

## **Sağlığın Desteklenmesi ve Sürdürülebilir Beslenme için Alternatif Bir Kaynak: Alg (Yosunlar)**

### ***An Alternative Resource for Supporting Health and Sustainable Nutrition: Algae***

**Mücahit MUSLU\*** , **Gülden Fatma GÖKÇAY\*\*** 

#### **ÖZET**

Nüfusun artmasıyla birlikte beslenmeye bağlı problemlerin de artacağı düşünülmekte ve alternatif besin kaynakları aranmaktadır. Algler büyük biyokütleleri ve zengin biyoçeşitlilikleri ile alternatif kaynaklar arasında gösterilmektedir. Türlerine ve çevresel şartlara göre değişmekle birlikte yüksek miktarda makro ve mikro besin öğelerini üretebilmektedir. Özellikle protein ve esansiyel aminoasitler, eikosapentaenoik asit, dokosaheksaenoik asit, antioksidan vitaminler, demir ve iyot yönünden oldukça zengindir. Aynı zamanda antioksidanlar, fenolik bileşikler, polisakkaritler ve lutein gibi birçok biyoaktif madde içermektedir. Bu sayede sağlığın geliştirilmesi ve hastalıkların önlenmesi konusunda bazı toplumlarda alternatif olarak kullanılmaktadır. Bunun yanında ağır metal, toksinler, alerjen etmenler gibi olumsuz etkileri olabilmektedir. Alglerden en yüksek düzeyde faydalanılabilmesi için bu alanda bilimsel araştırmaların artırılması, risk analizlerinin yapılması, mevzuatların oluşturulması ve küresel politikaların geliştirilmesi gerekmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Algler, Mikroalgler, Sağlığın desteklenmesi, Sürdürülebilir beslenme, Sağlıklı beslenme

#### **ABSTRACT**

With the increase of the population, it is thought that problems related to nutrition will increase and alternative food sources are sought. Algae are among the alternative sources with their large biomass and rich biodiversity. It can produce high amounts of macro and micronutrients, depending on the types and environmental conditions. It is especially rich in protein and essential amino acids, eicosapentaenoic acid, docosahexaenoic acid, antioxidant vitamins, iron and iodine. It also contains many bioactive substances such as antioxidants, phenolic compounds, polysaccharides and lutein. In this way, it is used as an alternative in some societies for health promotion and disease prevention. Also, it can cause adverse effects such as heavy metal, toxins and allergenic agents. In order to benefit from algae at the highest level, it is necessary to increase scientific research in this field, to conduct risk analysis, to establish legislation and to develop global policies.

**Keywords:** Algae, Microalgae, Supporting health, Sustainable nutrition, Healthy nutrition

**Geliş Tarihi / Received:** 15.09.2020

**Kabul Tarihi / Accepted:** 08.12.2020

\* Araş. Gör., İstanbul Arel Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Yüksekokulu, Beslenme ve Diyetetik Bölümü

\*\* Prof. Dr., İstanbul Üniversitesi, İstanbul Tıp Fakültesi, Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı

**Sorumlu Yazar / Corresponding Author:** Mücahit MUSLU, [dymuslu@gmail.com](mailto:dymuslu@gmail.com)

## GİRİŞ

Dünya genelinde yaygın bir problem olan açlık her dokuz kişiden birini etkilemektedir. Özellikle protein ve enerji yetersizliğine bağlı malnutrisyon, hastalık ve ölümlerin temel nedenlerindedir (FAO, IFAD, UNICEF, WFP & WHO, 2017). Bu durumun nüfusun artmasıyla birlikte daha da kötüleşeceği düşünülmektedir. Birleşmiş Milletler (UN) 2050 yılında dünya nüfusunun 9,7 milyarı bulacağını öngörmektedir. Günümüzde bile tüm insanların beslenmesi sağlanamazken artan nüfusu beslemek için üretimin artırılması veya alternatif kaynaklara yönelim gerekmektedir (UN DESA, 2019).

Besin üretimi için gerekli olan arazi gereksinimi ve artan nüfus için gerekli olan yaşam alanları arasında rekabetin oluşacağı bilinmektedir. Aynı zamanda üretimin artırılması ormanların azalması, CO<sub>2</sub> salınımının ve çevresel zararlıların artması gibi olumsuz sonuçlar doğuracaktır (Gerbers et al., 2013). Tüm bu sorunlar düşünüldüğünde toprağa bağımlı olmadan tatlı veya tuzlu sularda üretilen ve biyokütlesi çok büyük olan alg (yosun) alternatif kaynak olarak gözükmektedir. Özellikle mikroalgler; mikroskobik olmaları, genetik düzenleme ile verimlilikleri üzerinde oynanabilmeleri ve genel olarak büyük yosunlara göre daha fazla protein içermeleri nedeniyle önemli alternatiflerdir. Biyolojik çeşitliliklerinin yüksek olması birçok farklı biyoaktif ögenin üretimini sağlayarak hastalıkların önlenmesi ve sağlığın geliştirilmesinde de etkin olabileceği düşünülmektedir (Torres-Tiji, Fields & Mayfield, 2020). Bu çalışmanın amacı sağlığın desteklenmesi ve sürdürülebilir beslenme açısından alglerin etkinliğini güncel bilimsel verilerle incelemektir.

### Besin Olarak Algler

Arkeolojik verilerden elde edilen bilgilere göre algler ilk olarak M.Ö. 14000 yılında Şili’de insan beslenmesinde kullanılmaya başlanmıştır. Binlerce yıldır birçok kültürün beslenmesinde bulunmuştur. Günümüzde de farklı toplulukların beslenmesinde yer almaktadır (Wells et al., 2017). Küresel su ürünleri yetiştiriciliği kapsamında 2016 yılında 30,1 milyon ton su bitkisi üretilmiştir. Su bitkisi üretiminde Çin ve Endonezya açık ara dünya lideri konumundadır. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO), 2016 yılında 11 ülkeden 89000 ton çiftlik mikroalgini kaydetmesine rağmen, sadece Çin’de 88600 ton üretim rapor edilmiştir. *Spirulina spp.*, *Chlorella spp.*, *Haematococcus pluvialis* ve *Nannochloropsis spp.* gibi birçok mikroalg türü değişik oranlarda beslenme destekleri veya farklı amaçlarda üretilmektedir. FAO verileri, Avustralya, Fransa, Hindistan, İsrail, Japonya, Malezya ve Myanmar gibi önemli üreticilerden elde edilemeyen veriler nedeniyle dünya mikroalg çiftçiliğinin gerçek ölçeğinin altında raporlama yapmaktadır. Bu nedenle üretim raporlarda belirtilenlerin üzerindedir (FAO, 2018). Amerika Gıda ve İlaç İdaresi (FDA) tüm insanların tüketimi için uygun olan organizma, besin, herhangi bir madde veya kimyasala “Genel Olarak Güvenli Kabul Edilir (GRAS)” demektedir. İnsanlar tarafından yıllarca kullanıldığı veya bilimsel olarak zararlı olmadığı kanıtlanmış maddeler GRAS kabul edilmektedir. Bu kapsamda *Arthrospira platensis*,

*Chlamydomonas reinhardtii*, *Auxenochlorella protothecoides*, *Chlorella vulgaris*, *Dunaliella bardawil* ve *Euglena gracilis* gibi algler ve alglerden elde edilmiş bazı ürünler GRAS olarak kabul edilmektedir (FDA, 2019). Bu değerlendirmeler sadece Amerika Birleşik Devletleri (ABD) için geçerlidir. Ülkeler kendi yetkili kurumlarına göre onay vermektedir. Birçok ülkede kabul edilen veya edilmeyen türler farklılık göstermektedir. Özellikle alg tüketiminin fazla olduğu Japonya, Hindistan ve Çin'den bu konularda uzman görüşü alınmaktadır. Tüketilen algler makro (deniz sebzeleri) ve mikro (mikroorganizma), prokaryot ve ökaryot, aynı zamanda renklerine göre kahverengi, yeşil ve kırmızı olarak gruplandırılmaktadır (Torres-Tiji et al., 2020).

Ülkemizde alg tüketimi yaygın olmadığı için bu konuda geliştirilmiş bir gıda tebliği bulunmamakla birlikte E 407a (İşlenmiş eucheuma deniz yosunu) gıda katkı maddesi olarak tebliğde yer almaktadır (Resmi Gazete, 2017). Boğaziçi Üniversitesi bünyesinde İstanbul Mikroyosun Biyoteknolojileri Araştırma ve Geliştirme Birimi (İMBİYOTAB) kurulmuş olup mikroalgler ve beslenme konusunda çalışmalar yürütmektedir (Boğaziçi Üniversitesi, 2017). Hitit Üniversitesi bünyesinde ise ülkemizde yetişen karasal, denizel ve tatlısu algleri veri tabanı bulunmaktadır (Maraşlıoğlu ve Gönülol, 2019).

### **Makro Besin Öğeleri İçeriği**

Yaşam için temel olan proteinler her besin grubuna göre farklılık göstermektedir. Ayrıca besin gruplarının içerdikleri esansiyel aminoasit oranları değişmektedir. Örneğin 100 g için tavuk eti 6,67 g, kırmızı et 17,86 g, yumurta 9,73 g, süt 3,3 g, buğday 10,67 g, soya 9,86 g ve pirinç 3,47 g protein içermektedir (USDA, 2020). Bazı alglerde kuru ağırlık protein yüzdesi diğer bitkisel ve hayvansal protein kaynaklarına göre çok yüksek olabilmektedir. *Arthrospira maxima* gibi türlerin biyokütlelerinin %70'ine kadar protein içeriği olduğu bildirilmiştir. Bu nedenle algler diğer besin kaynaklarına göre yüksek protein yüzdeleri ile iyi bir protein kaynağı alternatifidir (Becker, 2007). Algler yüksek protein içeriğinin yanında esansiyel amino asitlerden de zengin olup çoğu bitkisel protein kaynağından daha kaliteli protein sağlamaktadır. *Euglena gracilis* haricinde tüm GRAS algleri esansiyel aminoasitlerin hepsini içermektedir. GRAS kabul edilen alg türlerinin aminoasit içerikleri Tablo 1'de gösterilmektedir (Torres-Tiji et al., 2020).

**Tablo 1. GRAS Alglerin Aminoasit İçerikleri**

Alg Türü	<i>Arthrospira platensis</i>	<i>Chlamydomonas reinhardtii</i>	<i>Auxenochlorella protothecoides</i>	<i>Chlorella vulgaris</i>	<i>Dunaliella bardawil</i>	<i>Euglena gracilis</i>
Alanin	9,5	8,8	6,2	7,9	7,3	15,8
Arjinin	7,3	7,2	13,4	6,4	7,3	3,4
Aspartik Asit	11,8	9,7	7,1	9	10,4	7,1
Sistein	0,9	-	1,6	1,4	1,2	0,2
Glutamik asit	10,3	11,3	10,3	11,6	12,7	9,5
Glisin	5,7	5,7	5,5	5,8	5,5	7
Histidin	2,2	2,3	3	2	1,8	2,2
İzolösin	6,7	4,4	3,7	3,8	4,2	0,2
Lösin	9,8	9,8	5,6	8,8	11	3,7
Lizin	4,8	6,6	4,9	8,4	7	4,9
Metionin	2,5	2,7	2,1	2,2	2,3	0
Fenilalanin	5,3	5,6	5,5	5	5,8	0,9
Prolin	4,2	5,6	5,6	4,8	3,3	0
Serin	5,1	4,3	5,1	4,1	5,4	10,6
Treonin	6,2	5,1	4,9	4,8	5,4	4,5
Triptofan	0,3	2,8	0,5	2,1	0,7	1,7
Tirozin	5,3	4,3	4,7	3,4	3,7	0,7
Valin	7,1	6,5	5,2	5,5	5,8	8

Yağ asitleri canlı organizmalar için hayati öneme sahip besin öğeleridir. Sağlıklı olmayan yağ asitlerinin fazla tüketimiyle oluşan dejeneratif hastalıklar, zengin ve sanayileşmiş ülkelerde nüfusun üçte ikisinde olası ölüm nedeni oluşturmaktadır. Algler özellikle çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) bakımından zengindir ve beslenmede önemli olan esansiyel yağ asitleri (n-3 ve n-6 serisi) kaynakları olarak olası değer taşımaktadır. Ayrıca, yüksek n-3 içeriği nedeniyle makroalglerin n-6/n-3 oranı 10'dan düşüktür. Bu oran ve yağ asidi içerikleri alg gruplarına göre farklılıklar göstermektedir (Sohrabipour, 2019). Bir çalışmada 55 alg türü incelenmiş *Chlorella protothecoides* gibi bazı türlerde kuru ağırlığın %70'ine kadar lipid içerdiği belirtilmiştir (Griffiths & Harrison, 2009).

Bazı alg türleri bünyelerinde yüksek oranda eikosapentaenoik asit (EPA) ve dokosaheksaenoik asit (DHA) depolayabildikleri için yağ asidi üretimi açısından iyi bir seçenektir. Deniz canlılarında EPA ve DHA miktarının fazla olması alglerin birincil beslenme kaynakları olmasına bağlıdır. Bazı alg türlerinin toplam lipid miktarına göre EPA ve DHA yüzdeleri Tablo 2'de verilmiştir (Adarme-Vega et al., 2012). Ayrıca mikroalgler hayvansal bazlı yağların aksine daha yüksek miktarda n-3 içermektedir. Morina balığı karaciğer yağı ile karşılaştırıldıklarında *Isochrysis galbana* ve *Phaeodactylum*

*tricornutum* iki kat ve üzerinde EPA, *Cryptothecodinium cohnii* 6 kat ve üzerinde DHA üretebilmektedir (Katiyar & Arora, 2020).

**Tablo 2. Bazı Alg Türlerinin Toplam Lipide göre EPA ve DHA Dağılımları**

Alg türü	Yağ asiti türü	Toplam lipide göre %
<i>Nannochloropsis sp.</i>	EPA + DHA	26,7
<i>Nannochloropsis oceanica</i>	EPA	23,4
<i>Nannochloropsis salina</i>	EPA	28
<i>Pinguicoccus pyrenoidosus</i>	EPA + DHA	22,03
<i>Thraustochytrium sp.</i>	EPA + DHA	45,1
<i>Chlorella minutissima</i>	EPA	39,9
<i>Dunaliella salina</i>	EPA	21,4
<i>Pavlova viridis</i>	EPA + DHA	36,0
<i>Pavlova lutheri</i>	EPA + DHA	27,7-41,5
<i>Isocrysis galbana</i>	EPA + DHA	28

Alg hücre duvarı polisakkarit ve protein ağlarından oluşan karmaşık yapıya sahiptir. Glukuronanlar, karagenanlar, agaralar, aljinatlar, fukanlar, ulvanlar ve çok dallı sülfatlanmış heteropolisakkaritler (ksilofucoglukanlar vb.) gibi birçok farklı yapı ve işlevli bileşenleri bulunmaktadır. Aynı zamanda tanımlanmamış ve biyolojik etkinliği çözülememiş maddeler de içermektedir (Kinnaert, Daugaard, Nami & Clausen, 2017). *Gracilaria fisheri* ve *G. tenuistipitata* gibi alg türlerinin mevsimlere göre değişmekle birlikte kuru ağırlıklarının %60 kadarını diyet lifi oluşturmaktadır. Bu oran günümüzde tüketilen ve beslenmemizde geniş yer alan birçok ürünün lif kaynağının çok üzerindedir (Benjama & Masniyom, 2012). Alg lifleri genellikle alg ürünleri içerisinde en çok kullanılan kısımdır. Birçok besin sanayi ürünüde kuruluşların belirlediği sağlıklı miktarlarda gıda katkı maddesi olarak kullanılmaktadır (Griffin, 2015). Algler çözünmez liflerin yanında çözünür lifler de içermektedir. Tüm bu lifler fonksiyonel etki göstererek bağırsak mikrobiyomunu etkilemektedir. Bu nedenle alg polisakkaritleri hem fonksiyonel besin sektörü hem de biyomedikal alanda ilgi görmektedir (Jesus Raposo, De Morais & De Morais R, 2015; Dhargalkar, 2015).

Yaygın olarak faydalı besin destekleri olarak kabul edilen mikroalg cinsleri arasında *Chlorella*, *Arthrospira (spirulina)*, *Dunaliella*, *Haematococcus*, *Scenedesmus*, *Aphanizomenon*, *Odontella* ve *Porphyridium* gösterilmektedir (Chacón-Lee & González-Mariño, 2010). Algler besin içeriği açısından değerlendirildiğinde türlerine göre geniş farklılıklar gösterirken istenilen besin grubunun üretilmesi için uygun alglerin seçilmesi gerekmektedir. Bazı alg türlerinin protein, yağ ve karbonhidrat içerikleri Tablo 3’de gösterilmektedir (Becker, 2007).

**Tablo 3. Bazı alg türlerinin kuru ağırlıklarına göre makro besin ögesi içerikleri**

Alg Türü	Protein (%Kuru Ağırlık)	Karbonhidrat (%Kuru Ağırlık)	Lipid (%Kuru Ağırlık)
<i>Anabaena cylindrica</i>	43-56	25-30	4-7
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	62	23	3
<i>Chlamydomonas reinhardtii</i>	48	17	21
<i>Chlorella pyrenoidosa</i>	57	26	2
<i>Chlorella vulgaris</i>	51-58	12-17	14-22
<i>Dunaliella salina</i>	57	32	6
<i>Euglena gracilis</i>	39-61	14-18	14-20
<i>Porphyridium cruentum</i>	28-39	40-57	9-14
<i>Scenedesmus obliquus</i>	50-56	10-17	12-14
<i>Spirogyra</i> sp.	6-20	33-64	11-21
<i>Arthrospira maxima</i>	60-71	13-16	6-7
<i>Spirulina platensis</i>	46-63	8-14	4-9
<i>Synechococcus</i> sp.	63	15	11

### Vitamin İçeriği

Algler ve alg ürünleri vitamin içerikleri bakımından zengindir. Alg türlerine göre vitamin üretimi ve metabolizması değişebilmektedir. Bu değişim özellikle çevresel koşullar olmak üzere birçok faktörden etkilenmektedir (Helliwell, Wheeler, Leptos, Goldstein & Smith, 2011; Helliwell, Wheeler & Smith, 2013). *Eisenia arborea*'nın 12 aylık bir süre boyunca C, B2, B1 ve A vitaminleri incelenmiş ve seviyelerin yaz aylarında en düşük olduğu bulunmuştur. C vitamini miktarı nisan ve eylül arası maksimum seviyelere çıkabilirken, A vitamini miktarı ocak ayında çıkmaktadır (Hernández-Carmona et al., 2009). Alglerde yapılan vitamin çalışmalarının çoğu içerdikleri vitamin miktarını belirlemek için yapılmıştır. Özellikle B grubu, E, C ve A vitaminleri açısından zengindir. *Porphyra umbilicalis* ve *Himantalia elongata* domates ve marul ile karşılaştırılacak kadar C vitamini içermektedir. *Eisenia arborea* 100 g kuru ağırlığında 34,4 mg C vitamini bulunmaktadır. Bu miktar mandalina ve portakala yakın değerdedir (Hernández-Carmona et al., 2009; Ferraces-Casais, Lage-Yusty, De Quirós & López-Hernández, 2012). *Macrocystis pyrifera* palmye, ayçiçeği tohumu ve soya fasulyesi yağları gibi E vitamin açısından zengin bitki yağları ile eşit düzeyde  $\alpha$ -tokoferol içermektedir (Ortiz et al., 2009; Škrovánková, 2011). *Codium fragile* ve *Gracilaria chilensis*'de bulunan  $\beta$ -karoten değerleri havuçta ölçülen değerleri aşabilmektedir (Ortiz et al., 2009). Yeşil mikroalg *Dunaliella salina*'nın çeşitli suşları yüksek oranda  $\beta$ -karoten içerebilmektedir (Borowitzka, 2013).

Alglerle ilgili yapılan vitamin çalışmalarında biyoyararlılık daha az araştırılmıştır. Alglerin vitamin miktarlarının yüksek olması etkinliği konusunda net bilgi vermeyebilir. Örneğin E vitamininin 8 farklı formu veya B12 vitamininin farklı analogları alglerde bulunmaktadır. Her formun etkinliği farklı olabilmektedir. Bunun yanında besinlere katılmalarının besin kalitesini arttıracığı bilinmektedir (Ortiz et al., 2009). Yapılan bir çalışmada siyanobakterilerin büyük çoğunluğunun psödokobalamini sentezlediğini, oysa büyüme için B12'ye bağımlı olan ökaryotik alglerin, kobalamin gereksinimlerinin hayvanlar gibi olduğunu ortaya çıkarmıştır (Helliwell et al., 2016).

### **Mineral İçeriği**

Algler diğer deniz canlıları gibi özellikle iyot ve demir açısından değerlendirilmektedir. İnsanlar tarafından deniz yosunu tüketiminin guatr ve diğer tiroid bozukluklarının insidansını azalttığı uzun süredir bilinmektedir. İyot eksikliği hipotiroidizme neden olurken aşırı iyot alımı hiper veya hipotiroidizmi tetikleyebilmektedir (Miyai, Tokushige, Kondo & Iodine Research Group, 2008). Yapılan bir çalışmada Japon postmenopozal kadınlarda haftada 2 günden fazla deniz yosunu tüketiminin tiroid kanseri riski artışı ile ilişkili olduğu görülmüştür (Michikawa et al., 2012). Farklı bir çalışmada ise bu ilişkinin anlamlı olmadığı belirtilmiştir (Wang et al., 2016).

Bazı algler (*Saccharina latissima*, *Laminaria ochroleuca*) yüksek seviyede iyot içermektedir. Yosun tozu olarak satılan ticari formlar iyot kaynağı olarak kullanılmaktadır. İyot miktarları alglerin türüne göre geniş çeşitlilik göstermektedir. Tüm algler yüksek seviyelerde iyot biriktirmez; örneğin *Ulva sp.*, *Cystoseira usneoides* ile karşılaştırıldığında çok daha düşük iyot seviyesine sahiptir (Cabrita et al., 2016). Algler ticari olarak kullanılmak üzere hazırlanırken iyot kaybına uğrayabilmektedirler. *Alaria esculenta*, *Palmaria palmata* ve *Ulva intestinalis* işlenirken önce yıkanır sonra kurutulur. Bu aşamalarda iyot kaybı gözlenmezken, sonradan yapılan ıslatma ve kaynatma işleminde %14-75 oranında iyot kaybedebilmektedir (Nitschke & Stengel, 2016).

Makroalgler insan diyetleri için potansiyel olarak zengin bir demir kaynağıdır. Aynı bölgelerde ve zamanda toplanan makroalg türleri arasında demir içeriğinin önemli ölçüde değiştiği ve bunun muhtemelen metabolik gereksinimlerdeki farklılıklarla ilişkili olduğu düşünülmektedir (Cabrita et al., 2016). Aynı zamanda alglerin demir içeriği, türlere özgü olmanın yanı sıra kıyı sularının metal içeriğine bağlı olarak mevsimsel ve coğrafi olarak değişmektedir (Cabrita et al., 2016; García-Casal, Pereira, Leets, Ramírez & Quiroga, 2007). Venezüella sularında yaygın olan dört deniz yosunu türünün (*Ulva spp.*, *Sargassum spp.*, *Porphyra spp.* ve *Gracilariopsis spp.*) incelendiği bir çalışmada demir içeriğinin mevsimlere göre değiştiği bildirilmiştir. *Gracilariopsis spp.*, *Sargassum spp.* ve *Porphyra spp.*'nin demir içeriğinin bahar ve yaz aylarında en yüksek, sonbahar ve kış aylarında en düşük olduğu gösterilmiştir (García-Casal et al., 2007). *Sargassum*, *Ulva* ve *Porphyra spp.*'nin demir açısından çok zengin olup günde 1 defa 15 g *Sargassum* tüketiminin günlük demir gereksiniminin fazlasını karşıladığı belirtilmiştir. Aynı zamanda yüksek C vitamini içeriği, tahıl bazlı ürünlere eklenen

yoşun tozu ile sinerjik etki göstererek demir emilimini olumlu etkilemektedir (García-Casal et al., 2007; García-Casal, Ramirez, Leets, Pereira & Quiroga, 2008). Algler demir ve iyot açısından zengin olsalar da bünyelerinde farklı birçok minerali de barındırmaktadır. Bazı alg türlerinin kuru ağırlıklarının toplam mineral, esansiyel makromineral ve temel eser elementlerinin içeriği Tablo 4’de verilmiştir (Cabrita et al., 2016).

**Tablo 4. Bazı Alglerde Bulunan Toplam Mineral (g/kg), Esansiyel Makromineral (g/kg) ve Temel Eser Elementlerin (mg/kg) Miktarları**

Alg Türü	Top.	E. Makromineraler					Temel Eser Element					
		Ca	P	Mg	Fe	I	Zn	Cu	Mn	Se	Co	Br
<i>Codium adhaerens</i>	71	49,76	0,95	14,93	3501	475	8	2,633	45,12	2,658	0,958	1233
<i>Codium vermilara</i>	24	6,83	1,24	14,61	98	75,4	2,98	0,594	10,31	2,465	0,164	1027
<i>Ulva sp.</i>	29	7,46	1,28	19,54	139	23,3	16,19	3,356	12,65	1,946	0,252	513,6
<i>Bifurcaria bifurcata</i>	17,2	9,08	1,97	5,25	258	253,8	7,93	0,857	5,82	0,714	0,315	263
<i>Cystoseira usneoides</i>	19,7	12,6	1,22	4,37	142	507,2	6,76	1,311	5,99	1,654	0,156	647,7
<i>Fucus guiryi</i>	18,9	8,95	1,90	7,02	132	273,4	45,34	2,09	109	0,905	1,485	345,3
<i>Fucus serratus</i>	23,8	12,84	2,34	7,24	310	322,5	52,75	2,685	149,6	1,215	1,964	420,3
<i>Fucus spiralis</i>	21,6	10,49	1,56	8,19	515	232,7	153,6	2,075	62,61	0,807	0,823	335,6
<i>Laminaria ochroleuca</i>	22,7	12,55	2,57	6,11	179	883,5	24,75	1,233	8,62	0,937	0,119	281,4
<i>Pelvetia canaliculata</i>	19,9	9,23	1,41	8,12	202	250,7	66,65	4,523	17,65	1,447	0,523	524,8
<i>Saccharina latissima</i>	18,9	9,59	2,26	5,31	30	957,6	41,55	1,170	3,91	1,300	0,392	552
<i>Sargassum muticum</i>	23,2	13,02	1,80	7,30	307	216	12,02	2,334	26,72	1,015	0,472	382,2
<i>Sargassum vulgare</i>	33,9	27,21	1,06	4,05	436	583	11,74	8,679	24,06	1,447	0,363	490,2
<i>Gigartina sp.</i>	18,2	4,68	3,59	8,21	366	194,1	46,74	2,024	116,2	1,735	0,740	829,3
<i>Gracilaria vermiculophylla</i>	10,9	1,96	2,35	4,31	1049	46,7	32,81	1,998	392,3	1,325	1,534	640,1

### Alglerdeki Biyoaktif Maddeler ve Sağlık Üzerine Etkileri

Alglerde biyoaktif etki gösteren birçok madde bulunmaktadır. Bunların başında antioksidan etkiye sahip A, C, ve E vitaminleri, Fe, Se ve Zn gibi mineraller, flavonoidler, fenolik asitler, polisakaritler ile serbest radikalleri temizleyen floridosid, izofloridosid, aljinat, halofenol gibi maddeler gelmektedir (Kinnaert et al., 2017; Barahona, Encinas, Mansilla, Matsuhiro & Zúñiga, 2012; Zhao, Li, Xue & Sun, 2012). Flavonoidler ve fenolik asitler gibi fenolik bileşikler antioksidan görevi görmektedir ve alg türüne göre miktarları değişmektedir. Kahverengi makroalgler (*Alaria esculenta*, *Ascophyllum nodosum*, *F. vesiculosus*, *Saccharina latissima*), kırmızı türlerin (*Chondrus crispus*, *Meristotheca papulosa*, *Palmaria palmata*, *Sarcoditheca gaudichaudii*) toplam fenolik miktarının 2-15 katına sahiptir (Tibbetts, Milley & Lall, 2016). Fenolik bileşiklerin ekstrakte ve karakterize edilmesi zordur ve çeşitli etmenlerden etkilenmektedir. *Kappaphycus alvarezii*'nin güneş ışığında kurutulması, fırınlarda veya gölgede kurutulmuş örneklerle kıyasla toplam fenolik, flavonoid,



antosiyanin ve karotenoid içeriğinin önemli ölçüde azaldığı gözlemlenmiştir (Ling, Yasir, Matanjun & Bakar, 2015). *Scenedesmus obliquus* türünden üretilen karatonoidlerin farelerde olumlu etkileri olduğu, antioksidan enzimlerin aktivitesini iyileştirmek ve lipid peroksidasyonunu azaltmak için bir seçenek olabileceği belirtilmiştir (Nascimento et al., 2020).

Tatlı su mikroalgleri, antioksidan tepki mekanizmaları kullanarak reaktif oksijen türlerinin (ROS) etkisini önleyebilmektedir. Reaktif oksijen türleri ve antioksidan yanıt mekanizmasının üretiminin tatlı su mikroalg türlerine göre değiştiğini ve tatlı su mikroalg hücre boyutu, hücre şekli, hücre yoğunluğu, büyüme aşaması, ışık, sıcaklık, besin maddesi ve abiyotik faktörler gibi faktörlere bağlı olduğunu bilinmektedir (Ugya, Imam, Li, Ma, & Hua, 2020). Lutein, antioksidan kapasitesi olan ksantofil ailesine ait bir karotenoid bileşimidir. Luteinin yaşa bağlı maküler dejenerasyon, katarakt, kardiyovasküler hastalıklar ve bazı kanser türlerinin önlenmesinde etkili olduğu ve insan sağlığı konusunda büyük ilgi gördüğü bilinmektedir. *Scenedesmus almeriensis*, *Chlorella zofingiensis* veya *Muriellopsis sp.*, türlerinin lutein üretiminde kullanılan çeşitli türlerle rekabet edeceği belirtilmiştir (Spinola & Díaz-Santos, 2020). Flavonoidler, glikozitler, fenoller, tanenler gibi fitokimyasallar da alg türlerinde yüksek derecede bulunabilmektedir. Bir çalışmada *Tetradesmus acuminatus*'dan elde edilen fitokimyasalların MCF-7 insan meme kanseri hücre dizisi için umut verici bir antioksidan ve antikanser maddesi olduğunu bildirilmiştir (Mujeeb et al., 2020). Alglerden elde edilen yağlarında antioksidan kapasiteleri mevcuttur. Mikroalglerden ekstrakte edilen n-3 yağ asitlerinin, Tip 2 diyabet hastalarında toplam antioksidan kapasitesini arttırabileceği belirtilmiştir (Gutiérrez-Pliego, Martínez-Carrillo, Reséndiz-Albor & Valdés-Ramos, 2020).

Kolon florasının diyet modülasyonu ve bakteriyel fermantasyon ürünlerinin insan sağlığı üzerindeki etkileri uzun süredir incelenmektedir. Algler ve alg ürünleri bağırsak mikrobiyotasını etkileyebilmektedir (Duffy, Raiten, Hubbard & Starke-Reed, 2015). İnce bağırsakta tam sindirilemeyen alg proteinleri ve karbonhidratlar, mikrobiyal yanıtın desteklenmesi yoluyla dolaylı olarak bağışıklık tepkisini uyararak gastrointestinal sistem üzerinde fayda sağlayabilmektedir (Cian, Drago, De Medina & Martínez-Augustin, 2015). Bir çalışmada gastrointestinal sorunları olan insanların günlük 1-3 g *Chlamydomonas reinhardtii* tüketmeleri sonucunda daha az bağırsak rahatsızlığı, ishal, gaz veya şişkinlik, daha düzenli bağırsak hareketleri ve dışkılama bildirilmiştir. Dışkı incelemelerinde herhangi bir disbiyozis durumuna rastlanmamıştır (Fields et al., 2020).

Mikroalgler adiposit öncesi farklılaşmayı önleyebilmekte ve de novo lipogenezi azaltarak trigliserid birikimini sınırlayabilmekte ayrıca lipoliz ve yağ asidi oksidasyonu arttırabilmektedir. Mikroalgler kahverengi yağ dokusunda termojenez aktivasyonu ve beyaz yağ dokusunda esmerleşme yoluyla artan enerji tüketimini uyarabilir. *Euglena gracilis*, *Phaeodactylum tricornutum*, *Spirulina maxima*, *Spirulina platensis* ve *Nitzschia laevis* gibi mikroalglerin tüketiminin obezitenin önlenmesinde etkili olabileceği belirtilmektedir (Gómez-Zorita et al., 2020).

Genel olarak değerlendirildiğinde alg bileşenleri bağışıklık sistemini güçlendirmek ve hiperkolesterolemiye karşı kan kolesterolünü azaltmak için kullanılmaktadır. Antikanserojen etkileri yanında mide ülseri veya yara iyileşmesinde kullanılabilir. Bazı mikroalgal türler, analjezik, bronkolitik ve antihipertansif ilaçlar oluşturmak için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bazı türlerden elde edilen özütler kan hemoglobin konsantrasyonunu artırır ve kan şekeri seviyesini düşürmektedir. Mikroalglerden elde edilen büyük miktarlarda biyoaktif bileşen, kas yıkımına neden olan enflamatuvar bileşiklerin üretimini azaltan güçlü yararlı özelliklere sahiptir. Mikroalgal biyoaktif bileşenleri, kapsüller, tabletler, tozlar ve jeller gibi hastalığı engelleyen ve sağlığı geliştiren ilaçlarda etkin bir rol oynamaktadır (Fields et al., 2020; Basheer et al., 2020). Mikroalglerin terapötik özellikleri, insan tıbbi ürünlerinde kardiyovasküler sağlık, antikanser, antienflamatuvar, antikoagülan, antiviral, antibakteriyel, antifungal olmak üzere çok çeşitli etkiler sergilemektedir. Bu nedenle algler sağlığın desteklenmesi ve hastalıkların önlenmesinde araştırılması gereken önemli seçeneklerdir (Costa, Moreira, Fanka, Costa Kosinski & Morais, 2020). Alglerin geniş ve keşfedilmemiş biyolojik çeşitliliğinin, insan beslenmesini destekleyerek geliştirebilecek yeni biyoaktif molekülleri ortaya çıkaracağı düşünülmektedir (Koller, Muhr & Braunegg, 2014).

### **Alg Tüketiminin Olası Riskleri**

Alg tüketimine bağlı olası risklerin başında toksik metal alımı gelmektedir. Alglerin yaşam çevreleri birçok risk faktörünü taşıdığı için savunma sistemleri genel olarak güçlüdür. Ağır metalleri bünyelerinde barındırmalarına rağmen zarar görmezler. Buldukları suda toksik metal arttığında sucül bitkiler ve algler, biyolojik birikim süreci yoluyla metalleri biyokütlesine eklemektedir. Böylece alglerde toksik metal miktarı yüksek olabilmektedir (Pistocchi, Dao, Mikulic & Beardall, 2019). Kızıl Deniz 'de bulunan 5 kırmızı alg türünün (*Corallina*, *Gracilaria*, *Hypnea*, *Jania* ve *Laurencia* ) toksik metal içeriklerinin incelendiği bir çalışmada, *Jania* ve *Hypnea* türünde mangan ve çinko birikiminin *Gracilaria* ve *Laurencia*'dan daha fazla olduğu bulunmuştur. Beslenme, besin desteği, kozmetik ve gübrelerin hazırlanmasında *Jania* ve *Hypnea*'dan kaçınılması önerilmiştir (Ali, Idris, Eltayeb, El-Zahhar & Ashraf, 2019). İspanya'da yapılan bir çalışmada pazarlanan toplam 73 ürünün ağır metal içeriğine bakıldığında ana toksik metalin alüminyum olduğu bulunmuştur. En yüksek alüminyum miktarı Asya kökenli ürünlerde bulunurken, Avrupa kökenli ürünlerde en yüksek cıva seviyeleri bulunmuştur. Günde 5 g susuz deniz yosunu tüketiminin yetişkinler için risk taşımadığı belirtilmiştir (Paz et al., 2019).

Arsenik insanlar için kanserojen maddeler arasındadır. Arseniğin biyolojik metabolitleri de olası kanserojenler olarak gruplandırılmaktadır. Deniz organizmaları, arseniği metillenmiş (organik) formlara dönüştürüldüğü zehirsizleştirme stratejileri geliştirmiştir. Bu nedenle kanserojen etki arseniğin birikim şekli ve miktarına göre değişmektedir. Alglerde 50 türe yakın arsenik bileşeni bildirilmiştir (Francesconi, 2010). Sırasıyla *Rhodophyta*, *Phaeophyta* ve *Chlorophyta*'ya ait 92

(kırmızı), 154 (kahverengi) ve 36 (yeşil) tür dahil olmak üzere alglerdeki toplam ve inorganik arsenik içeriğinin gözden geçirildiği bir çalışmada *Phaeophyta*'da türlerin en yüksek ve *Chlorophyta* 'da türlerin en düşük arsenik içerdiği belirtilmiştir (Ma et al., 2018).

Alglerle ilgili karşılaşılabilecek bir diğer sorun alerjilerdir. Spirulina tabletinin tüketilmesi sonucu anafaksi gelişen vaka bildirilmiştir (Le, Knulst & Röckmann, 2014). *Chlorella protothecoides*'ten kurutulmuş ve öğütülmüş bir protein preparatı olan Tüm Algalin Proteini'nin sıçanlardaki beslenme çalışmalarında gıda alerjilerine neden olma olasılığının düşük olduğu gösterilmiştir (Szabo, Matulka & Chan, 2013). *Gracilaria (Rhodophyta)* ve *Caulerpa (Chlorophyta)* türü, özellikle Batı Pasifik'te deniz sebzeleri olarak yenir ancak bu cinslerin birkaç toksik türü satıldığında veya toplandığında bazı ölümler meydana gelmiştir. Bu nedenle alg türleri doğru araştırılıp satışı sırasında kontrol edilmelidir (Cheney, 2016; Gaillande, Payri, Remoissenet & Zubia, 2017).

## SONUÇ

Algler büyük bir biyokütle ve zengin bir biyoçeşitliliğe sahiptir. Türlerine göre değişmekle birlikte makro ve mikro besin öğeleri açısından zengin kaynaklardır. Açlığın önlenmesi ve sürdürülebilir beslenme için arazilerin kullanılmasına neden olmadan ve çevresel zararları en aza indirerek okyanus ve deniz sularının kullanılması ile alternatif bir kaynak olacağı düşünülmektedir. İçerdikleri antioksidan vitaminler, polisakkaridler, fenolik bileşikler ve lutein gibi birçok biyoaktif madde hastalıkların önlenmesi ve sağlığın geliştirilmesi açısından tıp sektöründe birçok alanda kullanılmaktadır. Bununla birlikte algler ağır metal, yüksek tuz yoğunluğu ve alerjen maddeler gibi olumsuz etkenler de barındırabilmektedir. Üç tarafı denizlerle çevrili ve iç su kaynaklarına sahip ülkemiz için algler önemli birer besinsel alternatiftir. Şuan için bu kaynaklar verimli kullanılmamaktadır. Ülkemizde bu alanda çalışan merkezler artırılmalıdır. Hem ülkemizde hem de dünyada alglerden en yüksek düzeyde faydalanılabilmesi için bu alanda bilimsel araştırmaların artırılması, risk analizlerinin yapılması, mevzuatların oluşturulması ve küresel politikaların geliştirilmesi gerekmektedir.

## KAYNAKLAR

- Adarme-Vega, T. C., Lim, D. K., Timmins, M., Vernen, F., Li, Y., & Schenk, P. M. (2012). Microalgal biofactories: a promising approach towards sustainable omega-3 fatty acid production. *Microbial Cell Factories*, 11 (1), 96. doi: 10.1186/1475-2859-11-96.
- Ali, A. Y., Idris, A. M., Eltayeb, M. A., El-Zahhar, A. A., & Ashraf, I. M. (2019). Bioaccumulation and health risk assessment of toxic metals in red algae in Sudanese Red Sea coast. *Toxin Reviews*, 1-11. doi: 10.1080/15569543.2019.1697886.
- Basheer, S., Huo, S., Zhu, F., Qian, J., Xu, L., Cui, F. et al. (2020). Microalgae in human health and medicine. In: Alam, A., Xu, J. L., Wang, Z. (ed). *Microalgae Biotechnology for Food, Health and High Value Products* (pp. 149-174). Springer, Singapore. doi: 10.1007/978-981-15-0169-2\_5.
- Barahona, T., Encinas, M. V., Mansilla, A., Matsuhira, B., & Zúñiga, E. A. (2012). A sulfated galactan with antioxidant capacity from the green variant of tetrasporic *Gigartina skottsbergii* (Gigartinales, Rhodophyta). *Carbohydrate Research*, 347 (1), 114-120. doi: 10.1016/j.carres.2011.11.014.
- Becker, E. W. (2007). Micro-algae as a source of protein. *Biotechnology Advances*, 25 (2), 207-210.
- Benjama, O., & Masniyom, P. (2012). Biochemical composition and physicochemical properties of two red seaweeds (*Gracilaria fisheri* and *G. tenuistipitata*) from the Pattani Bay in Southern Thailand. *Sonklanakarin Journal of Science and Technology*, 34 (2), 223.
- Boğaziçi Üniversitesi. (2017). İstanbul mikroyosun biyoteknolojileri araştırma ve geliştirme birimi (İMBİYOTAB). Erişim Tarihi 02.09.2020, <https://imbiyotab.boun.edu.tr/>
- Borowitzka, M. A. (2013). *Dunaliella*: biology, production, and markets. In: Richmond A., & Hu, Q., (ed). *Handbook of Microalgal Culture: Applied Phycology and Biotechnology*, (pp 359-368). John Wiley & Sons. doi: 10.1002/9781118567166.ch18
- Cabrita, A. R., Maia, M. R., Oliveira, H. M., Sousa-Pinto, I., Almeida, A. A., Pinto, E. et al. (2016). Tracing seaweeds as mineral sources for farm-animals. *Journal of Applied Phycology*, 28 (5), 3135-3150. doi: 10.1007/s10811-016-0839-y.
- Chacón-Lee, T. L., & González-Mariño, G. E. (2010). Microalgae for “healthy” foods—possibilities and challenges. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9 (6), 655-675. doi: 10.1111/j.1541-4337.2010.00132.x.
- Cheney, D. (2016). Toxic and harmful seaweeds. In: Fleurence, J., & Levine, I. (Ed) *Seaweed in health and disease prevention* (pp. 407-421). Academic Press. doi: 10.1016/B978-0-12-802772-1.00013-0.

- Cian, R. E., Drago, S. R., De Medina, F. S., & Martínez-Augustin, O. (2015). Proteins and carbohydrates from red seaweeds: evidence for beneficial effects on gut function and microbiota. *Marine Drugs*, 13 (8), 5358-5383. doi: 10.3390/md13085358.
- Costa, J. A. V., Moreira, J. B., Fanka, L. S., da Costa Kosinski, R., & de Morais, M. G. (2020). Microalgal biotechnology applied in biomedicine. In: Konur, Ö. (ed). *Handbook of Algal Science, Technology and Medicine* (pp. 429-439). Academic Press. doi: 10.1016/B978-0-12-818305-2.00027-9
- Dhargalkar, V. (2015). Uses of seaweeds in the Indian diet for sustenance and well-being. *Scientific and Culture*, 80, 192-202.
- Duffy, L. C., Raiten, D. J., Hubbard, V. S., & Starke-Reed, P. (2015). Progress and challenges in developing metabolic footprints from diet in human gut microbial cometabolism. *The Journal of Nutrition*, 145 (5), 1123S-1130S. doi: 10.3945/jn.114.194936.
- FAO. (2018). The state of world fisheries and aquaculture 2018 - meeting the sustainable development goals. Erişim Tarihi 02.09.2020, <http://www.fao.org/documents/card/en/c/I9540EN/>
- FAO, IFAD, UNICEF, WFP & WHO. (2017). The state of food security and nutrition in the world. Building resilience for peace and food security. Erişim Tarihi 02.09.2020, <http://www.fao.org/3/a-i7695e.pdf>
- FDA. (2019). Generally recognized as safe (GRAS). Erişim Tarihi 02.09.2020, <https://www.fda.gov/food/food-ingredients-packaging/generally-recognized-safe-gras>
- Ferraces-Casais, P., Lage-Yusty, M. A., De Quirós, A. R. B., & López-Hernández, J. (2012). Evaluation of bioactive compounds in fresh edible seaweeds. *Food Analytical Methods*, 5 (4), 828-834. doi: 10.1007/s12161-011-9321-2.
- Fields, F. J., Lejzerowicz, F., Schroeder, D., Ngoi, S. M., Tran, M., McDonald, D., et al. (2020). Effects of the microalgae *Chlamydomonas* on gastrointestinal health. *Journal of Functional Foods*, 65, 103738. doi: 10.1016/j.jff.2019.103738.
- Francesconi, K. A. (2010). Arsenic species in seafood: origin and human health implications. *Pure and Applied Chemistry*, 82 (2), 373-381. doi: 10.1351/PAC-CON-09-07-01.
- Gaillande, C., Payri, C., Remoissenet, G., & Zubia, M. (2017). Caulerpa consumption, nutritional value and farming in the Indo-Pacific region. *Journal of Applied Phycology*, 29 (5), 2249-2266. doi: 10.1007/s10811-016-0912-6.
- García-Casal, M. N., Pereira, A. C., Leets, I., Ramírez, J., & Quiroga, M. F. (2007). High iron content and bioavailability in humans from four species of marine algae. *The Journal of Nutrition*, 137 (12), 2691-2695. doi: 10.1093/jn/137.12.2691.

- García-Casal, M. N., Ramirez, J., Leets, I., Pereira, A. C., & Quiroga, M. F. (2008). Antioxidant capacity, polyphenol content and iron bioavailability from algae (*Ulva* sp., *Sargassum* sp. and *Porphyra* sp.) in human subjects. *British Journal of Nutrition*, 101(1), 79-85. doi: 10.1017/S0007114508994757.
- Gerberş P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., et al. (2013). Tackling climate change through livestock – a global assessment of emissions and mitigation opportunities. Erişim Tarihi 02.09.2020, <http://www.fao.org/3/a-i3437e.pdf>
- Griffin, J. A. (2015). An Investigative Study Into the Beneficial Use of Seaweed in Bread and the Broader Food Industry. Erişim Tarihi 02.09.2020, <https://arrow.tudublin.ie/cgi/viewcontent.cgi?article=1000&context=tfschcafdis>
- Griffiths, M. J., & Harrison, S. T. (2009). Lipid productivity as a key characteristic for choosing algal species for biodiesel production. *Journal of Applied Phycology*, 21(5), 493-507. doi: 10.1007/s10811-008-9392-7.
- Gómez-Zorita, S., Trepiana, J., González-Arceo, M., Aguirre, L., Milton-Laskibar, I., González, M. et al. (2020). Anti-Obesity Effects of Microalgae. *International Journal of Molecular Sciences*, 21 (1), 41. doi: 10.3390/ijms21010041.
- Gutiérrez-Pliego, L. E., Martínez-Carrillo, B. E., Reséndiz-Albor, A. A., & Valdés-Ramos, R. (2020). Effect on adipose tissue of diabetic mice supplemented with n-3 fatty acids extracted from microalgae. *Endocrine, Metabolic & Immune Disorders-Drug Targets (Formerly Current Drug Targets-Immune, Endocrine & Metabolic Disorders)*, 20 (5), 728-735. doi: 10.2174/1871530320666200213111452.
- Helliwell, K. E., Lawrence, A. D., Holzer, A., Kudahl, U. J., Sasso, S., Kräutler, et al. (2016). Cyanobacteria and eukaryotic algae use different chemical variants of vitamin B12. *Current Biology*, 26 (8), 999-1008. doi: 10.1016/j.cub.2016.02.041.
- Helliwell, K. E., Wheeler, G. L., Leptos, K. C., Goldstein, R. E., & Smith, A. G. (2011). Insights into the evolution of vitamin B12 auxotrophy from sequenced algal genomes. *Molecular Biology and Evolution*, 28 (10), 2921-2933. doi: 10.1093/molbev/msr124.
- Helliwell, K. E., Wheeler, G. L., & Smith, A. G. (2013). Widespread decay of vitamin-related pathways: coincidence or consequence?. *Trends in Genetics*, 29 (8), 469-478. doi: 10.1016/j.tig.2013.03.003.
- Hernández-Carmona, G., Carrillo-Domínguez, S., Arvizu-Higuera, D. L., Rodríguez-Montesinos, Y. E., Murillo-Álvarez, J. I., Muñoz-Ochoa, M., et al. (2009). Monthly variation in the chemical composition of *Eisenia arborea* JE Areschoug. *Journal of Applied Phycology*, 21 (5), 607-616.

doi: 10.1007/s10811-009-9454-5.

- Jesus Raposo, M. F., De Morais, A. M. B., & De Morais, R. M. S. C. (2015). Marine polysaccharides from algae with potential biomedical applications. *Marine Drugs*, 13 (5), 2967-3028. doi: 10.3390/md13052967.
- Katiyar, R., & Arora, A. (2020). Health promoting functional lipids from microalgae pool: A review. *Algal Research*, 46, 101800. doi: 10.1016/j.algal.2020.101800.
- Kinnaert, C., Daugaard, M., Nami, F., & Clausen, M. H. (2017). Chemical synthesis of oligosaccharides related to the cell walls of plants and algae. *Chemical Reviews*, 117 (17), 11337-11405. doi: 10.1021/acs.chemrev.7b00162.
- Koller, M., Muhr, A., & Braunegg, G. (2014). Microalgae as versatile cellular factories for valued products. *Algal Research*, 6, 52-63. doi: 10.1016/j.algal.2014.09.002.
- Le, T. M., Knulst, A. C., & Röckmann, H. (2014). Anaphylaxis to Spirulina confirmed by skin prick test with ingredients of Spirulina tablets. *Food and Chemical Toxicology*, 74, 309-310. doi: 10.1016/j.fct.2014.10.024.
- Ling, A. L. M., Yasir, S., Matanjun, P., & Bakar, M. F. A. (2015). Effect of different drying techniques on the phytochemical content and antioxidant activity of *Kappaphycus alvarezii*. *Journal of Applied Phycology*, 27 (4), 1717-1723. doi: 10.1007/s10811-014-0467-3.
- Ma, Z., Lin, L., Wu, M., Yu, H., Shang, T., Zhang, T., & Zhao, M. (2018). Total and inorganic arsenic contents in seaweeds: Absorption, accumulation, transformation and toxicity. *Aquaculture*, 497, 49-55. doi: 10.1016/j.aquaculture.2018.07.040.
- Maraşlıoğlu, F & Gönülol, A. (2019) Turkish algae electronic publication, Çorum, Turkey. <http://turkiyealgeri.hitit.edu.tr/ilgi.php> Erişim Tarihi 02.09.2020, <http://turkiyealgeri.hitit.edu.tr/>.
- Michikawa, T., Inoue, M., Shimazu, T., Sawada, N., Iwasaki, M., Sasazuki, S, et al. (2012). Seaweed consumption and the risk of thyroid cancer in women: the Japan Public Health Center-based Prospective Study. *European Journal of Cancer Prevention*, 21 (3), 254-260. doi: 10.1097/CEJ.0b013e32834a8042.
- Miyai, K., Tokushige, T., Kondo, M., & Iodine Research Group. (2008). Suppression of thyroid function during ingestion of seaweed "Kombu"(Laminaria japonica) in normal Japanese adults. *Endocrine Journal*, 55 (6), 1103-1108. doi: 10.1507/endocrj.K08E-125.
- Mujeeb, M. A., Vedamurthy, A., Shettar, A. K., Puranik, S. I., Ghagane, S., Thimmappa, S. C. (2020). In vitro anti-oxidant and anti-cancer activity of tetrademus acuminatus microalgae extract on MCF-7 human breast cancer cell line. *International Journal of Cancer Research*, 16 (1), 1-9.

doi: 10.3923/ijcr.2020.1.9.

- Nascimento, T. C., Cazarin, C. B. B., Maróstica Jr, M. R., Mercadante, A. Z., Jacob-Lopes, E., & Zepka, L. Q. (2020). Microalgae carotenoids intake: influence on cholesterol levels, lipid peroxidation and antioxidant enzymes. *Food Research International*, 128, 108770. doi: 10.1016/j.foodres.2019.108770.
- Nitschke, U., & Stengel, D. B. (2016). Quantification of iodine loss in edible Irish seaweeds during processing. *Journal of Applied Phycology*, 28 (6), 3527-3533. doi: 10.1007/s10811-016-0868-6.
- Ortiz, J., Uquiche, E., Robert, P., Romero, N., Quitral, V., & Llantén, C. (2009). Functional and nutritional value of the Chilean seaweeds *Codium fragile*, *Gracilaria chilensis* and *Macrocystis pyrifera*. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 111 (4), 320-327. doi: 10.1002/ejlt.200800140.
- Paz, S., Rubio, C., Frías, I., Gutiérrez, Á. J., González-Weller, D., Martín, V., et al. (2019). Toxic metals (Al, Cd, Pb and Hg) in the most consumed edible seaweeds in Europe. *Chemosphere*, 218, 879-884. doi: 10.1016/j.chemosphere.2018.11.165.
- Pistocchi, R., Dao, L. T. H., Mikulic, P., & Beardall, J. (2019). Metal Pollution in Water: Toxicity, Tolerance and Use of Algae as a Potential Remediation Solution. In: Hallmann, A., Rampelotto, P. H. (ed). *Grand Challenges in Algae Biotechnology* (pp. 471-500). Springer, Cham. doi: 10.1007/978-3-030-25233-5
- Resmi Gazete. (2017). Türk gıda kodeksi gıda katkı maddeleri yönetmeliğinde değişiklik yapılmasına dair yönetmelik, sayı: 30188. Erişim Tarihi 02.09.2020, Erişim Adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/09/20170922-4.htm>.
- Škrovánková, S. (2011). Seaweed vitamins as nutraceuticals. In: Kim, S. K. (ed). *Advances in Food and Nutrition Research*, 64, 357-369. Academic Press. doi: 10.1016/B978-0-12-387669-0.00028-4
- Sohrabipour J. (2019). Fatty acids components of marine macroalgae and their medicinal applications. *Journal of Phycological Research*, 3 (2). Erişim Tarihi 02.09.2020, Erişim Adresi: <http://phycology.sbu.ac.ir/article/view/30770>.
- Spinola, M. V., & Díaz-Santos, E. (2020). Microalgae Nutraceuticals: The Role of Lutein in Human Health. In: Alam, M. A., Xu, J. L., Wang, Z. (ed). *Microalgae Biotechnology for Food, Health and High Value Products* (pp. 243-263). Springer, Singapore. doi: 10.1007/978-981-15-0169-2\_7.
- Szabo, N. J., Matulka, R. A., & Chan, T. (2013). Safety evaluation of whole algalin protein (wap)



- from *Chlorella protothecoides*. *Food and Chemical Toxicology*, 59, 34-45. doi: 10.1016/j.fct.2013.05.035.
- Tibbetts, S. M., Milley, J. E., & Lall, S. P. (2016). Nutritional quality of some wild and cultivated seaweeds: Nutrient composition, total phenolic content and in vitro digestibility. *Journal of Applied Phycology*, 28 (6), 3575-3585. doi: 10.1007/s10811-016-0863-y.
- Torres-Tiji, Y., Fields, F. J., & Mayfield, S. P. (2020). Microalgae as a future food source. *Biotechnology advances*, 41, 107536. doi: 10.1016/j.biotechadv.2020.107536.
- Ugya, A. Y., Imam, T. S., Li, A., Ma, J., & Hua, X. (2020). Antioxidant response mechanism of freshwater microalgae species to reactive oxygen species production: a mini review. *Chemistry and Ecology*, 36 (2), 174-193. doi: 10.1080/02757540.2019.1688308.
- UN DESA. (2019). World population prospects 2019: highlights. United Nations Department for Economic and Social Affairs. Erişim Tarihi: 02.09.2020, Erişim Adresi: <https://www.un.org/development/desa/publications/world-population-prospects-2019-highlights.html>
- USDA. (2020). FoodData Central. Erişim Tarihi 02.09.2020, <https://fdc.nal.usda.gov/>.
- Wang, C., Yatsuya, H., Li, Y., Ota, A., Tamakoshi, K., Fujino, Y., et al. (2016). Prospective study of seaweed consumption and thyroid cancer incidence in women: the Japan collaborative cohort study. *European Journal of Cancer Prevention*, 25 (3), 239-245. doi: 10.1097/CEJ.000000000000168.
- Wells, M. L., Potin, P., Craigie, J. S., Raven, J. A., Merchant, S. S., Helliwell, et al. (2017). Algae as nutritional and functional food sources: revisiting our understanding. *Journal of Applied Phycology*, 29 (2), 949-982. doi: 10.1007/s10811-016-0974-5.
- Zhao, X., Li, B., Xue, C., & Sun, L. (2012). Effect of molecular weight on the antioxidant property of low molecular weight alginate from *Laminaria japonica*. *Journal of Applied Phycology*, 24 (2), 295-300. doi: 10.1007/s10811-011-9679-y.