

## Alglerin Gıda veya Gıda Bileşeni Olarak Kullanımı ve Sağlık Üzerine Etkileri Use of Algae as Foods or Food Ingredients and Their Effects on Health

Aybüke SASA<sup>1</sup> , Fatiha ŞENTÜRK<sup>1</sup> , Yeşim ÜSTÜNDAĞ<sup>1</sup> , Fundagül EREM<sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup>Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Zonguldak

Received (Geliş Tarihi): 28.09.2020, Accepted (Kabul Tarihi): 08.11.2020  
Corresponding author (Sorumlu Yazar\*): fundagulerem@beun.edu.tr

### ÖZ

Artan nüfusla birlikte karşılaşılabilecek gıda yetersizliği ve dengesiz beslenme gibi sorunlar insanoğlunu alternatif kaynaklar bulmaya itmiştir. Bu bağlamda, algler sürdürülebilir gıda arzını sağlayabilmenin yanı sıra, yüksek besin içerikleri ve sağlık açısından faydalı yönleriyle dikkat çekmekte ve bu özellikleriyle aynı zamanda fonksiyonel gıda olmaya aday ürünler olarak değerlendirilmektedir. Alglerin ürettiği fonksiyonel bileşenlerin ilave edildiği gıdaların günlük olarak tüketilmesi sağlığı iyileştirip kronik hastalık riskini azaltabilmektedir. Asya ülkelerinde yüzyıllardır gıda olarak değerlendirilen algler artık dünyanın hemen hemen her bölgesinde gerek doğrudan gıda gerekse gıda katkı maddesi veya gıda takviyesi olarak kullanılmaya başlanmıştır. Algler gıda endüstrisi dışında tıp, eczacılık, tarım, hayvan beslenmesi, atıkların arıtılması, kozmetik, biyodizel üretimi gibi pek çok alanda yararlanılan önemli kaynaklar arasında yer almaktadır. Bu derlemede alglerin genel özellikleri, önemli bileşim öğeleri, doğrudan gıda olarak ya da gıdalarda kullanımlarına yönelik ve sağlığa faydalarıyla ilgili bilgiler özetlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Algler, biyoaktif bileşen, gıda, sağlık

### ABSTRACT

Problems such as food shortages and malnutrition that may be encountered with the increasing population have prompted mankind to seek out alternative food sources. In this context, algae are not only able to provide a sustainable food supply; they also attract attention with their high nutritional content and health benefits and are considered as candidates for functional foods with these properties. It is stated that consuming foods on a daily basis into which are incorporated functional ingredients produced by algae improves health and reduces the risk of chronic disease. Algae, having been evaluated as a food for centuries in Asia, have begun to be used in almost every region of the world as both a food and a food additive or food supplement. Aside from the food industry, algae are among the essential sources that are used in many fields such as medicine, pharmaceuticals, agriculture, animal nutrition, waste treatment, cosmetics, and biodiesel production. In this review, information related to the general properties and important ingredients of algae, their usage as food or in foods, and their health benefits have been summarized.

**Keywords:** Algae, bioactive compound, food, health

### GİRİŞ

Algler, dış görünüşleri bakımından tek hücreli ve iplikli mikroskobik formlardan birkaç metre boyunda bitkilere kadar değişik morfolojide gözlenebilen, selüloz çepiri bulunan, basit yapılı, gerçek kök, gövde ve yaprak yapısı göstermeyen talluslu yapıda ve çoğunlukla ökaryotik canlılardır. Genellikle okyanuslar, nehirler, tatlı su gölleri, çaylar, dereler, kutup gölleri, su birikintileri vb. sucul ve yarı sucul ortamlarda, çok geniş bir yayılma

alanında yaşayabilen algler ototrof ve fotosentetik organizmalardır (Yüksel, 2009; Ünver Alçay ve ark., 2017). Yapılarındaki pigmentleri sayesinde algler, karbondioksit ve suyu ışığın etkisi ile karbondioksitlere çevirerek hem su ortamındaki besin değerinin artmasını sağlayıp birçok sucul canlıların besin kaynağını oluşturur hem de sudaki çözünmüş oksijen oranının artmasını sağlar (Duan, 2013). Ayrıca tüm dünyanın ihtiyacı olan fotosentetik karbon ihtiyacının üçte ikisini üretmeleri nedeniyle, tüm ekosistemin bütünlüğünü korumaları açısından da algler oldukça önemlidir (Oğur, 2016).

Aybüke SASA, <https://orcid.org/0000-0002-7094-3069>  
Fatih ŞENTÜRK, <https://orcid.org/0000-0001-6406-0633>  
Yeşim ÜSTÜNDAĞ, <https://orcid.org/0000-0002-4483-4686>  
Fundagül EREM, <https://orcid.org/0000-0003-1562-0686>

Algler, gıda zincirinin en önemli üreticilerindedir. Genellikle ada ülkelerinde ve Uzak Doğu'da besin olarak kullanılmaları nedeniyle alglere olan ilgi artmaktadır. Yapılan çalışmalar deniz yosunlarının yüksek besin değerine sahip olduğunu göstermektedir. Uygun şartlarda ağırlıklarını bir günde 2-3 katına çıkarabilmeleri, üretimlerinin kolay ve ekonomik olması, yan etkilerinin bulunmaması gibi nedenlerle alglerin gelecekte besin ihtiyacının karşılanmasında önemli bir kaynak olması mümkün görünmektedir (Güner, 1994; Ünver Alçay ve ark., 2017). Bölünerek çoğalmaları nedeniyle çok hızlı biyokütle artışı gösteren alglerden yağ ve yağ asitleri, protein, karbonhidrat (şekerler), pigment, mineral, vitamin, sterol, antioksidan ve biyoaktif polifenoller gibi metabolitler üretilmektedir (Aktar ve Cebe, 2010).

Bilinen 200,000'den fazla farklı alg türü olmasına rağmen, bunlardan yaklaşık sadece 200 tanesi endüstriyel düzeyde kullanılmaktadır (Akyıl ve ark., 2016). Dünya genelinde 2018 yılında yaklaşık 32 milyon ton sucul alg hasadı (yabani ve kültürel) yapıldığı ve bunun %97.1'lik kısmını deniz yosunlarının oluşturduğu, üretimde Doğu ve Güneydoğu Asya ülkelerinin hakim konumda olduğu bildirilmektedir (FAO, 2020).

Algler geçmişten günümüze birçok alanda çeşitli amaçlarla kullanılmıştır (Baytaşoğlu ve Başusta, 2015). Tarım, hayvan beslenmesi, atıkların arıtılması, akuakültür, kozmetik, biyodizel üretimi, tıp ve eczacılık alglerin yaygın kullanıldığı alanlardır (Charrier ve ark., 2017; FAO, 2018). Son yıllarda deniz alglerinin, ısıtılmış deniz suyu, deniz çamuru ve kum ile birlikte yeniden canlandırma terapisi denilen Talassoterapi yöntemiyle insanların genç ve zinde kalmaları için kullanıldıkları da bildirilmektedir (Durucan ve Turna, 2014; Turan ve Cirik, 2018). Ayrıca alglerin sulu çözeltilerden toksik altı değerlikli krom bileşiklerinin (Gurbuz, 2009), atık sulardan siyanürün uzaklaştırılmasında oldukça etkili biyomateryaller olduğu (Gurbuz ve ark., 2009), toksik bileşenlerin uzaklaştırılmasında uygulanan geleneksel kimyasal proseslere göre alg kullanımının daha ekonomik ve çevre dostu olduğu ifade edilmektedir (Gurbuz ve ark., 2004).

Dünya nüfusu mevcut büyüme hızıyla artmaya devam ederse, 2050 yılında nüfusun 9.8 milyar olacağı ve bunun da gıda yetersizliği, enerji krizleri, küresel ısınma, sera etkisi, toksik gaz emisyonu, iklim değişiklikleri gibi çeşitli sorunları beraberinde getireceği tahmin edilmektedir (Aratboni ve ark., 2019). Artan nüfusa bağlı olarak ileride yaşanabilecek gıda yetersizliği ve dengesiz beslenme sorunları nedeniyle insanlar alternatif kaynaklar bulmaya yönelmiştir. Ayrıca tarım alanlarının ve taze su kaynaklarının azalması da okyanusları, insanlığın yararına kullanmak adına, cazip

bir alternatif haline getirmiş (Kazir ve ark., 2019) ve bu sebeple mikroalg ve makroalg üretimi önem kazanmıştır. Algler protein, polisakkarit, lipit, vitamin, mineral, amino asit, yağ asidi, karotenoid gibi bileşenleri yüksek oranda içermeleri sebebiyle ve ürettikleri biyoaktif bileşenler sayesinde gıda olarak ve gıdalarda kullanıma uygun kaynaklar olarak ön plana çıkmaktadır (Ranga Rao ve Ravishankar, 2018).

Algler; antioksidan, antibakteriyel, antiviral, antikanserijen vs. gibi geniş biyolojik etkinliklere sahip çok sayıda biyoaktif moleküller içermektedir. Eczacılıkta etkin ve yardımcı madde olarak kullanılan fikokolloidler deniz alglerinden elde edilmektedir (Aktar ve Cebe, 2010; Ranga Rao ve Ravishankar, 2018). Bunun yanında alglerin bulundurduğu antioksidan bileşikler, metabolizmanın işleyişi sırasında oluşan ve bazı kronik hastalıkların başlatıcısı olan serbest radikallerle mücadelede önemli yer tutmaktadır (Baytaşoğlu ve Başusta, 2015).

Bu çalışmanın amacı, birçok farklı endüstri dalında kullanılabilen alglerin genel özelliklerini, gıdalardaki kullanım olanaklarını ve sağlık üzerine olan etkilerini derlemektir.

## ALGLERİN SINIFLANDIRILMASI

Algler genel olarak boyutlarına göre makroalgler ve mikroalgler, içerdikleri pigment maddelerine göre ise kahverengi, kırmızı, yeşil algler ve siyanobakteriler olmak üzere iki farklı şekilde sınıflandırılmaktadır (Ak, 2015; Ünver Alçay ve ark., 2017).

Makroalgler çok hücreli, hızlı-büyüyen, büyük boyutlu, çıplak gözle görülebilen (Khan ve ark., 2018), bitki-benzeri protistaların farklı bir grubu olup kendi içinde kahverengi (*Phaeophyta*), yeşil (*Chlorophyta*) ve kırmızı algler (*Rhodophyta*) olarak sınıflandırılmaktadır. Sahip oldukları renkler, içerdikleri farklı pigmentlerden ileri gelmektedir (Villarruel-López ve ark., 2017; Øverland ve ark., 2019). Genellikle kıyıya yakın zonlarda bulunan (El Gamal, 2010), boyutları türe göre 1-2 cm ile 40-50 m arasında değişen makroalgler; sucul canlılar için beslenme, barınma ve üreme ortamını oluşturan bitkisel organizmalardır (Ak, 2015).

Yaygın olarak "deniz yosunları" veya "deniz sebzeleri" olarak bilinen makroalgler (Paiva ve ark., 2017), insanoğlu tarafından nesiller boyunca gıda, toprak düzenleyici ya da gübre olarak kullanılmıştır. Günümüzde ise temel pazarı Asya olmak üzere makroalglerden gıda, gübre, fikokolloid ve kozmetik bileşeni olarak yararlanılmaktadır. Buna rağmen makroalgler yine de "yeterince kullanılmayan" kaynaklar olarak değerlendirilmekte (Milledge ve Harvey, 2016) ve endüstriyel

olarak üretimleri beklenen seviyelerde olmamaktadır (Barka ve Blecker, 2016).

Makroalglerin bazı güvenlik riskleri de bulunmaktadır. Arsenik, kadmiyum, kromiyum, nikel, vanadyum, cıva, kurşun gibi ağır metal; radyoaktif izotop; dioksin; pestisid; kainik asit ile lektin, florotanin, fitik asit, tripsin, amilaz inhibitörü gibi bazı anti-besinsel faktörleri aşırı miktarda içerebilmeleri nedeniyle özellikle gıda ve yem amaçlı kullanımlarından önce makroalglerin gerekli testlerden geçirilmesi hususunda dikkatli olunması gerektiği bildirilmektedir (Garcia-Vaquero ve Hayes, 2016; Circuncisão ve ark., 2018).

Mikroalgler mikroskopik canlılar olup, siyanobakteriler (*Chloroxybacteria*) gibi prokaryot veya yeşil algler (*Chlorophyta*) gibi ökaryotik olabilmektedir (Khan ve ark., 2018). Mikroalgler, hızlı bir şekilde çoğalabilmekte ve tek hücreli veya basit çok hücreli yapıları sayesinde olumsuz şartlarda bile yaşayabilmektedir (Mata ve ark., 2010; Elcik ve Çakmakçı, 2017). Çapı veya uzunluğu yaklaşık 3-10 µm olan mikroalgler lipid, protein, karbonhidrat, pigment ve polimer gibi yüksek besin değeri ve terapötik (tedavi edici) fonksiyonları olan biyo-bileşikler sentezlemek ve geliştirmek için ışık enerjisi ve karbon dioksit, azot, fosfor gibi inorganik besinleri kullanan ototrofik mikroorganizmalardır (De Morais ve ark., 2015).

Mikroalgler hem kıyıya yakın hem de derin zonlarda fitoplanktonlar olarak bulunmaktadır. Fitoplanktonları diatom, dinoflagellat, yeşil ve sarı-kahverengi flagellatlar ve mavi-yeşil algler (*Cyanophyceae*) gibi organizmalar oluşturmaktadır (El Gamal, 2010). Genel olarak mikroalgler kendi içlerinde içerdikleri pigmentlere göre kırmızı, yeşil, kahverengi (esmer) ve mavi-yeşil algler olarak sınıflandırılmaktadır (Dineshkumar ve ark., 2017).

Mikroalg sınıfları içerisinde prokaryotik organizmaları içeren tek grup mavi-yeşil alglerdir. Hücrelerinde çekirdek ve plastid çeperinin bulunmaması; mitokondri, golgi aygıtı ve vakuole sahip olmamaları ve cinsiyetin görülmemesinden dolayı mavi-yeşil algler, bakteriyologlar tarafından *Cyanobacteria* bölümünde sınıflandırılmaktadır (Ak ve Cirik, 2017). Bu grup algler, sentezledikleri protein, karbonhidrat, lipid, vitamin, enzim ve diğer biyoaktif bileşikler (antibiyotik, algisit, toksin, farmasötik olarak aktif bileşikler ve bitki gelişimi düzenleyiciler) açısından insanlar ve hayvanlar için büyük önem arz etmektedir (Demiriz, 2008). Diğer yandan, siyanotoksin üretme yeteneğine sahip olduklarından, bu türler insanlar ve yaban hayvanları için zararlı da olabilmekte (Rücker ve ark., 2007; Dumlupınar, 2012), bu toksinlerin bulunduğu suyu içen herhangi bir canlının ölümüne yol açabilmektedirler. Bu nedenle dikkatli olunması gereken türlerdir (Demiriz, 2008). Siyanobakteriyel toksinler kimyasal olarak sitotoksin ve biyotoksin olmak

üzere 2 gruba ayrılmaktadır. Sitotoksinler hücre zarının geçirgenliğini ve dolayısıyla bütünlüğünü bozarak hücre yapısına zarar verir, gastrointestinal hastalıklara neden olur (Ilieva ve ark., 2019). Biyotoksinler fizyolojik olarak, sinir sistemini etkileyen nörotoksinler, karaciğeri etkileyen hepatotoksinler ve tahriş edici etki gösteren dermatotoksinler olmak üzere 3 gruba ayrılmaktadır (Dumlupınar, 2012). Diğer yandan siyanobakteriyel toksinlerin antikanser etkisinin olduğu (Zanchett ve Oliveira-Filho, 2013) ve kanser hücrelerine karşı sitotoksik aktivite gösterebildiği de bildirilmektedir (Guedes ve ark., 2013).

## ALGLERİN ÖNEMLİ BAZI KİMYASAL BİLEŞİM ÖĞELERİ

Makroalglerin kimyasal kompozisyonu tür, hasat mevsimi, gelişme ortamı ve çevresel şartlara bağlı olarak önemli düzeyde farklılık göstermektedir. Küçük bir coğrafi bölgede bile alglerin büyüme hızı ve kimyasal bileşimi hasat mevsimi, güneş ışığı, tuzluluk, denizin derinliği, bölgesel su akıntıları veya su kültürü bitkilerine yakınlık gibi çeşitli faktörlere göre değişebilmektedir (Øverland ve ark., 2019). Mikroalglerin kimyasal kompozisyonu ise kültür yaşı ile çevre ve kültür koşullarındaki değişime bağlı olarak farklılık göstermektedir. Ayrıca sıcaklık, ışık yoğunluğu, besin ortamı gibi deneysel koşullar, bileşimi ölçmede kullanılan yöntem ve mikroalgin fizyolojik durumu da kimyasal bileşimi etkileyebilmektedir (Costard ve ark., 2012; Paes ve ark., 2016). Beş farklı mikroalg türünün kimyasal bileşimi üzerine gelişme evrelerinin etkisinin incelendiği bir çalışmada genellikle proteinlerin ek-sponansiyel fazda en yüksek seviyeye çıktığı, karbonhidrat içeriğinin gelişmeyle birlikte arttığı ancak toplam lipid ve kül içerikleri ile gelişme arasında bir ilişkinin olmadığı belirlenmiştir (Costard ve ark., 2012). Mikroalg olan *Chlorella vulgaris* ile yapılan bir çalışmada ise kültür koşullarının besin içeriğini etkilediği ve en belirgin etkiyi CO<sub>2</sub> eksikliğinin oluşturduğu saptanmıştır (Wild ve ark., 2019).

Tekli ve çoklu doymamış yağ asitlerini yüksek oranda içermelerine rağmen yağ içerikleri oldukça düşük olan makroalgler, karbonhidrat ve protein açısından oldukça zengin olup sağlıklı gıda kaynakları olarak bilinmektedir. Makroalgler, tüm esansiyel amino asitleri; A, C, E ve B-kompleksi vitaminleri ve Na, Mg, P, K, I, Fe, Zn gibi mineral maddeleri bünyelerinde barındırarak da karada yetişen sebzelerden büyük ölçüde farklılık göstermektedir (Osman ve ark., 2011; Circuncisão ve ark., 2018). Mikroalgler de benzer şekilde, protein, karbonhidrat, lipid, esansiyel amino asit, çoklu doymamış yağ asitleri, vitamin, mineral ve kalorisiz diyet lif gibi yüksek besin değerli bileşenleri sentezleme yetenekleri ile bilinmektedir (Sahay ve ark., 2016).

## Protein

Makroalgler mükemmel bir protein kaynağı olarak düşünüldüğünden, protein ihtiyacını karşılamada makroalglerin zamanla hayvansal ve bitkisel protein kaynaklarının yerlerini alması beklenmektedir (Garcia-Vaquero ve Hayes, 2016; Øverland ve ark., 2019). Diğer taraftan, gelecekte arz edilmesinde en çok sıkıntı yaşanacak besin kaynaklarının başında proteinlerin olabileceği tahmin edildiğinden, bu açıdan da alglerin alternatif kaynaklar olarak değerlendirilmesi önem arz etmektedir. Makro ve mikro alglerin protein oranının, geleneksel protein kaynakları olan et, süt, yumurta ve soyadaki protein oranıyla çok benzer olduğu (Bleakley ve Hayes, 2017) ve hatta daha yüksek olabildiği (Barka ve Blecker, 2016), alglerin kuru bazda %50'den fazla protein içerebileceği (örneğin; *Arthrospira platensis*=*Spirulina* ve *Chlorella* türleri) bildirilmektedir (Wells ve ark., 2017; Kazir ve ark., 2019). Kahverengi makroalglerin protein içeriğinin genel olarak düşüken (kuru bazda %15'den düşük), yeşil ve özellikle de kırmızı alglerin (örneğin; *Porphyra* spp., *Pyropia* spp., *Palmaria palmata*, *Ulva* spp.) protein içeriğinin daha yüksek olduğu bildirilmektedir (Wells ve ark., 2017; Øverland ve ark., 2019). Ayrıca makro- ve mikroalglerin esansiyel aminoasit içeriklerinin de geleneksel kaynaklarla karşılaştırılabilir düzeyde olduğu, hatta daha üstün seviyede olduğu bildirilmektedir (Barka ve Blecker, 2016; Wells ve ark., 2017; Øverland ve ark., 2019). Alglerin protein ve esansiyel amino asit içeriklerinin geleneksel kaynaklara çok benzer olması nedeniyle, algler vejetaryenler için önemli bir besin kaynağı olmaktadır (Villarruel-López ve ark., 2017). Protein üretiminde alglerin kullanılmasının verimlilik ve besin değeri açısından bazı avantajları da bulunmaktadır. Alglerin birim alan başına protein verimi buğday, baklagil gibi kara bitkilerine göre daha yüksektir. Ayrıca alglerin taze suya ve ekilebilir alana ihtiyaç duymaması da diğer bir avantajdır (Bleakley ve Hayes, 2017).

## Karbonhidrat

Mikroalglerin genel olarak kuru ağırlık bazındaki karbonhidrat içeriği yaklaşık olarak %10 seviyelerindedir. Karbonhidratın miktarı ve tipi, türe bağlı olarak değişmekle birlikte mikroalglerde en fazla bulunan karbonhidrat monomerleri glukoz, rhamnoz, ksiloz ve mannozdur. Mikroalgler di-, oligo- ve polisakkaritleri de içermelerine karşılık hemiselüloz ve lignin içermezler (Villarruel-López ve ark., 2017). Makroalgler ise polisakkarit açısından oldukça zengindir ve kuru bazda %4-76 arasında değişen miktarlarda polisakkarit içerebilmektedirler. *Ascophyllum* spp., *Porphyra* spp., *Palmaria* spp. ve *Ulva* spp. en yüksek polisakkarit içeriğine sahip türlerdir (Stiger-Pouvreau ve ark., 2018). Alg polisakkaritleri en yaygın olarak, fakat çoğunlukla farkında olmadan tüketilen alg kökenli

bileşenler olup alg polisakkaritleri olarak bilinen agar, alginat, agaroz ve karragenan gibi hidrokolloidler çeşitli içeceklere, et ve süt ürünlerine katkı maddesi olarak ilave edilmekte, eczacılık ve kozmetik gibi alanlarda kullanılmaktadır (Yeşilova, 2014; Wells ve ark., 2017; Stiger-Pouvreau ve ark., 2018). Genel olarak yeşil makroalgler sülfatlanmış polisakkarit, sülfatlanmış galaktan ve ksilan içerirken; kahverengi algler aljinik asit, fukoidan ve laminaran; kırmızı algler ise agar, karragenan, ksilan, floridean-niştasta, suda çözünbilir sülfatlanmış galaktan ve porfiran içermektedir (Stiger-Pouvreau ve ark., 2018). Ayrıca alglerin içerdikleri oligo- ve polisakkaritler sayesinde prebiyotik etki göstererek bağırsak mikroflorasını iyileştirdiği (O'Sullivan ve ark., 2010), bu açıdan özellikle kahverengi deniz yosunlarının içerdiği fukoidan, laminaran ve alginatın özel bir önemi olduğu belirtilmektedir (Gupta ve ark., 2017; Lordan ve ark., 2020). *Arthrospira*, *Chlorella*, *Nannochloropsis*, *Dunaliella* gibi mikroalgler de içerdikleri oligo- ve polisakkaritler sayesinde potansiyel prebiyotikler olarak dikkate alınmaktadır (Gupta ve ark., 2017; Caporgno ve Mathys, 2018).

## Lipid

Mikroalglerin ürettiği lipidler; fosfolipid, glikolipid ve sfingolipid gibi polar ve triaçilgliserol, sterol, serbest yağ asitleri gibi polar-olmayan lipidler olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır (Kumari ve ark., 2013; Chen ve ark., 2018; Aratboni ve ark., 2019). Lipid içerikleri genellikle kuru ağırlık bazında %20-50 olan (Villarruel-López ve ark., 2017) mikroalglerin lipidlerinin zincir uzunluğu ve doymamışlık derecesi yüksek bitkilere göre daha üst seviyelerdedir (Kumari ve ark., 2013). Mikroalgler, özellikle n-3 serili (Omega-3), uzun zincirli çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) olan eikosapentaenoik asit (EPA) ve dokosaheksaenoik asit (DHA) gibi esansiyel besinsel öğeleri fazla miktarda içermeleri (Caporgno ve Mathys, 2018) sebebiyle balık yağına alternatif ürünler olarak değerlendirilebilmektedirler. Balık yağı EPA ve DHA açısından önemli bir kaynak olmasına rağmen, özellikle son zamanlarda dioksin ve ağır metal gibi çeşitli kirlenici unsur ve toksinlerin balıklarda birikim yapması ve balık yağı üretimi sırasında konsantrasyon olması nedeniyle alternatif kaynak olarak algler ön plana çıkmaya başlamıştır (Guschina ve Harwood, 2006; Mimouni ve ark., 2015). Omega-3 çoklu doymamış yağ asitleri açısından *Arthrospira*, *Chlorella*, *Dunaliella*, *Haematococcus*, *Schizochytrium*, *Porphyridium cruentum* ve *Cryptocodium cohnii* gibi mikroalgler önemli kaynaklar olarak düşünülmektedir (Caporgno ve Mathys, 2018). Makroalglerin ise lipid içeriklerinin düşük olmasına karşılık (kuru ağırlık bazında yaklaşık %5-10) (Maghraby ve Fakhry, 2015), çoklu doymamış yağ asitleri içeriği kara bitkileri ile eş düzeyde veya daha yüksektir (Ragonese ve ark., 2014). Makro- ve mikroalgler, yağ içerikleri nedeniyle biyoyakıt

üretiminde de kullanım olanağı bulunmaktadır (Maghraby ve Fakhry, 2015; Aratboni ve ark., 2019).

### Vitamin ve Mineral

Mikroalgler, belli başlı vitaminler açısından zengin kabul edilen birçok geleneksel ürüne göre bu vitaminleri çok daha fazla içermekte ve esansiyel olan bu mikrobesein öğeleri açısından mükemmel alternatif kaynaklar olarak değerlendirilmektedir. Düşük miktarlarda mikroalg tüketiminin bile, insan ve hayvanlarda vitamin ihtiyacını karşılayabileceği bildirilmektedir (Folarin ve Sharma, 2017). Mikroalgler; A, B1, B2, B3, B6, B12, C, E, biyotin, folik asit ve pantotenik asit açısından önemli kaynaklardır (Villarruel-López ve ark., 2017). Mineral madde yönünden değerlendirildiğinde mikroalgler Na, K, Ca, Mg, Fe, Zn ve iz elementler açısından dengeli bir içeriğe sahiptir. *Spirulina* gibi B12 ve Fe açısından zengin olan mikroalgler, vejetaryenler için önemli alternatiflerdir (Gouveia ve ark., 2008). Mineral maddeler söz konusu olduğunda makroalgler ön plana çıkmaktadır. Makroalglerin mineral içeriği, kara bitkilerine göre 10-100 kat daha fazla olabilmektedir. Yeşil algler Mg ve Fe, kırmızı algler Mn, kahverengi algler ise I açısından zengindirler. Kırmızı ve kahverengi alglerin Na, K ve Zn içeriği yeşil alglere göre daha fazladır (Circuncisão ve ark., 2018).

### Pigment

Mikroalg pigmentleri doğal olmaları ve sentetik renklendiriciler gibi toksik etkilerinin olmaması nedeniyle (Hu ve ark., 2018) gıda, tıp, eczacılık, akuakültür, kozmetik vs. birçok endüstri dalında yaygın olarak kullanılmaktadır. Klorofil, karotenoid ve fikobilinler (fikobiliprotein) mikroalglerde bulunan 3 temel pigmenttir. Klorofil ve karotenoid genellikle yağda, fikobilinler ise suda çözünebilmektedir (Begum ve ark., 2016). Klorofil türleri (a, b, c, d, f) içinde en yaygın olanları a ve b türleridir. Klorofil a, tüm fotosentetik organizmalarda; klorofil b, bitki ve yeşil alglerde; klorofil c, temel olarak dinoflagellatlarda; klorofil d, kırmızı alglerde; klorofil f ise siyanobakterilerde bulunmaktadır (Ferreira ve Sant'Anna, 2017). Karotenoidler arasında mikroalglerden elde edilen ve ticari değeri olan en önemli pigmentler astaksantin,  $\beta$ -karoten, lutein, likopen ve kantaksantindir. Endüstriyel uygulamalarda karotenoid eldesinde en çok yararlanılan mikroalg türleri *Chlorella*, *Spirulina*, *Dunaliella*, *Scenedesmus*, *Haematococcus*, *Botryococcus* ve *Diatom*'dur (Ambati ve ark., 2019; Pérez-Legaspi ve ark., 2019). Fikobilinler kendi içlerinde fikosiyanın, allofikosiyanın, fikoeritrin, fikoeritrosiyanın olmak üzere dört gruba ayrılmaktadır (Begum ve ark., 2016). Fikosiyanınlar mavi-yeşil alglerden, fikoeritrin ise kırmızı mikroalglerden elde edilmektedir (Alam ve

ark., 2018). Makroalglerde bulunan pigmentler de klorofil, karotenoid ve fikobilinlerdir (Vimala ve Poonghuzhali, 2015).

### ALGLERİN GIDA VEYA GIDA BİLEŞENİ OLARAK KULLANILMASI

#### Makroalgler

Deniz yosunları çok eski zamanlardan beri (resmi kayıtlara göre MÖ 600) Çin, Japonya ve Kore başta olmak üzere birçok Asya ülkesinde yüksek besin içeriği ve düşük kalori değeri nedeniyle besin maddesi olarak değerlendirilirken, batı ülkelerinde geleneksel olarak fikokolloid kaynağı ve hayvan yemi olarak kullanılmıştır (Paiva ve ark., 2016; Paiva ve ark., 2017). Asya'daki insanların dünyanın her tarafına göç etmesiyle birlikte deniz yosunlarının gıda olarak kullanılması geleneği de onlarla birlikte taşınmış ve bugün deniz yosunlarının tüketimine alışmış olan ülke sayısı artmıştır (Oğur, 2016). Ayrıca alglerin fonksiyonel özellikleri üzerine yapılan çalışmaların artması da batı ülkelerinde deniz yosunlarına karşı olan ilginin artmasında rol oynamıştır. Son yıllarda makroalg tüketiminin Avrupa ülkelerinde de arttığı belirtilmektedir. *Ulva* türü alglerin gıda olarak değerlendirilmesi için yasal düzenleme yapan ilk ülke Fransa iken, İspanya deniz yosunlarını "yeni gıda" olarak değerlendirmektedir. İrlanda, Fransa, İzlanda, Kanada, Amerika Birleşik Devletleri ve Galler de deniz yosunlarına yoğun ilgi gösteren ülkeler arasındadır (Garcia-Vaquero ve Hayes, 2016; Paiva ve ark., 2016; Paiva ve ark., 2017). Batı dünyasında deniz yosunlarının temel kullanım alanı genellikle hidrojel üretimi ile kısıtlı kalmıştır (Garcia-Vaquero ve Hayes, 2016). Ancak Avrupa'da, deniz yosununun gıda katkı maddesi olarak kullanılmasıyla üretilen ve pazara sunulan ürünlerin hızla artıyor (2011-2015 yılları arasında bu ürünlerdeki artış oranı %147) olması nedeniyle, Avrupa'nın en yenilikçi bölgelerden biri olarak dikkat çektiği bildirilmektedir (Afonso ve ark., 2019). Besinsel açıdan çok zengin olmaları, makroalglerin "21. yüzyılın gıda katkı maddesi" olarak düşünülmesini sağlamıştır (Kılınç ve ark., 2013). Besinsel değerlerinin yanı sıra makroalgler, "fonksiyonel gıda" olmaya aday ürünler olarak düşünülmekte (De Quirós ve ark., 2010) ve artan bir şekilde fonksiyonel gıda olarak dikkat çekip pazarlanmaktadır (Wells ve ark., 2017).

Deniz yosunları ve diğer algler henüz Dünya Gıda ve Tarım Örgütü'nün (FAO) Gıda Denge Cetvelleri'nde (Food Balance Sheet) yer almamaktadır. Ancak bu ürünler, Doğu Asya başta olmak üzere birçok kültür için önemli kaynaklar olup çorba, salata, güveç, suşi vb ürünlerde kullanılabilir. Dünyada 2018 yılında yetiştirilen 32,4 milyon ton deniz yosunundan bazı türlerin öncelikli olarak doğrudan insan gıdası olarak yetiştirildiği belirtilmektedir. Bunlara örnek olarak *Undaria pinnatifida*,

*Porphyra* spp., *Caulerpa* spp. verilebilir (FAO, 2018; FAO, 2020). Günümüzde makroalgler arasında en çok tüketilen türlerin sırasıyla kahverengi (%66.5), kırmızı (%33) ve yeşil (%5) algler olduğu bildirilmektedir (Afonso ve ark., 2019).

Kahverengi deniz yosunu olan *Laminaria* sp. (kombu), *Undaria* sp. (wakame), *Hizikia fusiforme* (hiziki), özellikle Çin ve Japonya gibi Asya ülkeleri için önemli kaynaklardır. Bu deniz yosunları, Güney Vietnam'da çiğ, haşlanarak ve kurutulularak, tatlandırılmış yeşil fasulye, jöle, kırık buz, hindistancevizi sütü ile birlikte tüketilmektedirler. *Laminaria* Japonya'da, *Undaria* ise Japonya, Çin ve Kore'de uzun yıllardır kullanılmaktadır. *Cladosiphon okamuranus* (mozuku), Japonya'da salata olarak değerlendirilmekte, at kuyruğu olarak bilinen *Sargassum* sp. Kore'de çorba olarak tüketilmekte veya işlendikten sonra soya sosuyla birlikte değerlendirilmektedir (Kılınç ve ark., 2013). *Fucus vesiculosus*, içerdiği florotanin ve antioksidan bileşikler sebebiyle oksidatif bozulmaları engellemek amacıyla birçok gıdada fonksiyonel bileşen olarak uygulama alanı bulmaktadır (Afonso ve ark., 2019). Ayrıca bazı çalışmalarda *F. vesiculosus*, bakteriostatik ve bakterisidal etki gösteren fukoidan bileşiği sayesinde istenmeyen mikroorganizmaların kontrol altına alınması için elma suyuna (Poveda-Castillo ve ark., 2018) ve ekmek hamurunun reolojik özelliklerini iyileştirmek amacıyla buğday ununa (Arufe ve ark., 2018) ilave edilmiş ve olumlu sonuçlar elde edilmiştir. *Himantalia elongata*'nın, gıdaların besinsel özelliklerini ve stabilitesini artırmak, duyuşal özellikleri iyileştirmek ve raf ömrünü uzatmak amacıyla birçok çalışmada değerlendirildiği bildirilmektedir. *Undaria pinnatifida* da benzer etkileri dolayısıyla daha çok et ve et bazlı ürünlerle ilgili çalışmalarda kullanılmıştır. *Laminaria* sp. ekonomik açıdan en önemli alg türlerinden biri olup, bunlardan dünya genelinde aljınat üretiminde hammaddenin kullanılmasıdır. Ancak fonksiyonel gıda katkısı olarak kullanımına ilişkin çalışmalar kısıtlı düzeydedir (Afonso ve ark., 2019). Kahverengi makroalglerden ve diatomlardan elde edilen bir karotenoid olan fukoksantin, endüstriyel olarak en çok *U. pinnatifida*'dan ekstrakte edilmektedir (Abu-Ghannam ve Shannon, 2017). Kahverengi alg ekstraktları içerdikleri fikokolloidler sayesinde dondurma ve peynir gibi süt ürünleri ile fırın ürünlerinde emülsifiye edici madde olarak kullanılabilir (Sudhakar ve ark., 2018). Makarnaya *U. pinnatifida* ilavesinin, makarnanın biyofonksiyonel özelliklerini geliştirdiği, nişasta ve protein matrisindeki interaksyonu artırdığı ve makarnanın kalitesini iyileştirdiği tespit edilmiştir (Prabhasankar ve ark., 2009). *Ascophyllum nodosum* tozunun ilave edildiği (%2-10) glutensiz ekmeklerde hacmin arttığı (%4 alj tozu ilavesi ile), ekmek iç renginin değiştiği, tekstürel özelliklerin iyileştiği ve antioksidan aktivitenin önemli düzeyde arttığı bildirilmiştir (Rózyto ve ark., 2017).

Yeşil deniz yosunu olan *Ulva* sp., *Enteromorpha* sp., *Monostroma* sp., *Caulerpa* sp., *Codium* sp., genellikle doğrudan gıda kaynağı olarak bilinmekte, özellikle Asya ülkelerinde çiğ, kurutulularak ya da pişirilerek tüketilmektedirler (Kılınç ve ark., 2013). "Deniz üzümü" veya "yeşil havyar" olarak bilinen *Caulerpa lentillifera* gıda olarak değerlendirilmektedir (Gomez-Zavaglia ve ark., 2019). *Ulva* türleri Japonya'da geleneksel olarak "aonori" şeklinde tüketilmektedir. Aonori, *Monostroma latissimum* ve *Enteromorpha prolifera* gibi yeşil algleri de içeren karışık tip bir üründür. "Deniz marulu" veya "yeşil laver" olarak bilinen *Ulva lactuca* (Yu-Qing ve ark., 2016), Avrupa'da salata ve çorbalarda kullanılmaktadır. Yapılan bir araştırmada, yüksek besinsel özellikleri nedeniyle *U. lactuca*'nın, insan beslenmesinde kullanılmak üzere mükemmel bir aday olduğu belirtilmiştir (Tabarsa ve ark., 2012). *U. lactuca* ekstraktının gıda muhafazasında kullanılabilecek potansiyel bir antioksidan olabileceği yönünde çalışmaların yapıldığı da bildirilmektedir (Yu-Qing ve ark., 2016). *Ulva* türlerinden elde edilen hidrokolloid olan ulvan, reolojik ve jelleşme özellikleriyle jelatinin yerini alabildiğinden, bu bileşenin et-türevi ürünlerde kullanılabilmesi belirtilmektedir (Vázquez-Rodríguez ve Amaya-Guerra, 2016).

Kırmızı deniz yosunu olan *Gelidium*, *Gracilaria* (ogo), *Pterocladis* ve diğer pek çok kırmızı alg, mikroorganizmalar için büyüme ortamı olan agar üretiminde kullanılmakta, diğer biyoteknolojik ve gıda uygulamalarında (kıvam artırıcı ve konserve etlerde koruyucu olarak) değerlendirilmektedir. *Euचेuma*, gıda kaynağı olarak değerlendirilmesinin yanı sıra kozmetik alanında, gıda işlemede ve endüstriyel uygulamalarda önemli bir ürün olan karragenan üretiminde kullanılmaktadır. Karragenan üretimi için *Betaphycus gelatinae*, *Euचेuma denticulatum* ve *Kappaphycus* cinsine ait pek çok türden yararlanılabilmektedir (Kılınç ve ark., 2013). Karragenan, gıda endüstrisinde emülsifiye edici madde olarak, yoğurt ve meyveli süt gibi süt ürünlerinde kıvam artırıcı olarak kullanılmaktadır (Sudhakar ve ark., 2018). "Nori" veya "laver" olarak bilinen kırmızı makroalg *Porphyra*, dünyada en yaygın tüketilen deniz yosunudur ve suşi hazırlamak üzere kurutulmuş, ince yapraklar halinde marketlerde satılmaktadır. [*Porphyra* genusunun yeniden değerlendirilmesi sonucu bu genusa ait bazı türler, *Pyropia* genusuna transfer edilmiştir. Bu nedenle bazı kaynaklarda *Porphyra* spp. (laver), *Pyropia* spp. (nori) ifadeleriyle karşılaşılabilmektedir. Fakat genel olarak laverin kırmızı yosun olan *Porphyra* ve *Pyropia* genuslarından elde edildiği ifade edilmektedir (Cho ve Rhee, 2020)]. Özellikle Japonya, Çin, Kore ve diğer Asya ve Batı Pasifik toplumlarında tüketilen nori ayrıca pilav, çorba ve salatalarda tamamlayıcı olarak da kullanılmaktadır (Levine ve Cheney, 1998; Jibril ve ark., 2016). *Porphyra* türlerinin ayrıca Galler'de geleneksel olarak "laver ekmeği" üretiminde kullanıldığı bilinmektedir (Fitzgerald ve ark.,

2011). *Palmaria palmata* (dulse), *Chondrus crispus* (Irish moss) doğrudan gıda olarak kullanılan türlerdir (Gomez-Zavaglia ve ark., 2019).

### Mikroalgler

Mikroalglerin gıda kaynağı ve gıda katkıları olarak kullanımını yüzyıllardır bilinmekte olup, ticari olarak büyük ölçekte üretimleri çok yakın geçmişe, 1950-1960'lı yıllara dayanmaktadır. Mikroalgler yeni gıda ürünlerinin geliştirilmesinde oldukça ilginç ve önemli biyolojik kaynaklar olarak düşünülmekte, biyokimyasal bileşimleri sayesinde geleneksel gıdaların besin değerlerini artırmak amacıyla kullanılabilen, zengin ve esansiyel besin içerikleri sayesinde insan sağlığını geleneksel ürünlere göre çok daha verimli şekilde olumlu olarak etkileyebilmektedir (Gouveia ve ark., 2008; Christaki ve ark., 2011; Niccolai ve ark., 2019). Mikroalglerin sentezlediği birçok metabolit, fonksiyonel gıda eldesinde önemli girdiler olabilmektedir (Ibañez ve Cifuentes, 2012; Niccolai ve ark., 2019). Tüketicilerin sentetik katkı maddeleri yerine doğal katkılara yönelmiş olmaları ve "temiz etiket" kavramının yaygınlaşmaya başlaması, mikroalg-kökenli bileşenlerin gıdalarda kullanılabilmesi yönünde yapılan araştırmalarda etkili olmuştur (Caporgno ve Mathys, 2018).

Mikroalglerin zengin bir besin içeriğine sahip olduğu bilinmesine rağmen, çeşitli gıda firmaları özellikle son on yılda mikroalg içeren ürün üretmeye başlamıştır. Ancak bunların çoğu genellikle gıda takviyesi olarak satılmaktadır. Mikroalg içeren gıdalar; bütün halde mikroalg biyokütlesini içeren gıdalar ve mikroalg-kökenli bileşenleri içeren gıdalar olmak üzere iki temel gruba ayrılmaktadır. Bütün halde mikroalg biyokütlesini içeren gıdalar ise mikroalg biyokütlesinin renklendirici amaçla kullanıldığı ve mikroalgin besinsel veya fonksiyonel özelliklerinden ileri gelen karakteristik özelliği nedeniyle kullanıldığı gıdalar olarak iki alt sınıfa ayrılmaktadır. Dünyada farklı ülkelerde mikroalg bazlı vegan yumurta ikamesi, spirulina dolgulu kraker, spirulina içeren organik salatalık ve avokado çorbası, çeşitli içecekler, atıştırmalıklar ve fırın ürünleri gibi çeşitli ticari ürünler piyasaya sürülmüştür (Lafarga, 2019). Türkiye'de ise toz veya kapsül halde spirulina satışı, spirulina katkılı vitamin takviyesi ve balık yemi olmakla birlikte, herhangi bir ticari gıda ürününe spirulina veya diğer mikroalglerin ilave edildiğine dair bir bilgiye rastlanmamıştır.

Mikroalg bazlı gıdaların kabul edilebilirliğini etkileyen önemli faktörün toplumların geleneksel beslenme alışkanlıkları olduğu bildirilmektedir. Ayrıca mikroalglerden kaynaklanan balıksı tat ve koku ile kuvvetli yeşil rengin de bazı durumlarda dezavantaj olarak görüldüğü belirtilmektedir (Chacón-Lee ve González-Mariño, 2010).

Ticari önem arz eden mikroalglerin *Spirulina*, *Chlorella*, *Haematococcus*, *Dunaliella*, *Botryococcus*, *Phaeodactylum*, *Porphyridium*, *Chaetoceros*, *Cryptocodium*, *Isochrysis*, *Nannochloris*, *Nitzschia*, *Schizochytrium*, *Tetraselmis* ve *Skeletonema* olduğu belirtilmektedir (Sathasivam ve ark., 2019) mikroalgler arasında insan tüketimi için en çok değerlendirilenler esansiyel bileşenler ve proteince zengin olan *Arthrospira*, *Chlorella* ve *Aphanizomenon* ve antioksidan karotenoidlerce zengin olan *Dunaliella* ve *Haematococcus* türleridir (Niccolai ve ark., 2019). Özellikle *Spirulina* ve *Chlorella*'nın dünya çapında büyük ölçekte üretimi gerçekleştirilmekte ve bunlar pek çok ürüne (salata sosu, içecekler, fırın ürünleri gibi) ilave edilmekte ve/veya protein takviyesi olarak satılmaktadır (Wells ve ark., 2017).

Siyanobakterilerden olan *Spirulina*'nın dünyadaki açlığı bitirme potansiyeline sahip, sürdürülebilir bir gıda kaynağı olduğu ileri sürülmekte ve birçok hastalığın tedavisinde başarıyla kullanılabilmesi bildirilmektedir. Önerilen günlük doz 3-5 g kadardır (Folarin ve Sharma, 2017). Zengin besin içeriği nedeniyle *Spirulina*, Dünya Sağlık Örgütü tarafından "süper gıda" olarak ifade edilirken; NASA, uzay yolculukları için *Spirulina*'yı mükemmel bir kompakt gıda olarak düşünmektedir (Chacón-Lee ve González-Mariño, 2010). *Spirulina*'nın laktik asit bakterilerinin büyüme ortamına ilave edildiğinde, ortamdaki nitrojeni tüketerek karbonhidrat ve diğer bazı maddeleri salgıladığı ve bu şekilde laktik asit bakterilerinin gelişimini teşvik ederek prebiyotik etki gösterdiği, *Chlorella pyrenoidosa*'nın ise *Candida albicans* ve *Listeria monocytogenes*'in gelişimini engellediği ifade edilmektedir (Gupta ve ark., 2017). *Spirulina* ve diğer mikroalgler birçok araştırmanın materyalini oluşturmuş, besin içeriğinde artış sağlamak başta olmak üzere fonksiyonel, tekstürel özellikleri ve antioksidan aktiviteyi iyileştirmek gibi farklı birçok amaçla farklı gıdalara ilave edilmişlerdir. Tablo 1'de mikroalglerin ilave edildiği gıdalarla ilgili bazı çalışmalar verilmiştir.

**Tablo 1.** Mikroalg ilavesi ile gerçekleştirilen bazı çalışmalar

Mikroalg	İlave edildiği gıda	Kaynak
<i>Spirulina</i>	Yoğurt	Malik ve ark., 2013; Barkallah ve ark., 2017
	Muffin	Güroy, 2020
	Kurabiye	Onacık-Gür ve ark., 2018; El Nakib ve ark., 2019
	Bisküvi	Singh ve ark., 2015
	Ekmek	Ak ve ark., 2016; Saharan ve Jood, 2017
	Glutensiz ekmek	Selmo ve Salas-Mellado, 2014
	Makarna	De Marco ve ark., 2014
<i>Chlorella</i>	Peynir	Tohamy ve ark., 2018
	Kurabiye	Sahni ve ark., 2019
	Ekmek	Graça ve ark., 2018
	Yağ/su emülsiyonları	Caporgno ve ark., 2019
<i>Dunaliella</i>	Ekmek	Tertychnaya ve ark., 2020
	Makarna	El-Baz ve ark., 2017

### ALGLERİN SAĞLIK ÜZERİNE BAZI ETKİLERİ

Algler biyolojik aktivite gösteren birçok biyoaktif molekül içermektedir. Bu sayede antioksidan, antimikrobiyal, antikarsinojen, antidiyabet vs. özellikler sergileyebilmektedir (Ranga Rao ve Ravishankar, 2018). Kara bitkileri ile karşılaştırıldığında alglerin daha zorlu, agresif ve rekabetçi bir çevrede bulunması, yaşam çevreleri gereği yüksek oksidatif ve serbest radikal stresine daha fazla maruz kalması, algleri evrimsel olarak özellikle pigment ve polifenol sentezi başta olmak üzere çeşitli biyoaktif madde ve ikincil metabolit üretimi gibi doğal koruma sistemleri oluşturmaya itmiştir. Alglerin doğal koruma mekanizması sonucu ürettiği bu bileşenler de tüketildiği zaman sağlığa yararlı etkiler gösteren maddelerdir (Fitzgerald ve ark., 2011; Bleakley ve Hayes, 2017). Pigment ve polifenollerin dışında uzun zincirli çoklu doymamış yağ asitleri, yüksek lifli bileşenler, sterol, protein, şeker, vitamin, mineral gibi alglerin bileşiminde bulunan pek çok madde biyolojik aktivitesi sayesinde sağlık açısından faydalı bileşenlerdir (Fernandes ve Pinto, 2019). Alglerde bulunan bu yüksek değerlikli bileşenlerin bağırsıklığı düzenlediği, diyabet, oksidasyon, iltihaplanma, yüksek kolesterol ve kardiyovasküler hastalıkları önlediği, obezite ve dengesiz beslenmeye karşı olumlu etkiler gösterdiği bilinmektedir (Akyıl ve ark., 2016).

Üstün besin profillerinin ve biyoaktif peptidler, diyet lif, polisakkarit, PUFA, vitamin, mineral, polifenol vb. biyoaktif bileşenler açısından zengin olmalarının bir sonucu olarak makroalglerin sağlık için faydalı etkileri olduğu bilinmektedir (Fitzgerald ve ark., 2011; Paiva ve ark., 2016; Circuncisão ve ark., 2018). Makroalg tüketimiyle birlikte protein, lif, mineral, vitamin, esansiyel amino asit ve PUFA alımı artacağı için özellikle batı toplumlarıyla ilişkili olan düşük lifli diyetten kaynaklanan diyabet, obe-

zite, kalp rahatsızlıkları, kanser vb. bazı kronik hastalıkların oluşumunun azalabileceği ifade edilmektedir (Paiva ve ark., 2014; Ranga Rao ve Ravishankar, 2018).

Makroalglerin antioksidan aktivitelerinin içerdikleri karotenoid, fikobilin pigmentleri, polifenoller, sülfatlanmış polisakkaritler ve vitaminler gibi bileşenlerden ileri geldiği ifade edilmektedir. Algler bu bileşenleri sayesinde hücreleri reaktif oksijen türlerinin etkisine karşı koruyabilmektedir (Ranga Rao ve Ravishankar, 2018). Antioksidan özellikleri açısından deniz yosunlarının doğrudan tüketiminin, doğal olmayan antioksidan maddelere göre daha faydalı olabileceği bildirilmektedir. Doğrudan sağlık yararlarının yanı sıra doğal kaynaklardan elde edilen antioksidanlar, gıdalardaki lipid oksidasyonu ile mücadele açısından da önem arz etmektedir. Deniz yosunu kökenli antioksidan bileşenlerin gıda katkısı olarak kullanımı, antioksidan özellikli fonksiyonel ürünler elde edilmesini sağlayabilecek niteliktedir (Cornish ve Garbary, 2010). Antioksidan aktivitenin, *Ahnfeltiopsis*, *Colpomenia*, *Gracilaria*, *Halymenia*, *Hydroclathrus*, *Laurencia*, *Padina*, *Polysiphonia* ve *Turbinaria* gibi birçok deniz yosunu cinsinde olduğu bildirilmiştir (Kelman ve ark., 2012). Makroalglerin antimikrobiyal aktivitelerinin ise klorofil türevleri, akrilik asit, terpenler, fenolik maddeler, halojenli alifatik bileşenler ve sülfür içeren heterosiklik bileşenler, bazı aminoasitler, florotanninler, steroidler, siklik polisülfidler ve yağ asitlerinden kaynaklandığı belirtilmektedir (Gümüş ve Ünüsayın, 2016).

Makroalglerin hücre duvarlarında yüksek miktarda bulunan agar, karragenan, ulvan, fukoidan gibi polisakkaritler insan gastrointestinal sisteminde sindirilemediği için bu bileşenler iyi bir diyet lif kaynağı (Wells ve ark., 2017) ve potansiyel prebiyotik olarak düşünülmektedir. Düzenli olarak bütün halde makroalg tüketiminin Koreli kadınlarda meme kanseri, erkeklerde şeker hastalığına karşı



olumlu etkiler gösterdiği yönünde çalışmalar yapılmış olduğu bildirilmiştir (Fitzgerald ve ark., 2011). Kahverengi alglerde bulunan fukoidanın, bağırsak florasını olumlu yönde etkilediği, farelerde yapılmış bir çalışmada yüksek-yagli diyetlerde vücut ağırlığını düşürüp glukoz intoleransı ve insülin direncini düzelttiği bildirilmektedir (Lordan ve ark., 2020). Laver olarak bilinen bazı kırmızı deniz yosunu türlerinin içerdiği porfiranın antikanser, antioksidan, antiinflamatuvar özelliklerinin olduğu, bağışıklığı düzenlediği, kardiyovasküler hastalıklar ile sinirsel, kemiksel ve diyabetik bozuklukları önleyebildiği ifade edilmektedir (Cho ve Rhee, 2020). Isaka ve ark. (2015), ticari değeri olmayan rengi bozulmuş olan noriden (*Porphyra yezoensis*) elde ettikleri porfiranın antioksidan ve antiinflamatuvar özelliklerini incelemiş ve biyolojik aktivitesinin normal noriden daha iyi olduğunu belirlemişlerdir. Kırmızı alglerde bulunan, çeşitli derecelerde depolimerize olmuş karragenanın potansiyel bir tümör inhibitörü ve kanser terapisinde bağışıklık uyarıcı olduğu belirtilmektedir. Ancak bazı zararlı özellikleri olabileceği endişesiyle Avrupa ülkelerinde bebek gıdalarına karragenan ilavesi yasaklanmıştır. Kahverengi alglerin en önemli polisakkariti olan alginat, toksinleri absorbe etme yeteneğinde olup, kolesterol alımını azaltmakta ve bağırsaktaki bakteri profilini değiştirebilmektedir. Farelere oral olarak verilen kahverengi alglerde bulunan laminaran ( $\beta$ -glukan) maddesinin karaciğeri koruyucu etki gösterdiğini bildiren çalışmalar bulunmaktadır. Yeşil deniz yosunu polisakkaritlerinden olan ulvanın antibakteriyel, antikoagulant, antioksidan, antiviral, anti-tümör, antihiperlipidemik (lipid düşürücü) etki gösterdiği ve bağışıklık sistemini düzenlediğine yönelik çalışmalar olduğu bildirilmiştir (Wells ve ark., 2017). Yapılan bir çalışmada, farklı çözümlerle ekstrakte edilmiş *Ulva lactuca* ekstraktlarının Gram pozitif (*Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*) ve Gram negatif (*Escherichia coli*, *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella enteritidis*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Aeromonas hydrophila*) bakterilere karşı antibakteriyel etki gösterdiği tespit edilmiştir (Öztürk ve Hamzaçebi, 2019).

Mineral içeriklerinin yüksek olması da deniz yosunlarını değerli kılan diğer bir özellikleridir. Alglerin Na ve K değerleri yüksek olmasına rağmen, Na/K oranının düşük olması kan basıncının düşük olmasını teşvik ederek kalp sağlığını korumak açısından oldukça önemlidir. Ancak birçok gelişmekte olan veya gelişmiş ülkede insanların günlük Na alımı halihazırda günlük önerilen limitin üzerinde olduğu için Na seviyesinin yüksek olması deniz yosunlarının zayıf yanı olarak ileri sürülmektedir. Tiroid fonksiyonları ve sağlığının korunması açısından esansiyel bir element olan iyot da deniz yosunlarında olağanüstü seviyededir ve iyot eksikliğinin giderilmesi açısından deniz yosunları diyetle ilave edilebilecek kaynaklardır. Ancak iyot açısından günlük doz aşımı olduğunda

zehirlenmelere sebebiyet verebildiğinden, bu açıdan kullanımlarında dikkatli olunması gerekmektedir (Circuncisão ve ark., 2018).

Mikroalgler de ürettikleri karotenoid, PUFA (Mimouni ve ark., 2015; Raposo ve ark., 2015; Caporgno ve Mathys, 2018; Fernandes ve Pinto, 2019), peptid, lipid, fikosiyenin, fikoeritrin, polisakkarit (Caporgno ve Mathys, 2018) gibi bileşenlerle sağlığı olumlu yönde etkilemektedir. Mikroalg karotenoidleri arasında üzerine en çok çalışma yapılan bazıları *Dunaliella salina*'dan  $\beta$ -karoten, *Haematococcus pluvialis*'dan astaksantin, *Coelastrella striolata*'dan kantaksantin, *Phaeodactylum tricornutum* ve *Isochrysis galbana* gibi çeşitli diyetomlardan fukoksantindir. Karotenoid ve diğer biyoaktif bileşenlerce zengin bir diyetin oksidatif stresle ilgili çeşitli kronik hastalık ve işlevsel bozukluklara karşı koruyucu etki gösterdiğine dair kuvvetli kanıtlar bulunduğu, karotenoidlerin antioksidan özellikleri sayesinde bu hastalıkların başlamasını inhibe edebileceği ifade edilmektedir (Raposo ve ark., 2015).

Mikroalglerin antibakteriyel aktivitelerinde çoklu doymamış yağ asitleri ve kolesterol gibi bileşikler önemli bir rol oynamaktadır. Antimikrobiyal aktivite zincir uzunluğuna ve doymamışlık derecesine bağlı olduğundan serbest yağların kompozisyonu ve konsantrasyonu dikkate alınmalıdır (Akyıl ve ark., 2016). Araştırmacılar tarafından yapılan bazı çalışmalarda farklı türdeki alglerin antimikrobiyal aktiviteleri incelenmiş ve çeşitli patojenleri inhibe edici etkilerinin olduğu bildirilmiştir (Demiriz, 2008).

*Spirulina* ile yapılmış çalışmalar, *Spirulina*'nın arsenik zehirlenmesi, *Candida* gelişimi, alerjik rinit gibi birçok hastalığın tedavisinde başarıyla kullanılabildiğini, kan basıncını düşürdüğünü, kolesterolü azaltarak damar tıkanıklığı ve kalp krizi riskini azalttığını, kilo vermeye yardımcı olduğunu, kanser riskini azalttığını, diyabet, obezite ve anemiye karşı pozitif etkiler sergilediğini göstermektedir (Sotiroidis ve Sotiroidis, 2013; Folarin ve Sharma, 2017). Bu etkiler göz önünde bulundurulduğunda en çok umut vaat eden bileşenlerin fikosiyenin, sülfatlanmış polisakkarit fraksiyonları ve belirli sülfolipidler olduğu bildirilmektedir (Sotiroidis ve Sotiroidis, 2013). *Chlorella* sp.'nin de kandaki glukoz ve kolesterol seviyesinin azaltılması yönünde etkili olduğu (Mimouni ve ark., 2015) ve ayrıca ürettiği klorellin maddesi ile insanlar için patojen olan Gram negatif ve Gram pozitif bakteri türlerine karşı antibakteriyel etki gösterdiği bildirilmektedir (Dineshkumar ve ark., 2017).

## SONUÇLAR

Birçok metaboliti sentezleyebilme yetenekleri ile doğal reaktörler olarak ifade edilen algler, sahip oldukları yük-

sek besin içeriği ve biyoaktif bileşenler sayesinde fonksiyonel gıda olarak değerlendirilmekte ve geleceğin gıdası olarak öngörülmektedir. Biyoaktif bileşenlerin sağladığı üstün özellikler, birçok kronik hastalık ve fonksiyonel bozukluğun önlenmesi ve hatta iyileştirilmesi açısından önemli avantajlar oluşturabilmektedir. Algler gıda veya gıda bileşeni olarak tüketildiğinde sağlığa olumlu etki sağlayabildiği gibi alg kökenli biyoaktif bileşenler, tıp alanında da doğrudan değerlendirilebilmektedir. Algler gıda sektörü dışında tıp, eczacılık, tarım, hayvancılık, atık arıtma, kozmetik, biyodizel üretimi gibi birçok alanda kullanılabilir. Ülkemizde alglerin gıda olarak tüketimi yaygın olmamakla birlikte denizlerimizde yenilebilir yosun türleri yaygın olarak bulunmaktadır. Mikroalgler tarafından üretilen bileşenlerin veya doğrudan deniz yosunlarının tüketilmesi özellikle toplumların kültürel beslenme alışkanlıklarıyla ilişkilidir. Bunun yanı sıra Müslüman toplumlar gibi çeşitli dini gruplar tarafından alglerin helal gıda statüsünde olup olmadığının net olarak bilinememesi, insanların bu ürünlere bakış açısının olumsuz olabilmesine sebebiyet vermektedir. Ancak mantar ve mikroorganizmalar (bakteri, fungus, alg gibi) ile bunların yan ürün ve türevlerinin sağlıksız, zehirli ve sarhoşluk verici olmadığı sürece helal gıda olarak kabul edildiği bildirilmektedir (Anonim, 2012). Alglerle ilgili ön yargıların kırılması ve farklı alg türleri ile yapılacak çalışmaların artırılmasının gerek beslenme gerekse ekonomi açısından önemli bir gelişme olacağı düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

- Abu-Ghannam, N., Shannon, E. (2017). Seaweed carotenoid fucoxanthin as functional Food. In: *Microbial Functional Foods and Nutraceuticals*. Gupta, V. K., Treichel, H., Shapaval, V., Antonio de Oliveira, L., Tuohy, M.G. (eds.), John Wiley & Sons, UK, 39-64.
- Afonso, N.C., Catarino, M.D., Silva, A.M.S., Cardoso, S.M. (2019). Brown macroalgae as valuable food ingredients. *Antioxidants*, 8(9): 365-390.
- Ak, B., Avşaroğlu, E., Işık, O., Özyurt, G., Kafkas, E., Etyemez, M., Uslu, L. (2016). Nutritional and physicochemical characteristics of bread enriched with microalgae *Spirulina platensis*. *International Journal of Engineering Research and Application*, 6(12): 30-38.
- Ak, İ. (2015). *Sucul ortamın ekonomik bitkileri; makro algler*. Dünya Gıda, 12: 88-97.
- Ak, İ., Cirik, S. (2017). Mavi-Yeşil algler (sianobakteriler) ve termalizm. *Su Ürünleri Dergisi*, 34(2): 227-233.
- Aktar, S., Cebe, G.E. (2010). Alglerin genel özellikleri, kullanım alanları ve eczacılıkta önemi. *Ankara Eczacılık Fakültesi Dergisi*, 39(3): 237-264.
- 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.
- Alam, T., Najam, L., Al Harrasi, A. (2018). Extraction of natural pigments from marine algae. *Journal of Agricultural and Marine Sciences*, 23: 81-91.
- Ambati, R.R., Gogisetty, D., Aswathanarayana, R.G., Ravi, S., Bikkina, P.N., Bo, L., Yuepeng, S. (2019). Industrial potential of carotenoid pigments from microalgae: Current trends and future prospects. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(12): 1880-1902.
- Anonim (2012). *Understanding Halal*. The Society of Food Hygiene and Technology. Erişim adresi: <http://www.sofht.co.uk/wp-content/uploads/2016/hifs/understanding-halal/index.html> (accessed 26.09.2020)
- Aratboni, H.A., Rafiei, N., Garcia-Granados, R., Alemzadeh, A., Morones-Ramírez, J.R. (2019). Biomass and lipid induction strategies in microalgae for biofuel production and other applications. *Microbial Cell Factories*, 18: 178-194.
- Arufe, S., Della Valle, G., Chiron, H., Chenlo, F., Sineiro, J., Moreira, R. (2018). Effect of brown seaweed powder on physical and textural properties of wheat bread. *European Food Research and Technology*, 244: 1-10.
- Barka, A., Blecker, C. (2016). Microalgae as a potential source of single-cell proteins. A review. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*, 20(3): 427-436.
- Barkallah, M., Dammak, M., Louati, I., Hentati, F., Hadrich, B., Mechichi, T., Ayadi M.A., Fendri, I., Attia, H., Abdelkafi, S. (2017). Effect of *Spirulina platensis* fortification on physicochemical, textural, antioxidant and sensory properties of yogurt during fermentation and storage. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, 84: 323-330.
- Baytaşoğlu, H., Başusta, N. (2015). Deniz canlılarının tıp ve eczacılık alanlarında kullanılması. *Yunus Araştırma Bülteni*, 2: 71-80.
- Begum, H., Yusoff, F.M.D., Banerjee, S., Khatoon, H., Shariff, M. (2016). Availability and utilization of pigments from microalgae. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(13): 2209-2222.
- Bleakley, S., Hayes M. (2017). Algal Proteins: extraction, application, and challenges concerning production. *Foods*, 6(5): 33-66.
- Caporgno, M.P., Haberkorn, I., Böcker, L., Mathys, A. (2019). Cultivation of *Chlorella protothecoides* under different growth modes and its utilisation in oil/water emulsions. *Bioresource Technology*, 288: 121476. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.121476>
- Caporgno, M.P., Mathys, A. (2018). Trends in microalgae incorporation into innovative food products with potential health benefits. *Frontiers in Nutrition*, 5: 58. <https://doi.org/10.3389/fnut.2018.00058>
- Chacón-Lee, T., González-Mariño, G. (2010). Microalgae for "healthy" foods—possibilities and challenges. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9: 655-675.
- Charrier, B., Abreu, M.H., Araujo, R., Bruhn, A., Coates, J.C., De Clerck, O., Katsaros, C., Robaina, R.R., Wichard, T. (2017). Furthering knowledge of seaweed growth and development to facilitate sustainable aquaculture. *New Phytologist*, 216: 967-975.
- Chen, Z., Wang, L., Qiu, S., Ge, S. (2018). Determination of microalgal lipid content and fatty acid for biofuel production. *Hindawi BioMed Research International*, <https://doi.org/10.1155/2018/1503126>.
- Cho, T.J., Rhee, M.S. (2020). Health functionality and quality control of laver (*Porphyra*, *Pyropia*): Current issues and future perspectives as an edible seaweed. *Marine Drugs*, 18(1): 14.

- Christaki, E., Florou-Paneri, P., Bonos, E. (2011). Microalgae: a novel ingredient in nutrition. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 62(8): 794-799.
- Circuncisão, A.R., Catarino, M.D., Cardoso, S.M., Silva, A.M.S. (2018). Minerals from macroalgae origin: health benefits and risks for consumers. *Marine Drugs*, 16(11): 400-429.
- Cornish, M.L., Garbary, D.J. (2010). Antioxidants from macroalgae: potential applications in human health and nutrition. *Algae*, 25(4): 155-171.
- Costard, G. S., Machado, R. R., Barbarino, E., Martino, R. C., Lourenço, S.O. (2012). Chemical composition of five marine microalgae that occur on the Brazilian coast. *International Journal of Fisheries and Aquaculture*, 4(9): 191-201.
- Demiriz, T. (2008). Bazı alglerin antibakteriyel etkileri (Yüksek Lisans Tezi). Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Ankara, 60 s.
- De Marco, E.R., Steffolani, M.E., Martínez, C.S., León, A.E. (2014). Effects of spirulina biomass on the technological and nutritional quality of bread wheat pasta. *LWT-Food Science and Technology*, 58(1): 102-108.
- De Moraes, M.G., Vaz, B.S., De Moraes, E.G., Costa, J.A.V. (2015). Biologically active metabolites synthesized by microalgae. *Biomed Research International*, <https://doi.org/10.1155/2015/835761>
- De Quirós, A.R.B., Lage-Yusty, M.A., López-Hernández, J. (2010). Determination of phenolic compounds in macroalgae for human consumption. *Food Chemistry*, 121(2): 634-638.
- Dineshkumar, R., Narendran, R., Jayasingam, P., Sampathkumar, P. (2017). Cultivation and chemical composition of microalgae *Chlorella vulgaris* and its antibacterial activity against human pathogens. *Journal of Aquaculture & Marine Biology*, 5(3): 00119. <https://doi.org/10.15406/jamb.2017.05.00119>
- Duan, E. (2013). Bazı deniz makroalglerinden (*Ulva sp.* *Cystosera sp.*) fermente sıvı organik gübre üretimi ve taze fasulye (*Phaseolus vulgaris*) verimine etkisinin belirlenmesi (Yüksek Lisans Tezi). Giresun Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Giresun, 64 s.
- Dumlupınar, Y.M. (2012). İzmir ilinde gelişen bazı mavi-yeşil alglerin (Cyanophyta: Cyanobacteria) izolasyonu ve kültürü (Yüksek Lisans Tezi). Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, İzmir, 48 s.
- Duruçan, F., Turna, İ.İ. (2014). Antalya ili batı kıyıları (Lara-Kalkan)'nın ekonomik amaçlı deniz algleri. *SDU Journal of Science*, 9(2): 1-11.
- Elcik, H., Çakmakçı, M. (2017). Mikroalg üretimi ve mikroalglerden biyoyakıt eldesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 32(3): 795-820.
- El-Baz, F.K., Abdo, S.M., Hussein, A.M.S. (2017). Microalgae *Dunaliella salina* for use as food supplement to improve pasta quality. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, 46(2): 45-51.
- El Gamal, A.A. (2010). Biological importance of marine algae. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 18(1): 1-25.
- El Nakib, D.M., Ibrahim, M.M., Mahmoud, N.S., Abd El Rahman, E.N., Ghaly, A.E. (2019). Incorporation of *Spirulina (Athrospira platensis)* in traditional Egyptian cookies as a source of natural bioactive molecules and functional ingredients: Preparation and sensory evaluation of nutrition snack for school children. *European Journal of Nutrition & Food Safety*, 9(4): 372-297.
- FAO (2018). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2018- Meeting the sustainable development goals*. Rome. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Erişim adresi: <http://www.fao.org/3/i9540en/i9540en.pdf> (accessed 25.09.2020)
- FAO (2020). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action*. Rome. Food and Agriculture Organization of the United Nations Erişim adresi: <http://www.fao.org/3/ca9229en/CA9229EN.pdf> (accessed 25.09.2020)
- Fernandes, I., Pinto, R. (2019). Fatty acids polyunsaturated as bioactive compounds of microalgae: Contribution to human health. *Global Journal of Nutrition and Food Science*, 2(1): <https://doi.org/10.33552/GJNFS.2019.02.000526>
- Ferreira, V.S., Sant'Anna, C. (2017). Impact of culture conditions on the chlorophyll content of microalgae for biotechnological applications. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 33(20): <https://doi.org/10.1007/s11274-016-2181-6>
- Fitzgerald, C., Gallagher, E., Tasdemir, D., Hayes, M. (2011). Heart health peptides from macroalgae and their potential use in functional foods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(13): 6829-6836.
- Folarin, O., Sharma, L. (2017). Algae as functional food. *International Journal of Home Science*, 3(2): 166-170.
- Garcia-Vaquero, M., Hayes, M. (2016). Red and green macroalgae for fish and animal feed and human functional food development. *Food Reviews International*, 32(1): 15-45.
- Gomez-Zavaglia, A., Lage, M.A.P., Jimenez-Lopez, C., Mejuto, J.C., Simal-Gandara, J. (2019). The potential of seaweeds as a source of functional ingredients of prebiotic and antioxidant value. *Antioxidants*, 8(9): 406.
- Gouveia, L., Batista, A.P., Sousa, I., Raymundo, A., Bandarra, R.M. (2008). Microalgae in novel food products. In: *Food Chemistry Research Developments*. Papadopoulos, K.N (ed.), Nova Science Publishers, 1-37.
- Graça, C., Fradinho, P., Sousa, I., Raymundo, A. (2018). Impact of *Chlorella vulgaris* on the rheology of wheat flour dough and bread texture. *LWT- Food Science and Technology*, 89: 466-474.
- Guedes, E.A.C., da Silva, T.G., Aguiar, J.S., de Barros, L.D., Pinotti, L.M., Sant'Ana, A.E.G. (2013). Cytotoxic activity of marine algae against cancerous cells. *Brazilian Journal of Pharmacognosy*, 23(4): 668-673.
- 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>
- Gurbuz, F. (2009). Removal of Toxic Hexavalent Chromium Ions from Aqueous Solution by a Natural Biomaterial: Batch and Column Adsorption. *Adsorption Science & Technology*, 27(8): 745-759.
- Gurbuz, F., Ciftci, H., Akcil, A., Karahan, A.G. (2004). Microbial detoxification of cyanide solutions: a new biotechnological approach using algae. *Hydrometallurgy*, 72: 167-176.
- Gurbuz, F., Ciftci, H., Akcil, A. (2009). Biodegradation of cyanide containing effluents by *Scenedesmus obliquus*. *Journal of Hazardous Materials*, 162: 74-79.
- Guschina, I.A., Harwood, J.L. (2006). Lipids and lipid metabolism in eukaryotic algae. *Progress in Lipid Research*, 45(2): 160-186.

- Gümüş, B., Ünlüsayın, M. (2016). Tüketilebilir iki makroalg ekstraktının antimikrobiyal aktivitelerinin belirlenmesi. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 33(4): 389-395.
- Güner, H. (1994). Algler: İlkel su bitkileri. *Bilim ve Teknik*, 322(9): 72-77.
- Güroy, B. (2020). Determination of the phycocyanin, protein content and sensory properties of muffins containing Spirulina powder or fresh Spirulina. *Journal of Food and Feed Science – Technology*, 23 (1): 10-18.
- Hu, J., Nagarajan, D., Zhang, Q., Chang, J.S., Lee, D.J. (2018). Heterotrophic cultivation of microalgae for pigment production: A review. *Biotechnology Advances*, 36(1): 54-67.
- Ibañez, E., Cifuentes, A. (2012). Benefits of using algae as natural sources of functional ingredients. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93: 703-709.
- Ilieva, V., Kondeva-Burdina, M., Georgieva, T., Pavlova, V. (2019). Toxicity of cyanobacteria. Organotropy of cyanotoxins and toxicodynamics of cyanotoxins by species. *Pharmacia*, 66(3): 91-97.
- Isaka, S., Cho, K., Nakazono, S., Abu, R., Ueno, M., Kim, D., Oda, T. (2015). Antioxidant and anti-inflammatory activities of porphyran isolated from discolored nori (*Porphyra yezoensis*). *International Journal of Biological Macromolecules*, 74: 68-75.
- Jibril, S.M., Jakada, B. H., Umar, H.Y., Ahmad, T.A. (2016). Importance of some algal species as a source of food and supplement. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 5(5): 186-193.
- Kazir, M., Abuhassire, Y., Robin, A., Nahor, O., Luo, J., Israel, A., Golberg, A., Livney, Y. D. (2019). Extraction of proteins from two marine macroalgae, *Ulva* sp. and *Gracilaria* sp., for food application, and evaluating digestibility, amino acid composition and antioxidant properties of the protein concentrates. *Food Hydrocolloids*, 87: 194-203.
- Kelman, D., Kromkowski Posner, E., Mc Dermid, K.J., Tabandera, N.K., Wright, P.R., Wright, A.D. (2012). Antioxidant activity of Hawaiian marine algae. *Marine Drugs*, 10(2): 403-416.
- Khan, M.I., Shin, J.H., Kim, J.D. (2018). The promising future of microalgae: current status, challenges, and optimization of a sustainable and renewable industry for biofuels, feed, and other products. *Microbial Cell Factories*, 17: 36. <https://doi.org/10.1186/s12934-018-0879-x>
- Kılınç, B., Cirik, S., Turan, G., Tekogul, H., Koru, E. (2013). Seaweeds for Food and Industrial Applications. In: *Food Industry*. Muzzalupo, I. (ed.), doi: [dx.doi.org/10.5772/53172](https://doi.org/10.5772/53172). Erişim adresi: <https://www.intechopen.com/books/food-industry/seaweeds-for-food-and-industrial-applications> (accessed 26.09.2020).
- Kumari, P., Kumar, M., Reddy, C.R.K., Cha, B. (2013). Algal lipids, fatty acids and sterols. In: *Functional ingredients from algae for foods and nutraceuticals*. Domínguez, H. (ed.), Woodhead Publishing, 87-134
- Lafarga, T. (2019). Effect of microalgal biomass incorporation into foods: Nutritional and sensorial attributes of the end products. *Algal Research*, 41: 101566. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2019.101566>
- Levine, I.A., Cheney, D. (1998). North American Porphyra cultivation. In: *New Developments in Marine Biotechnology* Gal, Y.L., Halvorson, H.O. (eds.), Springer, Boston MA, 141-144.
- Lordan, C., Thapa, D., Ross, R.P., Cotter, P.D. (2020). Potential for enriching next-generation health-promoting gut bacteria through prebiotics and dietary components. *Gut Microbes*, 11(1): 1-20.
- Maghraby, D.M.E., Fakhry, E.M. (2015). Lipid content and fatty acid composition of Mediterranean macro-algae as dynamic factors for biodiesel production. *Oceanologia*, 57(1): 86-92.
- Malik, P., Kempanna, C., Murthy, N., Anjum, A. (2013). Quality characteristics of yoghurt enriched with Spirulina powder. *Mysore Journal of Agricultural Science*, 47(2): 354-359.
- Mata, T.M., Martins, A.A., Caetano, N.S. (2010). Microalgae for biodiesel production and other applications: a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(1): 217-232.
- Milledge, J. J., Harvey, P.J. (2016). Potential process 'hurdles' in the use of macroalgae as feedstock for biofuel production in the British Isles. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 91: 2221-2234.
- Mimouni, V., Ulmann, L., Haimeur, A., Guéno, F., Meskini, N., Tremblin, G. (2015). Marine microalgae used as food supplements and their implication in preventing cardiovascular diseases. *Oilseeds and Fats Crops and Lipids*, 22(4): D409. <https://doi.org/10.1051/ocl/2015015>
- Niccolai, A., Zittelli, G.C., Rodolfi, L., Biondi, N., Tredici, M.R. (2019). Microalgae of interest as food source: Biochemical composition and digestibility. *Algal Research*, 42: 101617. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2019.101617>
- Oğur, S. (2016). Kurutulmuş alglerin besin değeri ve gıda olarak kullanımı. *Su Ürünleri Dergisi*, 3(1): 67-79.
- Onacık-Gür, S., Żbikowska, A., Majewska, B. (2018). Effect of Spirulina (*Spirulina platensis*) addition on textural and quality properties of cookies. *Italian Journal of Food Science*, 30: 1-12.
- Osman, N.A., El-Manawy, I.M., Amin, A.S. (2011). Nutritional composition and mineral content of five macroalgae from red sea. *Egyptian Journal of Phycology*, 12: 89-102.
- 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.
- Öztürk, F., Hamzaçebi, S. (2019). Farklı çözümlerle elde edilmiş *Ulva lactuca* ekstraktlarının antibakteriyel aktivitesi. *Acta Aquatica Turcica*, 15(3): 272-279.
- 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: 13-24.
- Paes, C.R.P.S., Faria, G.R., Tinoco, N.A.B., Castro, D.J.F.A., Barbarino, E., Lourenço, S.O. (2016). Growth, nutrient uptake and chemical composition of *Chlorella* sp. and *Nannochloropsis oculata* under nitrogen starvation. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 44(2): 275-292.
- Paiva, L., Lima, E., Neto, A.I., Marcone, M., Baptista, J. (2016). Health promoting ingredients from four selected Azorean macroalgae. *Food Research International*, 89(1): 432-438.
- Paiva, L., Lima, E., Neto, A.I., Marcone, M., Baptista, J. (2017). Nutritional and functional bioactivity value of selected Azorean macroalgae: *Ulva compressa*, *Ulva rigida*, *Gelidium microdon*, and *Pterocladia capillacea*. *Journal of Food Science*, 82(7): 1757-1764.

- Paiva, L., Lima, E., Patarra, R.F., Neto, A.I., Baptista, J. (2014). Edible Azorean macroalgae as source of rich nutrients with impact on human health. *Food Chemistry*, 164: 128-135.
- Pérez-Legaspi, I.A., Valadez-Rocha, V., Ortega-Clemente, L.A., Jiménez-García, M.I. (2019). Microalgal pigment induction and transfer in aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, 1-21. <https://doi.org/10.1111/raq.12384>
- Poveda-Castillo, G.D.C., Rodrigo, D., Martínez, A., Pina-Pérez, M.C. (2018). Bioactivity of fucoidan as an antimicrobial agent in a new functional beverage. *Beverages*, 4(3): 64.
- Prabhasankar, P., GAnesan, P., Bhaskar, N., Hirose, A., Stephen, N., Gowda, L.R., Hosokawa, M., Miyashita, K. (2009). Edible Japanese seaweed, wakame (*Undaria pinnatifida*) as an ingredient in pasta: Chemical, functional and structural evaluation. *Food Chemistry*, 115(2): 501-508.
- Ragonese, C., Tedone, L., Beccari, M., Torre, G., Cichello, F., Cacciola, F., Dugo, P., Mondello, L. (2014). Characterization of lipid fraction of marine macroalgae by means of chromatography techniques coupled to mass spectrometry. *Food Chemistry*, 145: 932-940.
- Ranga Rao, A., Ravishankar, G.A. (2018). Algae as source of functional ingredients for health benefits. *Agricultural Research & Technology*, 14(2): 555911. <https://doi.org/10.19080/ARTOAJ.2018.14.555911>
- Raposo M.F, de Morais A.M., de Morais R.M. (2015). Carotenoids from marine microalgae: A valuable natural source for the prevention of chronic diseases. *Marine Drugs*, 13(8): 5128-5155.
- Różyło, R., Hassoon, W.H., Gawlik-Dziki, U., Siastala, M., Dziki, D. (2017). Study on the physical and antioxidant properties of gluten-free bread with brown algae. *CYTA – Journal of Food*, 15(2): 196-203.
- Rücker, J., Stüken, A., Nixdorf, B., Fastner, J., Chorus, I., Wiedner, C. (2007). Concentrations of particulate and dissolved cylindrospermopsin in 21 Aphanizomenon-dominated temperate lakes. *Toxicon*, 50(6): 800-809.
- Saharan, V., Jood, S. (2017). Vitamins, minerals, protein digestibility and antioxidant activity of bread enriched with spirulina platensis powder. *International Journal of Agricultural Sciences*, 7(3): 1292-1297.
- Sahay, S.M.I., Arunachalam, K., Nair, B.B., Jalayakshmy. (2016). Biochemical characterization of eight marine microalgae grown in batch cultures. *Journal of Algal Biomass Utilization*, 7(3): 19-41.
- Sahni, P., Sharma, S., Singh, B. (2019). Evaluation and quality assessment of defatted microalgae meal of *Chlorella* as an alternative food ingredient in cookies. *Nutrition and Food Science*, 49(2): 221-231.
- Sathasivam, R., Radhakrishnan, R., Hashem, A., Abd\_Allah, E.F. (2019). Microalgae metabolites: A rich source for food and medicine. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 26(4): 709-722.
- Selmo, M.S., Salas-Mellado, M.M. (2014). Technological quality of bread from rice flour with *Spirulina*. *International Food Research Journal*, 21(4): 1523-1528.
- Singh, P., Singh, R., Jha, A., Rasane, P., Gautam, A.K. (2015). Optimization of a process for high fibre and high protein biscuit. *Journal of Food Science and Technology*, 52: 1394-1403.
- Sotiroudīs, T.G., Sotiroudīs, G.T. (2013). Health aspects of *Spirulina* (*Arthrospira*) microalga food supplement. *Journal of The Serbian Chemical Society*, 78(3): 395-405.
- Stiger-Pouvreau, V., Bourgougnon, N., Deslandes, E. (2018). Carbohydrates from Seaweeds. In: *Seaweed in Health and Disease Prevention*. Fleurence, J., Levine, I. (eds.), 223-274. ISBN 978-0-12-802772-1.
- Sudhakar, K., Mamat, R., Samykan, M., Azmi, W.H., Ishak, W.F.W., Yusaf, T. (2018). An overview of marine macroalgae as bioresource. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 91: 165-179.
- Tabarsa, M., Rezaei, M., Ramezanzpour, Z., Waaland, J.R. (2012). Chemical compositions of the marine algae *Gracilaria salicornia* (Rhodophyta) and *Ulva lactuca* (Chlorophyta) as a potential food source. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92: 2500-2506.
- Tertychnaya, T.N., Manzhesov, V.I., Andrianov, E.A., Yakovleva, S.F. (2020). New aspects of application of microalgae *Dunaliella Salina* in the formula of enriched bread. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 422: 012021. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/422/1/012021>
- Tohamy, M.M., Ali, M.A., Shaaban, H.A.G., Mohamad, A.G., Hasanain, A.M. (2018). Production of functional spreadable processed cheese using *Chlorella vulgaris*. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 17(4): 347-358.
- Turan, G., Cirik, S. (2018). *Thalassoterapi uygulamaları için kültür koşullarında yetiştirilen makroalgelerin vitamin kompozisyonunun belirlenmesi*. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 35(2): 151-156.
- Ünver Alçay, A., Bostan, K., Dinçel, E., Varlık, C. (2017). Alglerin insan gıdası olarak kullanımı. *Aydın Gastronomy*, 1(1): 47-59.
- Vázquez-Rodríguez, J.A., Amaya-Guerra, C.A. (2016). *Ulva* genus as alternative crop: nutritional and functional properties. In: P. Konvalina (Ed.), *Alternative Crops and Cropping Systems*, doi: 10.5772/62787 Erişim adresi: <https://www.intechopen.com/books/alternative-crops-and-cropping-systems/ulva-genus-as-alternative-crop-nutritional-and-functional-properties> (accessed 26.09.2020).
- 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.
- Vimala, T., Poonghuzhalı, T.V. (2015). Estimation of pigments from seaweeds by using acetone and DMSO. *International Journal of Science and Research*, 4(10): 1850-1854.
- Wells, M.L., Potin, P., Craigie, J.S., Raven, J.A., Merchant, S.S., Helliwel, 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.
- Wild, K.J., Trautmann, A., Katzenmeyer, M., Steingäß, H., Posten, C., Rodehutschord, M. (2019). Chemical composition and nutritional characteristics for ruminants of the microalgae *Chlorella vulgaris* obtained using different cultivation conditions. *Algal Research*, 38: 101385. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2018.101385>
- Yeşilova, K. (2014). Karadeniz'in batı kıyılarındaki baskın makroalgelerde protein, karbonhidrat ve yağ içeriklerinin mevsimsel araştırılması (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, İstanbul, 62 s.

Yu-Qing, T., Mahmood, K., Shehzadi, R., Ashraf, M.F. (2016). *Ulva Lactuca and its polysaccharides: Food and biomedical aspects. Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 6 (1): 140-151.

Yüksel, K. (2009). İzmir ili ve çevresinde bulunan termal sularda gelişen bazı termofilik mavi-yeşil alglerin (siyanobak-

terilerin) izolasyonu ve moleküler yöntemlerle tayini (Yüksek Lisans Tezi). Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, İzmir, 82 s.

Zanchett, G., Oliveira-Filho, E.C. (2013). *Cyanobacteria and Cyanotoxins: From Impacts on Aquatic Ecosystems and Human Health to Anticarcinogenic Effects. Toxins*, 5: 1896-1917.

---