioresource Technology*. 101, 4144- 4150.
- Freile-Pelegrín, Y., Robledo, D. (2014). Bioactive Compounds from Marine Foods: Plant and Animal Sources, John Wiley & Sons, Ltd, ISBN: 9781118412848
- García-Casal, M.N., Ramírez, J., Leets, I., Pereira, A.C., Quiroga, M.F. (2009). Antioxidant capacity, polyphenol content and iron bioavailability from algae (*Ulva* sp., *Sargassum* sp. and *Porphyra* sp.) in human subjects. *The British journal of nutrition*, 101(1), 79-85. <https://doi.org/10.1017/S0007114508994757>
- Glazer, A.N., (1994). Phycobiliproteins a family of valuable, widely used fluorophores. *Journal of Applied Phycology* 6: 105-112. <http://dx.doi.org/10.1007/BF02186064>
- Gouveia, J. D., Ruiz, J., van den Broek, L. A., Hesselink, T., Peters, S., Kleinegris, D. M., ... & Wijffels, R. H. (2017). *Botryococcus braunii* strains compared for biomass productivity, hydrocarbon and carbohydrate content. *Journal of biotechnology*, 248, 77-86.
- Gökıınar, Ş., Işık, O., Göksan, T., Durmaz, Y., Uslu, L., Ak, B., Önalın, S.K. and Akdođan, P. (2013). Algal biyoteknoloji alışmaları. *Aquaculture Studies*, 2013(4). <https://doi.org/10.17693/yunusae.v2013i21903.235409>
- Grossmann, L., Ebert, S., Hinrichs, J., & Weiss, J. (2018). Effect of precipitation, lyophilization, and organic solvent extraction on preparation of protein-rich powders from the microalgae *Chlorella protothecoides*. *Algal research*, 29, 266-276.
- Guedes, A.C., Amaro, H.M., Sousa-Pinto, I., Malcata, F.X. (2019). Algal spent biomass—A pool of applications. In *Biofuels from algae*, Edited by A. Pandey, Elsevier, Amsterdam, pp. 397-433.
- Gupta, S., Gupta, C., Garg, A.P., Prakash, D. (2017). Probiotic efficiency of blue green algae on probiotics microorganisms. *Journal of Microbiology and Experimentation*, 4(4): 00120. <https://doi.org/10.15406/jmen.2017.04.00120>
- Hannan, M.A., Sohag, A.A.M., Dash, R., Haque, M.N., Mohibullah, M., Oktaviani, D.F., Moon, I.S. (2020). Phytosterols of marine algae: Insights into the potential health benefits and molecular pharmacology. *Phytomedicine*, 69, 153-201.
- Hazra, S., Ghosh, S., Hazra, B. (2017). Phytochemicals with Antileishmanial Activity: Prospective Drug Targets. In *Studies in Natural Products Chemistry*, Edited by A. Rahman, Elsevier, Amsterdam, pp. 303-336.

- Heo, S.J., Yoon, W.J., Kim, K.N., Ahn, G.N., Kang, S.M., Kang, D.H., Affan, A., Oh, C., Jung, W.K., Jeon, Y.J. (2010). Evaluation of anti-inflammatory effect of fucoxanthin isolated from brown algae in lipopolysaccharide-stimulated RAW 264.7 macrophages. *Food and chemical toxicology: an international journal published for the British Industrial Biological Research Association*, 48(8-9), 2045–2051.
<https://doi.org/10.1016/j.fct.2010.05.003>
- Heo, Y. M., Lee, H., Lee, C., Kang, J., Ahn, J. W., Lee, Y. M., ... & Kim, J. J. (2017). An integrative process for obtaining lipids and glucose from *Chlorella vulgaris* biomass with a single treatment of cell disruption. *Algal research*, 27, 286-294.
- Hernveez-Ledesma, B., Herrero M., (2014). *Bioactive Compounds from Marine Foods: Plant and Animal Sources*. 1st ed. John Wiley & Sons Ltd; Chichester, UK pp. 173–187.
- İlter, I., Akyıl, S., Koç, M., Kaymak-Ertekin, F. (2016). Alglerden elde edilen stabilize edici maddeler. *Akademik Gıda*, 14(3), 315-321.
- Keskinkaya, H.B., Akköz, C. (2018). Alglerden Elde Edilen Sekonder Metabolitler ve Biyoaktif Özellikleri. Presented at the IV. International Academic Research Congress 2018.
- Khalil, Z. I., Asker, M. M., El-Sayed, S., Kobbia, I. A. (2010). Effect of pH on growth and biochemical responses of *Dunaliella bardawil* and *Chlorella ellipsoidea*. *World journal of microbiology and biotechnology*, 26(7), 1225–1231.
<https://doi.org/10.1007/s11274-009-0292-z>
- Khichi, S. S., Anis, A., & Ghosh, S. (2018). Mathematical modeling of light energy flux balance in flat panel photobioreactor for *Botryococcus braunii* growth, CO₂ biofixation and lipid production under varying light regimes. *Biochemical Engineering Journal*, 134, 44-56.
- Khozin, I., Adlerstein, D., Bigongo, C., Heimer, Y. M., & Cohen, Z. (1997). Elucidation of the biosynthesis of eicosapentaenoic acid in the microalga *Porphyridium cruentum* (II. Studies with radiolabeled precursors). *Plant Physiology*, 114(1), 223-230.
- Kim, S. K., Ta, Q. V. (2011). Potential beneficial effects of marine algal sterols on human health. *Advances in food and nutrition research*, 64, 191–198.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-387669-0.00014-4>
- Klein, B., Davis, R. (2023). Algal Biomass Production via Open Pond Algae Farm Cultivation: 2022 State of Technology and Future Research (No. NREL/TP-5100-85661). National Renewable Energy Laboratory (NREL), Golden, CO (United States).
- Kumkapu, M., Şahin-Yeşilçubuk, N. (2023). Sürdürülebilir gıda, gıda takviyesi ve gıda katkı maddesi üretiminde alglerin önemi. *Akademik Gıda*, 21(2), 187-197.
<https://doi.org/10.24323/akademik-gida.1351186>
- Kurhan, S., (2012). Fulvik ve Humik Asidin *Chlorella vulgaris* ve *Spirulina platensis* Gelisimine Etkisinin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Kyle, D. J., Ratledge, C. (1992). Industrial applications of single cell oils. AOCS Publishing. ISBN: 9781003041009
- Kyle, D., (2001). The large-scale production and use of a single-cell oil highly enriched in docosahexaenoic acid. *ACS Symposium Series* 788: 92–107.
<http://dx.doi.org/10.1021/bk-2001-0788.ch008>
- Li, Y., Xu, H., Han, F., Mu, J., Chen, D., Feng, B., & Zeng, H. (2015). Regulation of lipid metabolism in the green microalga *Chlorella protothecoides* by heterotrophy–photoinduction cultivation regime. *Bioresource technology*, 192, 781-791.
- Maeda, H., Hosokawa, M., Sashima, T., Funayama, K., Miyashita, K. (2005). Fucoxanthin from edible seaweed, *Undaria pinnatifida*, shows antiobesity effect through UCP1 expression in white adipose tissues. *Biochemical and biophysical research communications*, 332(2), 392–397.
<https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2005.05.002>

- Makri, A., Bellou, S., Birkou, M., Papatrehas, K., Dolapsakis, N.P., Bokas, D., Papanikolaou, S. Aggelis, G. (2011). Lipid synthesized by micro-algae grown in laboratory and industrial-scale bioreactors. *Engineering in Life Sciences* 11(1): 52-58. <http://dx.doi.org/10.1002/elsc.201000086>
- Mason, J.B. (2007). Vitamins, trace minerals, and other micronutrients. *Cecil Textbook of Medicine* 23, 1626-1639. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-1-4377-1604-7.00225-6>
- McHugh, D.J., (2003). A guide to the seaweed industry. *FAO Fish Technology* 441: 1-105.
- Miao, X., & Wu, Q. (2006). Biodiesel production from heterotrophic microalgal oil. *Bioresource technology*, 97(6), 841-846.
- Nuutila, A. M., Aura, A. M., Kiesvaara, M., & Kauppinen, V. (1997). The effect of salinity, nitrate concentration, pH and temperature on eicosapentaenoic acid (EPA) production by the red unicellular alga *Porphyridium purpureum*. *Journal of biotechnology*, 55(1), 55-63.
- O'Sullivan, L., Murphy, B., McLoughlin, P., Duggan, P., Lawlor, P.G., Hughes, H., Gardiner, G.E. (2010). Prebiotics from marine macroalgae for human and animal health applications. *Marine drugs*, 8(7), 2038–2064. <https://doi.org/10.3390/md8072038>
- Øverland, M., Mydland, L.T., Skrede, A. (2019). Marine macroalgae as sources of protein and bioactive compounds in feed for monogastric animals. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(1): 13-24. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9143>
- Pal, D., Khozin-Goldberg, I., Cohen, Z., & Boussiba, S. (2011). The effect of light, salinity, and nitrogen availability on lipid production by *Nannochloropsis* sp. *Applied microbiology and biotechnology*, 90, 1429-1441.
- Peet, M., Brind, J., Ramchand, C. N., Shah, S., & Vankar, G. K. (2001). Two double-blind placebo-controlled pilot studies of eicosapentaenoic acid in the treatment of schizophrenia. *Schizophrenia research*, 49(3), 243–251. [https://doi.org/10.1016/s0920-9964\(00\)00083-9](https://doi.org/10.1016/s0920-9964(00)00083-9)
- Pérez, M. J., Falqué, E., Domínguez, H. (2016). Antimicrobial Action of Compounds from Marine Seaweed. *Marine drugs*, 14(3), 52. <https://doi.org/10.3390/md14030052>
- Qi, B., Beaudoin, F., Fraser, T., Stobart, A. K., Napier, J. A., & Lazarus, C. M. (2002). Identification of a cDNA encoding a novel C18-Δ9 polyunsaturated fatty acid-specific elongating activity from the docosahexaenoic acid (DHA)-producing microalga, *Isochrysis galbana*. *FEBS letters*, 510(3), 159-165.
- Robertson, R., Guihéneuf, F., Schmid, M., Stengel, D.B., Fitzgerald, G., Ross, P., Stanton, C. (2013). Polyunsaturated Fatty Acids: Sources, Antioxidant Properties and Health Benefits, Nova Science Publishers, Inc. ISBN: 1629481513.
- Rose, P.D., Brady, D., Letebele, B., Duncan, J.R. (1994). Bioaccumulation of metals by *Scenedesmus*, *Selenastrum* and *Chlorella* algae. *Water Sa*, 20(3), 213-218.
- Servel, M.O., Claire, C., Derrien, A., Coiffard, L., De Roeck-Holtzhauer, Y. (1994). Fatty acid composition of some marine microalgae. *Phytochemistry* 36(3): 691-693. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(00\)89798-8](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(00)89798-8)
- Sjors, V.I., Alessvero, F. (2010). Algae based biofuels, Applications and co-products. Environment and natural resources management working paper. Environment Climate Change. *Bioenergy Monitoring and Assessment*. <http://www.fao.org/3/a-i1704e.pdf>.
- Stiger-Pouvreau, V., Bourgougnon, N., Deslandes, E. (2018). Seaweed in Health and Disease Prevention, Academic Press, ISBN: 978-0-12-802772-1, English.
- Sukenik, A. (1991). Ecophysiological considerations in the optimization of eicosapentaenoic acid production by *Nannochloropsis* sp. (Eustigmatophyceae). *Bioresource Technology*, 35(3), 263-269.
- Tang, G., Suter, P.M. (2011). Vitamin A, nutrition, and health values of algae: *Spirulina*, *Chlorella*, and *Dunaliella*.

- Journal of Pharmacy and Nutrition Sciences*, 1(2), 111-118.
<http://dx.doi.org/10.6000/1927-5951.2011.01.02.04>
- Thomas, N.V., Kim, S.K., (2013). Beneficial effects of marine algal compounds in cosmeceuticals, *Marine Drugs*, 11.
<https://doi.org/10.3390%2Fmd11010146>
- Uma, V.S., Usmani, Z., Sharma, M., Diwan, D., Sharma, M., Guo, M., Gupta, V.K. (2022). Valorisation of algal biomass to value-added metabolites: Emerging trends and opportunities. *Phytochemistry Reviews*, 1-26.
<https://doi.org/10.1007/s11101-022-09805-4>
- URL-1, (2019).
<https://www.birbes.com/?p=19005,14>
Mayıs 2024.
- Vehapi, M. (2016). Makro Ve Mikroalglerin Antimikrobiyal Ve Antioksidan Etkilerinin İncelenmesi / Makro Ve Mikroalglerin Antimikrobiyal Ve Antioksidan Aktivitelerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi. Türkiye.
- Villarruel-López, A., Ascencio, F., Nuño, K. (2017). Microalgae, a potential natural functional food source – a review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 67(4): 251-263.
<http://dx.doi.org/10.1515/pjfn-2017-0017>
- Wang, Y., Guo, W., Yen, H. W., Ho, S. H., Lo, Y. C., Cheng, C. L., ... & Chang, J. S. (2015). Cultivation of *Chlorella vulgaris* JSC-6 with swine wastewater for simultaneous nutrient/COD removal and carbohydrate production. *Bioresource technology*, 198, 619-625.
- Ward, O.P., Singh A., (2005). Omega-3/6 fatty acids: Alternative sources of production. *Process Biochemistry* 40: 3627-3652.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.procbio.2005.02.020>
- Wells, M.L., Potin, P., Craigie, J.S., Raven, J.A., Merchant, S.S., Helliwell, K.E., Smith, A.G., Camire, M.E., Brawley, S.H. (2017). Algae as nutritional and functional food sources: Revisiting our understanding. *Journal of Applied Phycology*, 29: 949-982. <https://doi.org/10.1007/s10811-016-0974-5>
- Xie, T., Xia, Y., Zeng, Y., Li, X., & Zhang, Y. (2017). Nitrate concentration-shift cultivation to enhance protein content of heterotrophic microalga *Chlorella vulgaris*: Over-compensation strategy. *Bioresource technology*, 233, 247–255.
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.02.099>
- Yaguchi, T., Tanaka, S., Yokochi, T., Nakahara, T., & Higashihara, T. (1997). Production of high yields of docosahexaenoic acid by *Schizochytrium* sp. strain SR21. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 74, 1431-1434.
- Yaron, A.S., Arad, M.S., (1993). Phycobiliproteins blue and red natural pigments for use in food and cosmetics. In: Food Flavors, Ingredients and Composition. *Developments in Food Science* (ed. G. Charalambous), Elsevier, London: 835–838.
- Yen, H.W., Chiang, W.C., Sun, C.H., (2012). Supercritical fluid extraction of lutein from *Scenedesmus* cultured in an autotrophical photobioreactor. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers* 43: 53–57.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jtice.2011.07.010>
- Yen, H.W., Hu, I.C., Chen, C.Y., Ho, S.H., Lee, D.J., Chang, J.S. (2013). Microalgae-based biorefinery—from biofuels to natural products. *Bioresource Technology*, 135, 166-174.
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2012.10.099>
- Yongmanitchai, W. A. R. D., & Ward, O. P. (1991). Growth of and omega-3 fatty acid production by *Phaeodactylum tricornutum* under different culture conditions. *Applied and environmental microbiology*, 57(2), 419-425.235
- Ziyaei, K., Ataie, Z., Mokhtari, M., Adrah, K., Daneshmehr, M.A. (2022). An insight to the therapeutic potential of algae-derived sulfated polysaccharides and polyunsaturated fatty acids: Focusing on the COVID-19. *International Journal of Biological Macromolecules*, 209, 244-257.
<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.03>