

Makroalglerin mineral içeriği ve insan sağlığı için kullanım olanakları

Sevim POLAT, Abdurrahman POLAT

Cite this article as:

Polat, S., Polat, A. (2022). Makroalglerin mineral içeriği ve insan sağlığı için kullanım olanakları. *Food and Health*, 8(2), 150-160. <https://doi.org/10.3153/FH22015>

¹ Çukurova Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Temel Bilimler Bölümü, Adana, Türkiye

² Çukurova Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü, Adana, Türkiye

ORCID IDs of the authors:

S.P. 0000-0002-4756-1177

A.P. 0000-0002-7381-2507

Submitted: 11.03.2021

Revision requested: 10.04.2021

Last revision received: 21.04.2021

Accepted: 10.06.2021

Published online: 28.03.2022

Correspondence: Sevim POLAT

E-mail: sevcan@cu.edu.tr



© 2022 The Author(s)

Available online at
<http://jfhscscientificwebjournals.com>

ÖZ

Makroalgler çok eski zamanlardan beri insanlar tarafından gıda, gıda takviyesi, hayvan yemi, gübre ve ilaç olarak kullanılmaktadır. Birçok kara bitkisinde olduğu gibi makroalgler de insan sağlığı için çok önemli inorganik ve organik maddeler içerir. Makroalgler protein, lipit, karbonhidrat ve mineral madde içeriklerinden dolayı geleneksel olarak kullanılan bir gıda maddesi olmasının yanında “biyoaktif maddeler”, “makroalg mineral katkıları”, “ilaç ve kozmetik hammaddesi” gibi fonksiyonel kullanımlar açısından da büyük bir potansiyele sahiptir. Deniz suyundaki mineralleri absorbe eden makroalgler, başta demir ve iyot olmak üzere zengin bir mikro element ve kalsiyum, potasyum, magnezyum olmak üzere iyi bir makro element kaynağıdır. Bazı makroalglerin mineral düzeyleri kara bitkilerinden daha yüksek olabilmektedir. Bilimsel veriler, makroalg kaynaklı bazı minerallerin insanlarda biyoyararlılığının, kayaçlardan elde edilen minerallere göre daha yüksek olduğunu ortaya koymuştur. Minerallerin insan sağlığı açısından öneminin anlaşılmasıyla, yüksek esansiyel element içeriğine sahip olan makroalglerin mineral kaynağı olarak kullanımına ilgi son yıllarda artmıştır. Makroalglerin mineral kompozisyonları lokasyon, mevsim, suda kalış süresi, türün fizyolojisi gibi faktörlerin yanında, deniz suyundaki element miktarı, ışık şiddeti ve tuzluluk gibi çevresel koşullara bağlı olarak da değişebilmektedir. Bu nedenle, insanların günlük mineral ihtiyaçlarını karşılamada kullanılacak alg ürünlerinin hangi oran ve miktarlarda tüketilebileceği ve potansiyel sağlık riskleri konusunda yeni araştırma ve yaklaşımlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada, makroalglerin mineral içerikleri, minerallerin insan sağlığı açısından önemi ve alglerin mineral kaynağı olarak kullanım potansiyelleri incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Makroalgler, Mineral, Mikro elementler, Sağlık, Fonksiyonel gıda

ABSTRACT

Mineral content of macroalgae and possible uses for human health

Seaweeds have been used since ancient times as food, food additives, fertilizer, and a source of medicine. Like terrestrial plants, seaweeds contain many inorganic and organic substances which can be beneficial to human health. Seaweeds have great potential as “bioactive compounds for functional use, “algae mineral supplements”, “pharmaceuticals and cosmetics” and in addition to their potential of good sources of minerals, trace elements, proteins, lipids, and carbohydrates as traditional food. Due to the mineral absorption ability of macroalgae from the seawater, many species are a perfect source of some trace elements such as iron and iodine and a good source of some macro minerals such as calcium, phosphate, and magnesium. In some cases, the mineral content of the seaweeds may be higher than that of land plants. Scientific data show that the bioavailability of algae minerals is higher than rock-based minerals for humans. In recent years, the potential use of seaweed minerals as “algae mineral supplements” gained attention due to their rich elemental composition and the importance of minerals for human health. Mineral composition of seaweeds may vary according to locality, season, residence time, species physiology, and environmental conditions such as level of elements in seawater, light intensity, and salinity. Thus, new approaches and researches are needed on how much seaweeds can be consumed daily and their potential health risks. In this study, the mineral contents of seaweeds, the importance of minerals for human health, and potential uses of algae minerals were investigated.

Keywords: Macroalgae, Minerals, Trace elements, Health, Functional food

Giriş

Su yosunları olarak da bilinen makroalgler, denizel ortamlarda herbivor beslenen hayvanların besinlerini oluşturma, suya oksijen sağlama, sucul canlılara korunma ve üreme ortamı oluşturma gibi çok önemli rollere sahiptir. Makroalgler binlerce yıldan bu yana özellikle uzak doğu ülkelerinde insan gıdası, hayvan yemi ve gübre olmak üzere çok çeşitli amaçlarla kullanılmaktadır. Özellikle Çin, Japonya ve Kore gibi ülkelerde geleneksel olarak tüketilen yeşil, kahverengi ve kırmızı alglerin yüksek oranlarda kullanımı son yıllarda Avrupa, Güney Afrika ve Amerika kıtasındaki birçok ülkede de hızla yaygınlaşmaktadır (Dawes, 1998; McHugh, 2003). Makroalglerin taze, kurutulmuş veya besin katkısı şeklinde insan gıdası olarak tüketimi ülkeler arasında farklılıklar göstermekte olup, Japonya’da 2010-2014 yılları arasındaki kişi başı makroalg tüketiminin 9.6-11.0 g makroalg / gün olduğu rapor edilmiştir (MHLW, 2014). Yapılan çok sayıda bilimsel araştırma makroalglerin geleneksel gıda maddesi olması yanında, fonksiyonel gıda olma potansiyelinin de çok yüksek olduğunu göstermektedir (Mendes ve ark., 2009; Harnedy ve FitzGerald, 2011; Pangestuti ve Kim, 2011; Cornish ve ark., 2015; Fleurence ve Levine, 2016). Son yıllarda “fonksiyonel gıda”, “makroalg mineral karışımları”, “ilaç ve kozmetik hammaddesi” ve “biyoaktif maddeler” olarak kullanımları yaygınlaşmış durumdadır. Makroalglerden elde edilen alginat, agar, karragenan, fukoidan ve çeşitli biyoaktif maddeler (antibakteriyel, antiviral, antifungal vb.) çok fazla talep görmektedir. Makroalglerin lif içeriğinin yüksek olması ve diyabet, obezite, kalp rahatsızlıkları, kanser gibi rahatsızlıkların düşük lif alımıyla ilişkilendirilmesi de makroalglere olan ilgiyi artırmıştır (Southgate, 1990). Buna bağlı olarak makroalg ve mikroalg ürünlerine talep giderek artmakta (Wells ve ark., 2016) ve artan ihtiyacı karşılamak için denizlerdeki doğal popülasyonların hasadının yanında birçok türün kültürü de yapılmaktadır. Dünyada 2006-2015 yılları arasında doğadan toplama ve kültür yoluyla yapılan makroalg üretiminde en fazla paya sahip olan ülkeler ve üretim miktarları (ton yıl⁻¹) Tablo 1’de verilmiştir (FAO, 2018). Tablo 1’de görüldüğü gibi 2015 yılı dünya makroalg üretim verilerine göre, kültür yoluyla yapılan makroalg üretiminin % 85.8’i Çin ve Endonezya tarafından, doğal hasat yoluyla yapılan toplam makroalg üretiminin % 78’i ise sırasıyla Şili, Çin, Norveç ve Japonya tarafından gerçekleştirilmiştir (FAO, 2018). Toplam 30.45 milyon ton yıl⁻¹ olan 2015 yılı dünya makroalg üretiminin (doğadan toplama+kültür) % 46.6’sı Çin tarafından gerçekleştirilmiştir (FAO, 2018). Dünyada 2012 yılında doğal ve kültür yoluyla yapılan makroalg üretiminin % 38’nin insanlar

tarafından doğrudan gıda olarak tüketildiği kaydedilmiştir (FAO, 2014). Ülkemiz kıyılarında makroalglerin taksonomisi ve dağılımları konusunda yapılmış birçok çalışma bulunmakta olup, son yıllarda biyokimyasal içerikleri konusundaki çalışmalarda da artış olmuştur. Ancak, ülkemizde makroalglerin gıda olarak tüketimi henüz yaygın olmayıp, ticari üretimi yapılmamaktadır. Makroalg üretimi konusunda az sayıda da olsa deneysel çalışmalar bulunmakla birlikte, dünyadaki genel yaklaşıma paralel olarak ülkemizde de uygun makroalg kültür alanları ve üretim potansiyelinin araştırılması son derece önem arz etmektedir.

Makroalgler protein, lipit, doymamış yağ asitleri, vitamin ve çeşitli biyoaktif maddeler yönünden zengin olmalarının yanında bilinen en zengin mineral içeriğine sahip besinlerden biridir. Deniz suyu ile sürekli temasta olmalarından ve mineralleri doğrudan almalarından dolayı, özellikle mineral içerikleri karasal bitkilere göre daha yüksektir. Kuzeydoğu Akdeniz kıyılarından toplanan kırmızı alg, *Jania rubens*’in toplam mineral içeriğinin kuru maddede % 51.63’e kadar yükseldiği (Polat ve Özoğul, 2013), Hindistan kıyılarından toplanan 18 makroalg türünün toplam mineral içeriğinin ise % 20 ile % 50 arasında değiştiği ortaya konmuştur (Barot ve ark., 2019). Makroalglerin mineral içeriği türe, türün fizyolojik durumuna, lokalite ve mevsim gibi faktörlere göre değişiklikler gösterebilmektedir (Nelson ve ark., 2002; Kostetsky ve ark., 2004). Khairy ve El Sheikh (2015), Akdeniz kıyılarında üç makroalg türünde minerallerin mevsimsel değişimini incelemiş, en yüksek kalsiyum, sodyum, potasyum ve magnezyum içeriğinin yaz mevsiminde, en düşük değerlerin ise genellikle sonbaharda bulunduğunu bildirmiştir. Endonezya’da hasat edilen yeşil, kahve ve kırmızı alglerin demir ve çinko içeriklerinin Japonya’daki *Porphyra*, *Ulva intestinalis*, *Sargassum fusiformis*’den düşük olduğu, bu sonuçlara bakılarak sıcak ekvatorial bölgelerdeki alglerin mineral düzeylerinin yüksek enlemlerde bulunanlara göre daha düşük olabileceği öne sürülmüştür (Wells ve ark., 2016). Ancak, mineral içeriğinin mevsimsel ve bölgesel dağılımı ile ilgili genelleme yapmak için bilgiler nispeten sınırlıdır (Cabrita ve ark., 2016). İnsanların yetersiz mineral alımı nedeniyle çeşitli sağlık problemleriyle karşılaşma riskleri, makroalglerin biyoyararlılığı yüksek mineral kaynağı olarak incelenmesinin önemini ortaya koymaktadır. Bu çalışmada makroalglerin mineral içerikleri incelenerek, mineral kaynağı olarak insan sağlığı açısından önemi ve kullanım potansiyellerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Tablo 1. Dünyada 2009-2015 yılları arasında doğadan toplanan ve kültürü yapılan makroalg üretiminde en fazla paya sahip olan ülkeler ve üretim miktarları (ton/yıl) (FAO, 2018 den uyarlanmıştır)**Table 1.** World annual cultured and wild (natural harvest) macroalgae production by countries in 2009-2015, weight in tonnes, (adopted from FAO, 2018)

Ülkeler Countries	Doğadan toplanan makroalg miktarı (ton yıl ⁻¹) Amount of macroalgae collected from nature (ton year ⁻¹)						
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Şili	368.032	368.580	403.496	436.035	517.929	417.331	345.704
Çin	276.170	246.620	274.060	257.640	283.010	245.550	261.770
Norveç	160.361	158.516	152.382	140.998	154.150	154.230	147.391
Japonya	104.103	97.231	87.779	98.514	84.498	91.601	93.300
Dünya Toplam Üretimi	1.113.127	1.071.940	1.116.820	1.127.014	1.289.563	1.199.111	1.087.468
	Kültür yoluyla üretilen makroalg miktarı (ton yıl ⁻¹) Amount of cultured macroalgae (ton year ⁻¹)						
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Çin	10.495.995	11.092.270	11.549.555	12.832.060	13.561.445	13.326.315	13.924.535
Endonezya	2.963.556	3.915.017	5.170.201	6.514.854	9.298.474	10.076.992	11.269.341
Filipinler	1.739.995	1.801.272	1.840.833	1.751.071	1.558.378	1.549.576	1.566.361
G. Kore	858.659	901.672	992.283	1.022.326	1.131.305	1.087.048	1.197.129
Japonya	456.426	432.796	349.737	440.754	418.365	373.908	399.300
Dünya Toplam Üretimi	17.337.986	18.992.284	20.785.191	23.555.401	26.862.752	27.354.942	29.363.158

Makroalglerin Mineral İçeriği

Makroalgler genellikle, deniz suyu ile benzer mineral düzeylerine sahip olup, deniz suyundaki mineral içeriğine göre bu değerler de farklılık gösterebilmektedir (Cotas ve ark., 2020). Makroalglerin kalsiyum, magnezyum, sodyum, fosfor, potasyum gibi makroelementler ile çinko, demir, manganez, iyot, molibden, selenyum, bakır gibi mikro element içeriklerini belirlemek üzere birçok çalışma yapılmıştır (Ruperez, 2002; Polat ve Özoğul, 2009; Khairy ve El Sheikh, 2015). Makroalglerin mineral içerikleri ile ilgili genellemeler yapmak, içeriklerinin mevsimsel, coğrafik ve taksonomik varyasyonlar göstermesi nedeniyle oldukça güç olmakla birlikte, yapılan çalışmalar makroalglerin özellikle başta demir ve iyot olmak üzere zengin bir mikroelement kaynağı olduğunu göstermiştir. Makroalglerin mineral içeriği birçok meyve ve sebze göre daha yüksektir (Zaragoza, 2015; Cabrita ve ark., 2016). Khairy ve El sheikh (2015), kalsiyumun alglerdeki en önemli element olduğunu ve kara bitkilerine göre daha fazla kalsiyum biriktirdiklerini bildirmiştir. Yeşil alglerin, kırmızı ve kahverengi algere göre daha fazla kalsiyum içerdiği rapor edilmiştir (El-Said ve El-Sikaily, 2013). Buna karşın, kırmızı ve kahverengi algler, yeşil algere göre daha yüksek konsantrasyonlarda Na, K ve Zn biriktirme eğilimindedir (Circunçisào ve ark., 2018). Barot ve ark. (2019), Hindistan kıyıla-

rından topladıkları kahverengi alglerde kalsiyum ve potasyumun, kırmızı alglerde ise sodyum ve demirin yüksek düzeylerde bulunduğunu bildirmiştir. Biancarosa ve ark.(2018) tarafından 21 makroalg türünde yapılan çalışmada, en yüksek kalsiyum içeriği 30 g kg⁻¹ kuru madde olarak kahverengi alglerden *Fucus vesiculosus*'da bulunmuştur. Benzer olarak, Panayotova ve Stancheva (2013), kahverengi alglerde kalsiyum ve potasyumun, yeşil alglerde ise magnezyum ve sodyumun daha yüksek oranlarda bulunduğunu bildirmiştir (Tablo 2). Ruperez (2002) ise kahverengi alglerde makroelementlerin daha yüksek bulunduğunu, en yüksek düzeyde bulunan elementin potasyum olduğunu belirtmiştir (Tablo 2). Cabrita ve ark. (2016) Portekiz kıyılarında 15 makroalg türünün mineral içeriğini incelediği çalışmada, en yüksek kalsiyum (49.76 g kg⁻¹ kuru madde) ve magnezyumu (19.54 g kg⁻¹ kuru madde) yeşil alglerde bulmuş olup, bu değerler Ekşi ve Özen (2012) tarafından kivi meyvesi (214 mg kg⁻¹ Ca, 123 mg kg⁻¹ Mg) için, Kadiri ve ark. (2015) tarafından domates (7.49 mg kg⁻¹ Ca, 1.32 mg kg⁻¹ Mg) için bildirilen değerlerden daha yüksektir. Panayotova ve Stancheva (2013) ise, makroalglerin en önemli kalsiyum ve fosfor kaynaklarından biri olduğunu ve içeriklerinin elma, portakal, havuç ve patates gibi bitkilerden daha yüksek olduğunu bildirmiştir.

Tablo 2. Farklı makroalg türlerinin mineral içerikleri**Table 2.** Mineral composition of different macroalgae species

Grup Group	Tür Species	Ca	Mg	Na	K	Fe	Zn	I	Mn	Ref.
		mg 100 g ⁻¹ kuru ağırlık mg 100 g ⁻¹ dry weight								
Kırmızı Algler	<i>Chondrus crispus</i>	420±22	732±6	4270±62	3184±0	3.97±0.11	7.14±0.13	22.1±0.7	1.32±0	1, 2
	<i>Gelidium crinale*</i>	8.68±0.70	2.31±0.28	5.32±0.27	5.57±0.11	89.27±2.10	3.80±0.30	-	19.3±0.40	3
	<i>Halymenia floresia</i>	730 ±283.4	900 ± 162.7	5540 ± 763.5	5960 ± 861.3	14.34 ± 0.39	2.11 ± 0.01	-	-	4
	<i>Jania rubens</i>	14790.3±1.46	2228.08 ± 2.09	1215 ± 1.00	627.33 ± 1.52	84.93 ± 0.89	1.35 ± 0.12	-	1.23 ± 0.15	5
	<i>Porphyra tenera</i>	390±17	565±11	3627±115	3500±71	10.3±0.41	2.21±0.17	-	2.72±0	1
	<i>Porphyra spp.</i>	525.0±1.41	261.75±1.06	348.75±1.06	1395.0±4.24	12.28±0.32	2.79±0.1	-	2.26±0.04	6
Kahverengi Algler	<i>Ascophyllum nodosum</i>	984.73±47.26	867.82±12.01	4575±50.05	3781.35±13.4	13.34±0.90	-	-	1.96±0.69	7
	<i>Bifurcaria bifurcate</i>	996.42±12.83	528.04±8.25	1836.82±52.12	9316.28±101.9	-	-	-	-	7
	<i>Cystoseira barbata*</i>	21.40±2.40	4.14±0.71	1.92±0.04	11.93±2.51	33.43±3.43	1.43±0.29	-	4.77±0.35	3
	<i>Cystoseira crinata*</i>	19.93±1.60	4.22±0.19	5.16±0.54	17.95±0.69	6.10±0.92	1.63±0.06	-	1.60±0.26	3
	<i>Fucus vesiculosus</i>	938±7	994±13	5469±60	4322±46	4.20±0.17	3.71±0.37	-	5.50±0.11	1
	<i>Laminaria digitata</i>	1005±5	659±6	3818±43	11.579±128	3.29±0.54	1.77±0.44	170 ±5.5	<0.5	1, 8
	<i>Saccorhiza polyschides</i>	1120 ± 94.2	560 ± 32.4	2650 ± 176.9	10170 ± 112.4	25.12 ± 1.52	8.57 ± 0.39	-	-	4
	<i>Undaria pinnatifida</i>	931±38	1181±34	7064±166	8699±144	7.56±1.13	1.74±0	26 ± 2.4	0.87±0	1, 8
Yeşil Algler	<i>Codium spp.</i>	820 ± 253.6	410 ± 18.8	3960 ± 106.8	4500 ± 182.4	45.14 ± 0.82	0.78 ± 0.14	-	-	4
	<i>Chaetomorpha linum*</i>	7.30±0.28	2.50±0.25	3.09±0.31	15.44±0.97	105.97±3.95	1.87±0.21	-	29.4±3.56	3
	<i>Ulva rigida*</i>	5.52±0.79	7.85±0.70	5.90±0.09	4.60±0.28	24.53±3.01	1.30±0.26	-	3.30±0.10	3
	<i>Ulva lactuca</i>	574.6-558.1	825.8-842.4	92.20-93.63	77.32-77.67	163.8-167.8	10.06-11.75	12.9±0.5	7.33-7.44	9
	<i>Ulva spp.</i>	1030 ± 321.5	2040 ± 34.7	3670 ± 216.4	3770 ± 114.6	36.28±0.49	1.91 ± 0.65	2.60±0.2	-	4

* Na, Mg, Na ve K için birim mg g⁻¹ kuru ağırlık'tır.

(1) Ruperez, 2002; (2) Nunes et al., 2019; (3) Panayotova ve Stancheva, 2013; (4) Garcia ve ark., 2016; (5) Dixit ve Reddy, 2017; (6) Admassu ve ark., 2018; (7) Lorenzo ve ark., 2017; (8) Kolb ve ark., 2004; (9) Devi et al. 2015.

Makroalglerin çinko, demir, manganez, iyot, molibden, selenyum ve bakır gibi mikroelement içeriği ile ilgili olarak yapılan çalışmalarda, türlerin birbirlerinden çok farklı içeriklere sahip olduğu görülmektedir (Tablo 2). Anantharaman ve ark. (2010), Hindistan'ın güneydoğu kıyılarında Chlorophyceae, Phaeophyceae ve Rhodophyceae türlerinde demir içeriğinin 17.83-60.45 ppm arasında değiştiğini, en yüksek demir içeriğinin yeşil alglerden *Halimeda macrolaba*'da bulunduğunu kaydetmişlerdir. Aynı çalışmada magnezyum 32.91-181.5 ppm, mangan 0.73-4.03 ppm aralıklarında bulunmuştur. Se-Kwon Kim (2012) iyot gibi halojenlerin makroalglerde kara bitkilerine göre 10-20 kat daha fazla bulunabileceğini bildirmiştir. Kahverengi algler, diğer gruplara göre daha fazla iyot biriktirmektedir (Biancarosa ve ark., 2018). Makroalglerde demir (3501 mg kg⁻¹) ve iyot (957.6 mg kg⁻¹) en yüksek düzeylerde bulunan mikroelementler olup, bunları çinko (153.62 mg kg⁻¹) ve manganez (392.7 mg kg⁻¹) takip etmektedir, selenyum (2.68 mg kg⁻¹) ve kobalt (1.96 mg kg⁻¹) ise çok daha düşük düzeylerde bulunmaktadır (Cabrita ve ark., 2016). Bu mikroelement değerleri Leterme ve ark. (2006) tarafından muz, patates, mısır ve nar gibi bitkiler için verilen değerlerden daha yüksektir. Yeşil alglerden *U. intestinalis*'de 5800 mg kg⁻¹ düzeyinde bulunan demirin, 2 - 4 mg 100g⁻¹ aralıklarında demir içeren yeşil sebze, baklagil, fındık ve tahıllar gibi kara bitkilerinden daha yüksek olduğu görülmektedir (Coulter, 1996; Biancarosa ve ark., 2018). Tahıllarda

ve yağlı tohumlarda düşük düzeylerde bulunan iyot, makroalglerden *Laminaria digitata*'da 10000 mg kg⁻¹ ve *Saccarina latissima*'da 4600 mg kg⁻¹ gibi yüksek düzeylerde bulunabilmektedir (Biancarosa ve ark., 2018).

Araştırmalar, makroalglerin yüksek düzeyde mineral madde içerdiğini ve alg minerallerinin gıda katkı maddesi ve besin desteği olarak kullanımına olan ilginin son yıllarda arttığını göstermektedir. Ancak, makroalglerin potansiyel kullanımları ile ilgili çalışmalar son yıllarda artmış olmakla birlikte, kara bitkileriyle karşılaştırıldığında halen daha fazla çalışmanın yapılmasına ihtiyaç olduğu görülmektedir.

Minerallerin İnsan Sağlığı İçin Önemi ve Makroalg Minerallerinin Kullanımı

Mineraller, insan vücudunda metabolizma ve yaşamsal fonksiyonların sürdürülebilmesi için belli düzeylerde bulunması gereken inorganik maddelerdir. Bu maddeler, biyokimyasal reaksiyonlarda enzim kofaktörü olarak görev alır (Güngör, 2003). Ayrıca, mineraller vücutta ozmotik dengenin korunması, kasların uyarılması, sinir impulslarının iletimi gibi olaylarda rol oynamanın yanı sıra iskelet, diş, hemoglobinin, hormon ve enzimlerin yapısında yer alır. Minerallerin yeterli düzeyde alınması, başta kanser, kardiyovasküler rahatsızlıklar olmak üzere, alzheimer, erken yaşlanma ve beslemeye bağlı hastalıkların önlenmesinde önemli katkılar sağlayabilmektedir (Fenech ve Ferguson, 2001). Bu nedenle, vücudun

sağlıklı kalabilmesi ve temel fonksiyonlarını sürdürebilmesi için birçok mineralin düzenli olarak alınması gerekmektedir.

İnsan sağlığı için önemli bazı mineraller göz önüne alındığında, kalsiyum insan vücudunda en fazla bulunan mineral olup, kemik ve dişlerin yapısında yer almaktadır. Kasların kasılması, hormon salgılanması gibi olaylarda da kalsiyuma ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca, kalsiyum kanın pıhtılaşmasında da görev almaktadır (Kılıç ve ark., 2002). Kalsiyum, makroalglere en yüksek düzeyde bulunan elementlerden biridir. Swarnalatha (2018) makroalglere kalsiyum fosfat olarak bulunan kalsiyumun biyolojik olarak kullanılabilirliğinin, sütte kalsiyum karbonat olarak bulunan formundan daha fazla olduğunu bildirmiştir. Assoumani (1997), alglerden sağlanan kalsiyumun kireçtaşından elde edilene göre büyüme ve biyolojik kullanılabilirlik yönünden daha avantajlı olduğunu, Kats ve ark. (2011) ise, alg kalsiyumu kullanımının kalsiyum karbonat ve kalsiyum sitrat gibi tuzların kullanımına göre üstünlük gösterdiğini bildirmiştir. Araştırmacılar, alg kalsiyumu ile muamele edilen insan osteoblast hücre kültüründe alkalik fosfataz aktivitesinin, kalsiyum karbonat ve kalsiyum sitrat uygulamasına göre önemli düzeyde arttığını belirtmişlerdir. Brown ve ark. (2014), kırmızı alglerden *Lithothamnion calcareum* ekstraktının osteoartrit hastalarında olumlu etkiler sergilediğini, uygulama sonrasında eklem ağrılarında azalma ve hareketlilikte artış olduğunu bildirmiştir. Japonya’da geleneksel beslenmenin alerjik reaksiyonları önlemedeki etkileri konusunda yapılan bir çalışmada, besinlerle yüksek düzeyde makroalg kalsiyum, magnezyum ve fosforu alınmasının alerjik rinit oluşumunu azaltabileceği rapor edilmiştir (Miyake ve ark., 2006).

Sodyum elementi, sinir ve kas fonksiyonlarının uyarılması, hücredeki sıvı dengesi ve diğer besinlerin emiliminde görev alır. Potasyum ise, adale kasılmasında sinir impulslarının iletilmesinde ve enzim faaliyetlerinde rol oynar (Güngör, 2003). Bunların yanında, kalp ritminin düzenli olmasında, protein sentezi, karbonhidrat yıkımı ve kanın pH dengesinin sağlanmasında görev almaktadır. Makroalgler düşük Na/K oranına (0.33-1.34) sahip oldukları için makroalg içeren diyetlerin yüksek tansiyon problemi olan kişilerde tansiyon riskini azaltabileceği bildirilmiştir (Ruperez, 2002).

Magnezyum, birçok kimyasal reaksiyonda, enzim aktivasyonunda ve kalbin düzenli atmasında görev alır (Ensminger ve ark., 1995). Ayrıca, kasların güçlenmesi, protein sentezinde, hücre büyüme ve yenilenmesinde önemli rol oynar. İnsan vücudunun günlük magnezyum ihtiyacının 280-350 mg olduğu bildirilmektedir (Görmüş ve Ergene, 2004). Makroalg kalsiyum ekstraktındaki magnezyumun, yumurtalığı alınmış sığırcılarda kalsiyum dengesi ve kemik yapısına etkisi incelenmiş, makroalg kalsiyum ekstraktının sentetik kalsiyum ve mag-

nezyum desteğine kıyasla kemik sağlığı için etkili bir kalsiyum ve magnezyum kaynağı olduğunu belirlenmiştir (Bae ve ark., 2011). Frestedt ve ark (2009), makroalglere elde edilen, kalsiyum ve magnezyumca zengin doğal bir multimineral olan aquamin adlı maddenin osteoartrit hastalarında semptomları ve antiinflamasyon ilaç ihtiyacını azalttığını, potansiyel tedavi edici etkisinin olduğunu rapor etmişlerdir.

Çinko, 300’den fazla enzimin fonksiyonu için gerekli olan önemli elementlerden birisidir. İnsanlardaki çinkonun % 85’i kas ve kemik dokuda, % 11’i deri ve karaciğerde, % 4’ü ise diğer dokularda bulunur (Mišurcová ve ark., 2011). Beyinde de yüksek düzeyde çinko bulunmaktadır (Tapiero ve Tew, 2003). Ayrıca, protein ve nükleik asit sentezi, DNA sentezi, hormonların depolanması ve salınımı, nörotransmisyon, büyüme ve gelişme gibi birçok metabolik olayda yer alır ve kemik gelişimi ile ilgili birçok hormonun yapısına katılır (Salgueiro ve ark., 2002). Yetersiz düzeyde çinko içeren topraklarda yetişen ürünlerde çinko eksikliği görülebilir. Çinko aynı zamanda, bir antioksidan gibi etki etmekte olup, immün sistemin gelişmesi için en önemli minerallerden biridir (Rink ve Haase, 2007; Akdeniz ve ark., 2016). Özellikle düşük proteini ve yüksek fitat içeren besinlerle beslenen insanlarda sıklıkla karşılaşılan çinko yetersizliği epiderma, sinir sistemi, gastrointestinal sistem, kemik ve üreme sistemi üzerinde olumsuzluklara neden olur (Salgueiro ve ark., 2002; Tapiero ve Tew, 2003). Günlük alınması önerilen çinko miktarı 15 mg’dır (Ruperez, 2002). Ülkemizde tarım arazilerinin yaklaşık % 50’sinin yararlı çinko yönünden fakir olması, bitkilerde çinko eksikliğine neden olmakta ve bunun sonucunda tahıla dayalı beslenmenin yoğun olduğu bölgelerde insanlarda bazı sağlık sorunları ortaya çıkmaktadır (Yılmaz ve Sonkaya, 2018). Mineral içeriği yönünden karasal bitkilere göre daha zengin olan makroalglere (Circuncisão ve ark., 2018; Cotas ve ark., 2020) beslenmede kullanımı bu eksikliğin giderilmesine katkı sağlayacaktır.

Demir, vücutta hayati fonksiyonları olan bir elementtir. Vücuttaki demirin %60-70’i hemoglobine bağlı olarak eritrositlerde, % 10’u demir içeren enzimlerde, miyoglobinde ve sitokromda, geri kalanı ise hemosiderin ve ferritin olarak depolanır (Lieu ve ark., 2001). Hemoglobin tarafından akciğerlerden dokulara oksijen taşınmasının yanında, DNA sentezi ve elektron taşınımı gibi son derece önemli metabolik işlemlerde rol oynayan enzimlerin yapısında yer alır (FAO/WHO, 1998; Lieu ve ark., 2001; Puntarulo, 2005). Demirin yetersiz alınması özellikle bilişsel performans, fiziksel gelişim, immün sistem ve gastrointestinal sistemde bozulma gibi hayati fonksiyonlarda aksamalara ve rahatsızlıklara yol açabilir (Walker, 1998; WHO, 2001). Günlük alınması önerilen demir miktarı 10-18 mg’dır (Ruperez, 2002). Günlük alınması önerilen miktar (RDA) dikkate alındığında, 8 g kurutulmuş *Ulva* spp.

alımının Fe ihtiyacını % 78, aynı miktarda *Porphyra* spp. alımının % 16 oranında karşılayabileceği bildirilmiştir (Circuncisão ve ark., 2018). Yeşil alglerden *Ulva reticulata* eklenmiş çikolatada demir biyoyararlılığının %21 düzeylerine ulaştığı, bu değerinde çikolatadaki değerden %10 daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Çalışmada, hemoglobinin, serum demiri ve serum ferritin düzeylerinde de önemli artışlar olduğu bulunmuştur (Banu ve Mageswari, 2015). Yapılan çalışmalar, makroalg tüketiminin anemik topluluklarda ve veganizm gibi düşük demir tüketen kişilerde demir düzeylerini iyileştirebileceğini ortaya koymuştur (Circuncisão ve ark., 2018).

Mangan, özellikle yüksek enerji gereksinimi olan beyin ve retinada yoğunlaşmış olarak bulunur ve esansiyel bir mikroelementtir. Kemik doku, karaciğer ve böbrekler manganı yüksek düzeyde içerirler (Aschner ve Aschner, 2005). Mangan, protein, lipid ve karbonhidrat metabolizması ile ilişkili bir mineral olup, özellikle normal immün fonksiyonu, kan şekerinin düzenlenmesi ve beyin fonksiyonları için gereklidir (Takeda, 2003). Mangan eksikliği çeşitli hastalıklara (osteoporoz, epilepsi, gelişme geriliği, yetersiz kemik gelişimi, glikoz, lipid ve protein metabolizmasında aksamalar) neden olabilmektedir (Aschner ve Aschner, 2005; Nkwenkeu ve ark., 2002). Mangan yetersizliği kadar aşırı alımına bağlı toksik özelliği de son derece önemli olup, aşırı mangan alımı nöropsikiyatrik belirtilere, Parkinson ve benzeri hareketlerle ilgili fonksiyon bozukluklarına neden olabilmektedir (Cersosimo ve Koller, 2006; Nkwenkeu ve ark., 2002). Chen ve ark. (2018) yetişkinler için günlük 2-5 mg mangan dozunun yeterli ve güvenli olduğunu bildirmiştir. Günlük alınması önerilen düzeyler (RDA) bağlamında, 8 gr kurutulmuş *Ulva* spp. alımının Mn ihtiyacını % 49, aynı miktarda *Porphyra* spp. alımının ise % 10 oranında karşılayabileceği bildirilmiştir (Circuncisão ve ark., 2018).

İyot, büyüme ve gelişme ile birçok fizyolojik olayı kontrol eden tiroit hormonunun üretiminde rol oynar (Güngör, 2003). Tiroit hormonunun gebeliğin 15. haftasından 3 yaşa kadar bebeklerde beyin ve merkezi sinir sisteminin gelişmesinde önemli rolü vardır (FAO/WHO, 1998; Zimmermann ve Crill, 2010). İyot eksikliği hipotiroit ve beyin gelişiminde hasara neden olabilmektedir (Laurberg ve ark., 2010). Başta Avrupa ve Amerika olmak üzere dünya genelinde yaklaşık 1.9 milyar insanda iyot yetersizliği söz konusudur (De Benoist ve ark., 2003). İnsanda sağlıklı tiroit fonksiyonları için kilogram başına günlük 2 µg olmak üzere, bir yetişkinin günde yaklaşık 140 µg alması gerekmektedir (Mouritsen ve ark., 2013). Bu bağlamda makroalgler mükemmel bir iyot kaynağı olarak öne çıkmakta ve yüksek iyot içerikleri nedeniyle halen kahverengi alglerden *Sargassum*, *Laminaria*, *Ecklonia*, *Macrocystis*, kırmızı alglerden *Gracilaria*, *Palmaria* yeşil alglerden *Enteromorpha* ve *Ulva* gibi cinsler doğal iyot katkı maddesi

üretiminde kullanılmaktadır (Mišurcová ve ark., 2011). Miyai ve ark. (2008), 7-10 gün süresince günlük 15-30 g *Saccharina japonica* verilen bireylerde üriner iyot düzeyinin kısa sürede hızla arttığını rapor etmiştir. Kahverengi alglerden *Sargassum vachellianum* ve kırmızı alglerden *Gracilaria lemaneiformis* türlerinde iyot düzeyleri sırasıyla 47.51 mg / 8g ve 34.09 mg / 8g olarak belirlenmiş olup, bu algler kuru madde olarak günde 8 g alındığında, alınması önerilen iyot miktarının çok daha üzerinde iyot alınmış olacağı bildirilmiştir (Mišurcová ve ark., 2011). Bu nedenle, insanlarda iyot takviyesi olarak kullanılacak olan makroalg türünün içerdiği iyot düzeyinin iyi tespit edilmesi ve ihtiyacın karşılanmasında uygun dozun kullanımı son derece önemlidir. İyot içeriği yüksek olan makroalglerin fazla tüketiminin sağlık problemlerine neden olabileceği, yetersiz iyot alımı kadar aşırı alımının da olumsuz etkilerinin olabileceği göz önüne alınmalıdır. Bu nedenle, her bir türün farklı mevsimlerdeki iyot içeriklerinin araştırılması oldukça önemlidir. Farklı iyot formlarının suda çözünebilir olması ve uçucu özellik gösterebilmesi nedeniyle iyot kaynağı olarak kullanılacak makroalglerin işlenmesinde bu hususlar dikkate alınmalıdır. Örneğin, Nitschke ve Stengel (2016), makroalglerden *Alaria esculenta*, *Palmaria palmata* ve *Ulva intestinalis*'in yıkanması ve kurutulması sonrasında önemli bir iyot kaybının olmadığını, ancak kaynatma ve kurutma sonrasında iyot düzeyinin %14-75 oranında azaldığını kaydetmiştir.

Diğer önemli bir mikroelement olan selenyum, vücut dokularının oksidatif strese karşı korunması, enfeksiyonlara karşı savunma sağlanması, büyüme ve gelişmenin düzenlenmesinde rol oynar. Selenyum içeren enzimler stres, enfeksiyon yada doku yaralanmalarında, vücudu hidrojen peroksit yada serbest radikallerin zararlı etkisinden korur (FAO/WHO, 1998). Selenyum, iyot ile birlikte tiroit metabolizmasında da rol oynamakta olup, tiroit hormonunun düzenli çalışması için gereklidir. Bu nedenle, insanlarda selenyum eksikliği tiroit metabolizmasını da etkilemektedir (Cann ve ark., 2000). Makroalgler selenyum ve iyot yönünden zengin olduğundan (Cann ve ark., 2000; Lossow ve ark., 2019), uygun miktarlarda tüketimi bu elementlerin eksikliğinden kaynaklanan problemlerin giderilmesine katkı sağlayacaktır. Günlük alınması önerilen düzeyler (RDA) kapsamında insanlarda 8 g kurutulmuş *Ulva* spp. alımının Se ihtiyacını % 29, aynı miktarda *F. vesiculosus* alımının ise % 15 oranında karşılayabileceği bildirilmiştir (Circuncisão ve ark., 2018).

Makroalglerin güçlü biyoadsorbisyon ve biyoakümülyasyon kapasitelerinden dolayı mineral içerikleri kara bitkilerine göre 10 ila 100 kat daha yüksektir (Circuncisão ve ark., 2018). Birçok makroalg türünün kalsiyum, magnezyum, çinko, demir ve iyot gibi mineral içeriklerinin birçok kara bit-

kisine göre daha yüksek düzeylerde bulunması bu görüşü desteklemekte olup (Ruperez, 2002; Swarnalatha, 2018; Panayotoda ve Stancheva, 2013; Circuncis o ve ark., 2018), makroalglerin insanların mineral ihtiya ını karşılamak için iyi bir kaynak olduğunu göstermektedir. Ancak, özellikle bazı minerallerin günlük alınması tavsiye edilen miktarlardan daha fazla alınması durumunda çeşitli sağlık problemlerine yol açabileceği de bilinmektedir. Diğer taraftan, buldukları ortamdaki ağır metalleri yapılarında biriktirebilmeleri nedeniyle özellikle kirleticilerle kontamine olmuş ortamlardan elde edilen makroalg t keticiminin ciddi sağlık problemlerine yol açabileceği de belirtilmektedir (Cherry ve ark., 2019). Makroalgler elde edildiği ortama bağlı olarak çeşitli ağır metalleri (kurşun, civa, arsenik, kadmiyum, kromiyum, nikel, vanadyum vb.), pestisitleri, radyoaktif izotop, dioksin ve bazı antibesinsel maddeleri (lektin, florotanin, fitik asit, antienzimler vb.) içerebilirler (Garcia-Vaquero ve Hayes, 2016; Polat ve ark., 2018; Circuncis o ve ark., 2018). Bu nedenle, makroalglerin insan sağlığı için kullanım potansiyelinin araştırılmasının yanında, özellikle gıda ve yem amaçlı kullanımlarından önce gerekli testlerden geçirilmesi, hangi makroalgin ne oranlarda t keticilebileceği ve neden olabilecekleri risklerin de araştırılması son derece önem arz etmektedir.

Sonuc

Makroalgler, insanlarda metabolizmanın sağlıklı çalışabilmesi için gereksinim duyulan ve eksikliğinde ciddi sağlık problemlerine yol açan birçok mineral yönünden zengin bir kaynaktır. Yüksek mineral madde düzeyleri nedeniyle fonksiyonel gıda olarak nitelendirilen makroalgler, başta demir ve iyot olmak üzere birçok minerali karasal besinlere göre çok daha yüksek düzeylerde içerirler. Diğer önemli bir husus da makroalg minerallerinin biyoyararlılığının, kayaçlardan elde edilen minerallere göre daha yüksek olmasıdır. Halen, makroalg mineralleri tüm dünyada büyük ilgi görmektedir. Makroalglerin mineral içerikleri t re, türün fizyolojik durumuna, mevsime, suda kalma süresine ve lokaliteye göre değişebildiğinden, daha ayrıntılı çalışmaların yapılılarak en uygun türlerin, üretim ortamlarının ve hasat zamanının belirlenmesi gibi bilgilerin elde edilmesine ihtiyaç bulunmaktadır. Tüm bunlara ek olarak, alg minerallerinin en etkin yöntemlerle elde edilmesi ve bunların kullanıldığı deneysel çalışmaların yapılarak sonuçların diğer mineral kaynaklarıyla karşılaştırılması da, alglerin mineral kaynağı olarak kullanımının yaygınlaşmasında önemli olacaktır. Dünyadaki gelişmelere paralel olarak ülkemiz kıyılarındaki kullanılabilir makroalg türlerinin tespit edilmesi, makroalglerin kültüre alınma potansiyelinin araştırılması ve biyoaktif bileşenlerinin elde edilmesi ile ilgili stratejilerin belirlenmesi, bu doğal kaynakların etkin ve sürdürülebilir kullanımı için önem arz etmektedir.

Etik Standart ile Uyumluluk

 ıkar  atışması: Yazarlar bu yazı için gerçek, potansiyel veya algılanan çıkar  atışması olmadığını beyan etmişlerdir.

Etik izin: Araştırma niteliği bakımından etik izne tabii değildir.

Finansal destek: -

Teşekkür: -

Açıklama: -

Kaynaklar

Admassu, H., Abera, T., Abraha, B., Yang, R., Zhao, W. (2018). Proximate, Mineral and Amino acid Composition of Dried Laver (*Porphyra* spp.) Seaweed. *Journal of Academia and Industrial Research (JAIR)*, 6(9), 149-154.

Anantharaman, P., Karthikaidevi, G., Manivannan, K., Thirumaran, G., Balasubramanian, T. (2010). Minerals composition of marine macroalgae from mandapam coastal regions, Southeast coast of India. *Recent Research in Science and Technology*, 2(10), 66-71.

Assoumani, M.B. (1997). Aquamin, a naturel calcium supplement derived from seaweed. *Agro-Food-Industry Hi-Tech*, Editor: Carla Scesa, Italy.

Akdeniz, V., Kınık,  ., Yerlikaya, O., Akan, E. (2016). İnsan sağlığı ve beslenme fizyolojisi açısından  inkonun  nemi. *Akademik Gıda*, 14(3), 307-314.

Aschner, J.L., Aschner, M. (2005). Nutritional aspects of manganese homeostasis. *Molecular Aspects of Medicine*, 26, 353-362.

<https://doi.org/10.1016/j.mam.2005.07.003>

Bae, Y.J., Bu, S.Y., Kim, J.Y., Yeon, J., Sohn, E., Jang, K., Lee, L., Kim M. (2011). Magnesium supplementation through seaweed calcium extract rather than synthetic magnesium oxide improves femur bone mineral density and strength in ovari-ectomized rats. *Biol Trace Element Research*, 144, 992-1002.

<https://doi.org/10.1007/s12011-011-9073-2>

Banu, A.T., Mageswari, S.U. (2015). Nutritional status and effect of seaweed chocolate on anemic adolescent girls. *Food Science and Human Wellness*, 4 (1), 28-34.

<https://doi.org/10.1016/j.fshw.2015.03.001>

Barot, M., Kumar, J.I.N., Kumar, R.N. (2019). An evaluation of the nutritional composition of seaweeds as potential

source of food and feed. *National Academy Science Letters-India*, 6,459-464.

<https://doi.org/10.1007/s40009-019-0783-x>

Biancarosa, I., Belghit, I., Bruckner, C.G., Liland, N.S., Waagbo, R., Amlund, H., Heeschd,S., Lock. E.J. (2018). Chemical characterization of 21 species of marine macroalgae common in Norwegian waters: benefits of and limitations to their potential use in food and feed. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(5), 2035-2042.

<https://doi.org/10.1002/jsfa.8798>

Brown, E.M., Allsopp, P.J., Magee, P.J., Gill, C. IR., Nitecki, S., Strain, C.R., McSorley, E.M. (2014). Seaweed and human health. *Nutrition Reviews*, 72(3), 205-216.

<https://doi.org/10.1111/nure.12091>

Cabrita, A.R.J., Mai, M.R.G., Oliveira, H.M., Sousa-Pinto, I., Almeida, A.A., Edgar Pinto, E., Fonseca, A.J.M. (2016). Tracing seaweeds as mineral sources for farm-animals. *Journal of Applied Phycologia*, 28, 3135-3150.

<https://doi.org/10.1007/s10811-016-0839-y>

Cann, S.A., van Netten J.P., van Netten, C. (2000). Hypothesis: iodine, selenium and the development of breast cancer. *Cancer Causes Control*, 11, 121-127.

<https://doi.org/10.1023/A:1008925301459>

Cersosimo, M.G., Koller, W.C. (2006). The diagnosis of manganese-induced parkinsonism. *Neurotoxicology*, 27, 340-346.

<https://doi.org/10.1016/j.neuro.2005.10.006>

Chen P., Bornhorst, J., Aschner, M. (2018). Manganese metabolism in humans. *Frontiers in Bioscience*, Landmark, 23, 1655-1679.

<https://doi.org/10.2741/4665>

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, 30.

<https://doi.org/10.3390/md16110400>

Cornish, M.L., Critchley, A.T., Mouritsen, O.G. (2015). A role for dietary macroalgae in the melioration of certain risk factors associated with cardiovascular disease. *Phycologia*, 54, 649-666.

<https://doi.org/10.2216/15-77.1>

Cotas J., Leandro A., Pacheco D., Gonçalves A.M.M., Pereira L. (2020). A comprehensive review of the nutraceutical

and therapeutic applications of red seaweeds (Rhodophyta). *Life*, 10(19), 1-23.

<https://doi.org/10.3390/life10030019>

Coulter T.P. (1996). *Food. The Chemistry of Its Components* (3rd edn). Royal Society of Chemistry, Cambridge. ISBN: 0854046151

Dawes, C.J. (1998). *Marine Botany*, New York: John Wiley & Sons. ISBN: 9780471192084

De Benoist, B., Andersson, M., Takkouche, B., Egli, I. (2003). Prevalence of iodine deficiency worldwide. *The Lancet*, 362, 1859-1860.

[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(03\)14920-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(03)14920-3)

Devi M.H., Kumar, A., Panda S.K., Zynudheen A.A. (2015). Elemental composition of *Sargassum wightii* and *Ulva lactuca* collected from south east coast of India. *Fish-Tech Reporter*, 1(2), 9-10.

Dixit, D., Reddy, C.R.K. (2017). Non-targeted secondary metabolite profile study for deciphering the cosmeceutical potential of red marine macro alga *Jania rubens*-an LCMS based approach. *Cosmetics*, 45(4), 17.

<https://doi.org/10.3390/cosmetics4040045>

Ekşi, A., Türkmen Özen, İ. (2012). Kivi meyvesinin kimyasal bileşenleri ve fonksiyonel özellikleri. *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknik Dergisi*, 2(2), 54-67.

El-Said, G.F., El-Sikaily, A. (2013). Chemical composition of some seaweed from Mediterranean Sea coast, Egypt. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185, 6089-6099.

<https://doi.org/10.1007/s10661-012-3009-y>

Ensminger, A.H., Ensminger M.E., Konlande, J.E., Robson, J.R.K. (1995). *The Concisen Encyclopedia of Foods and Nutrition*. Florida: CRC Press, BocaRaton. ISBN: 0849344557

<https://doi.org/10.1201/9781420048186>

FAO/WHO (2004). Vitamin and mineral requirements in human nutrition: report of a Joint FAO/WHO expert consultation, 21-30 September, Bangkok, Thailand. ISBN: 9241546123

FAO (2014). The state of the world fisheries and aquaculture 2014. FAO, Rome. ISBN: 9789251082768

FAO (2018). The global status of seaweed production, trade and utilization, by Ferdouse F., Holdt, S.L., Smith, R., Murúa, P., Yang, Z. FAO Consultants. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Globefish Research Programme, Volume 124. Rome. ISBN: 9789251308707

Fenech, M., Ferguson, L.R. (2001). Vitamins/minerals and genomic stability in humans. *Mutation Research*, 475, 1-6. [https://doi.org/10.1016/S0027-5107\(01\)00069-0](https://doi.org/10.1016/S0027-5107(01)00069-0)

Fleurence, J., Levine, I. (2016). *Seaweed in health and disease prevention*, Amsterdam, Elsevier. ISBN:9780128027721

Frestedt, J.L., Kuskowski, M.A., Zenk J.L. (2009). A natural seaweed derived mineral supplement (Aquamin F) for knee osteoarthritis: A randomised, placebo controlled pilot study. *Nutrition Journal*, 8, 7. <https://doi.org/10.1186/1475-2891-8-7>

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. <https://doi.org/10.1080/87559129.2015.1041184>

Garcia, J.S., Palacios, V., Roldán, A. (2016). Nutritional Potential of Four Seaweed Species Collected in the Barbate Estuary (Gulf of Cadiz, Spain). *Journal of Nutrition & Food Sciences*, 6(3), 1-7.

Görmüş, I.Z.S., Ergene, N. (2004). Magnezyumun klinik önemi. *Genel Tıp Dergisi*, 14(2), 69-75.

Güngör, K. (2003). Vitamin ve minerallerin diş hekimliğindeki önemi. *G.Ü. Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 20(3), 51-66.

Harnedy, P.A., Fitz Gerald, R.J. (2011). Bioactive proteins, peptides, and amino acids from macroalgae. *Journal of Phycology*, 47, 218-232. <https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2011.00969.x>

Kaats, G.R., Preuss, H.G., Croft, H.A., Keith, S.C., Keith, P.L. (2011). A Comparative effectiveness study of bone density changes in women over 40 following three bone health plans containing variations of the same novel plant-sourced calcium. *International Journal of Medical Sciences*, 8, 180-191. <https://doi.org/10.7150/ijms.8.180>

Kadiri, M., Ojewumi, A.W., Olawale, S.O. (2015). Minerals, vitamins and chlorophyll contents of fruits, stems and leaves of tomato and garden egg. *Pakistan Journal of Food Science*, 25, 150-154.

Khairy, H.M., El-Sheikh, M.A. (2015). Antioxidant activity and mineral composition of three Mediterranean common seaweeds from Abu-Qir Bay, Egypt. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 22, 623-630. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2015.01.010>

Kılıç, S., Karagözlü, C., Uysal, H., Akbulut, N. (2002). İzmir piyasasında satılan bazı peynir çeşitlerinin kalsiyum, fosfor, sodyum ve potasyum düzeyleri üzerine bir değerlendirme. *Gıda*, 27(3), 229-234.

Kolb, N., Vallorani, L., Milanovi, N., Stocchi, V. (2004). Evaluation of marine algae wakame (*Undaria pinnatifida*) and kombu (*Laminaria digitata japonica*) as Food Supplements. *Food Technology and Biotechnology*, 42(1), 57-61.

Kostetsky, E.Y., Goncharova, S.N., Sanina, N.M., Shnyrov, V.L. (2004). Season influence on lipid composition of marine macrophytes. *Botanica Marina*, 47, 134-139. <https://doi.org/10.1515/BOT.2004.013>

Laurberg, P., Cerqueira, C.H., Ovesen, L., Rasmussen, L.B., Perrild, H., Andersen, S., Pedersen, I.B., Carle, A. (2010). Iodine intake as a determinant of thyroid Disorders in populations. *Best Practice Research Clinical Endocrinology & Metabolism*, 24, 13-27. <https://doi.org/10.1016/j.beem.2009.08.013>

Leterme, P., Buldgen, A., Estrada, F., Londono, A.M. (2006). Mineral content of tropical fruits and unconventional foods of the Andes and the rain forest of Colombia. *Food Chemistry*, 95, 644-652. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.02.003>

Lieu, P.T., Heiskala, M., Peterson, P.A., Yang, Y. (2001). The roles of iron in health and disease. *Molecular Aspects of Medicine*, 22, 1-87. [https://doi.org/10.1016/S0098-2997\(00\)00006-6](https://doi.org/10.1016/S0098-2997(00)00006-6)

Lorenzo, J.M., Agregán, R.; Munekata, P.E.S., Franco, D., Carballo, J., Şahin, S., Lacomba, R., Barba, F.J. (2017). Proximate composition and nutritional value of three macroalgae: *Ascophyllum nodosum*, *Fucus vesiculosus* and *Bifurcaria bifurcata*. *Marine Drugs*, 15(11), 360. <https://doi.org/10.3390/md15110360>

- Lossow, K., Schwerdtle, T., Kipp, A. (2019).** Selenium and iodine: essential trace elements for the thyroid. *Ernaehrungs Umschau International*, 66(9), 175-180.
- McHugh, D.J. (2003).** *A guide to seaweed industry*, FAO Fisheries technical paper, No.441. Rome. ISBN: 9251049580
- Mendes, A., Reis, A., Vasconcelos, R., Guerra, P., daSilva, T.L. (2009).** *Cryptocodinium cohnii* with emphasis on DHA production: a review. *Journal of Applied Phycologia*, 21, 199-214.
<https://doi.org/10.1007/s10811-008-9351-3>
- MHLW (2014).** *The National Health and Nutrition Survey in Japan, 2004–2014*. The Ministry of Health, Labour and Welfare.
- Mišurcová, L., Machů, L., Orsavová, J. (2011).** Seaweed Minerals as Nutraceuticals. In Se-Kwon Kim, (editör), *Advances in Food and Nutrition Research*. Burlington: Academic Press, 371-390.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-387669-0.00029-6>
- Miyai, K., Tokushige, T., Kondo, M. (2008).** Suppression of thyroid function during ingestion of seaweed "Kombu" (*Laminaria japonica*) in normal Japanese adult. *Endocrine Journal*, 55(6), 1103-1108.
<https://doi.org/10.1507/endocrj.K08E-125>
- Miyake, Y., Sasaki, S., Ohya, Y., Miyamoto, S., Matsunaga, I., Yoshida, T., Hirota, Y., Oda, H. (2006).** Dietary intake of seaweed and minerals and prevalence of allergic rhinitis in Japanese pregnant females: baseline data from the Osaka maternal and child health study. *Annual Epidemiology*, 16(8), 614-621.
<https://doi.org/10.1016/j.annepidem.2005.11.010>
- Mouritsen, O.G., Dawczynski, C., Duelund, L., Jahreis, G., Vetter, W., Schröder, M. (2013).** On the human consumption of the red seaweed dulce (*Palmaria palmata* (L.) Weber & Mohr). *Journal of Applied Phycology*, 25, 1777-1791.
<https://doi.org/10.1007/s10811-013-0014-7>
- Nelson, N.M., Phleger, C.F., Nichols, P.D. (2002).** Seasonal lipid composition in macroalgae of the Northeastern Pacific Ocean. *Botanica Marina*, 45, 58-65.
<https://doi.org/10.1515/BOT.2002.007>
- Nitschke, U., Stengel, D.B. (2016).** Quantification of iodine loss in edible Irish seaweeds during processing. *Journal of Applied Phycologia*, 28, 3527-3533.
<https://doi.org/10.1007/s10811-016-0868-6>
- Nkwenkeu, S.F., Kennedy, G., Philippe, S., Zayed, J. (2002).** Oral manganese intake estimated with dietary records and with direct chemical analysis. *Science of Total Environment*. 287, 147-153.
[https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(01\)01001-4](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(01)01001-4)
- Nunes, N., Valente, S., Ferraz, S., Barreto, M.C., Pinheiro de Carvalho, M.A.A. (2019).** Validation of a spectrophotometric methodology for a rapid iodine analysis in algae and seaweed casts. *Algal Research*, 42, 101613, 1-8.
<https://doi.org/10.1016/j.algal.2019.101613>
- Pangestuti, R., Kim, S.K. (2011).** Biological activities and health benefit effects of natural pigments derived from marine algae. *Journal of Functional Foods*, 3, 255-266.
<https://doi.org/10.1016/j.jff.2011.07.001>
- Panayotova, V., Stancheva, M. (2013).** Mineral composition of marine macroalgae from the Bulgarian Black Sea Coast. *Scripta Scientifica Medica*, 45(6), 42-45.
- Puntarulo, S. (2005).** Iron, oxidative stress and human health. *Molecular Aspects of Medicine*, 26, 299-312.
<https://doi.org/10.1080/09637480701446524>
- Polat, S., Özoğul, Y. (2009).** Fatty acid, mineral and proximate composition of some seaweeds from the Northeastern Mediterranean Coast. *Italian Journal of Food Science*, 21(3), 317-324.
- Polat, S., Özoğul, Y. (2013).** Seasonal proximate and fatty acid variations of some marine seaweeds from the northeastern Mediterranean. *Oceanologia*, 55(2), 375-391.
<https://doi.org/10.5697/oc.55-2.375>
- Polat, A., Polat, S., Şimşek, A., Kurt, T.T., Özyurt, G. (2018).** Pesticide residues in muscles of some marine fish species and seaweeds of Iskenderun Bay (Northeastern Mediterranean), Turkey. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 3756-3764.
<https://doi.org/10.1007/s11356-017-0756-x>
- Rink, L., Haase, H. (2007).** Zinc homeostasis and immunity. *Trends in Immunology*, 28, 1-4.
<https://doi.org/10.1016/j.it.2006.11.005>

Ruperez, P. (2002). Mineral content of edible marine seaweeds. *Food Chemistry*, 79, 23-26.

[https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00171-1](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00171-1)

Salgueiro, M.J., Zubillaga, M.B., Lysionek, A.E., Caro, R.A., Weill, R., Boccio, J.R.(2002). The role of zinc in the growth and development of children. *Nutrition*, 18, 510-519.

[https://doi.org/10.1016/S0899-9007\(01\)00812-7](https://doi.org/10.1016/S0899-9007(01)00812-7)

Se-Kwon, K. (2012). *Handbook of Marine Macroalgae, Biotechnology and Applied Phycology*. Wiley-Blackwell, 567 p. ISBN: 9780470979181

Southgate, D.A.T. (1990). Dietary fiber and health. pp.10-19. In: D.A.T. Southgate, K.Waldron, I.T. Johnsons and G. R. Fenwick. *Dietary Fiber: Chemical and Biological Aspects*. The Royal Society of Chemistry. Cambridge. pp.10-19. ISBN: 9781845698195

<https://doi.org/10.1533/9781845698195>

Swarnalatha G. (2018). Comparison of nutritive value of seaweed with other terrestrial foods - A Review. *International Journal of Food and Nutritional Sciences*, 7(1), 61-70.

Takeda, A. (2003). Manganese action in brain function. *Brain Research Reviews*, 41, 79-87.

[https://doi.org/10.1016/S0165-0173\(02\)00234-5](https://doi.org/10.1016/S0165-0173(02)00234-5)

Tapiero, H., Tew, K.D. (2003). Trace elements in human physiology and pathology: Zinc and metallothioneins. *Bio-medical Pharmacother*, 57, 399-411.

[https://doi.org/10.1016/S0753-3322\(03\)00081-7](https://doi.org/10.1016/S0753-3322(03)00081-7)

Walker, A.R.P. (1998). The remedying of iron deficiency: What priority should it have? *British Journal of Nutrition*, 79, 227-235.

<https://doi.org/10.1079/BJN19980039>

Wells, M.L., Potin, P., Craigie, J.S., Raven, J.A., Merchant, S.S., Helliwell, K.E., Smith, A.G., Camire, M.E., Brawley, S.H. (2016). Algae as nutritional and functional food sources: revisiting our understanding. *Journal of Applied Phycologia*, 29, 949-982.

<https://doi.org/10.1007/s10811-016-0974-5>

WHO (2001). *Iron deficiency anaemia: Assessment, prevention and control*. In “A Guide For Programme Managers”. World Health Organization, Geneva. 114 p.

Yılmaz N., Sonkaya, M.C. (2018). Çinko uygulamasının çeltik (*Oryza sativa* L.) çeşitlerinde bazı kalite özellikleri üzerine etkisi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 7(1), 35-40.

<https://doi.org/10.29278/azd.440613>

Zaragozá, F.T. (2015). Classification of fruits proximate and mineral content: Principal component, cluster, meta-analyses. *Nereis*, 7, 39-50.

Zimmermann, M.B., Crill, C.M. (2010). Iodine in enteral and parenteral nutrition. *Best Practice & Research Clinical Endocrinology & Metabolism*, 24, 143-158.

<https://doi.org/10.1016/j.beem.2009.09.003>