

## *Alglerin İnsan Gıdası Olarak Kullanımı*

*Ayla ÜNVER ALÇAY<sup>1</sup>, Kamil BOSTAN<sup>2</sup>, Ekin DİNÇEL<sup>1</sup>, Candan VARLIK<sup>2</sup>*

### **Özet**

Deniz yosunları olarak da bilinen deniz alglerinin yaklaşık 160 türü insanlar tarafından besin olarak tüketilmektedir. Çin, Kore ve Japonya başta olmak üzere Uzakdoğu ülkelerinde yaygın olarak kullanılan deniz yosunları gelecekte öngörülen açlık tehlikesine karşı alternatif gıdalar listesinde yer almaktadır. Yapılan çalışmalar deniz yosunlarının yüksek bir besin değerine sahip olduğunu göstermektedir. Kaliteli protein, yağ ve suda çözünür lif içeriğinin yanı sıra insan beslenmesinde önem taşıyan demir, magnezyum, potasyum ve çinko gibi mineraller açısından zengindirler. Aynı şekilde dikkate değer oranda Vitamin K, Vitamin E, ribofilavin, tiamin, niasin gibi vitaminleri içerirler. Alglerin uygun şartlarda bir günde ağırlıklarını 2-3 katına çıkarabilmeleri, üretimlerinin kolay ve ekonomik olması, yan etkilerinin bulunmaması gibi nedenlerle gelecekte besin ihtiyacının karşılanmasında önemli bir kaynak olmaları mümkündür. Asya'daki tüketim şekliyle dünyanın diğer ülkeleri tarafından pek kabul görmeyeceği gerçeği ile deniz yosunlarının toplumların damak tadına uygun yiyecek olarak hazırlanması gastronomi uzmanları tarafından ele alınması gereken bir konudur.

*Anahtar Kelimeler: Yenilebilir Algler, Gıda, Beslenme*

### **Algae as a Food Source for Humans**

#### **Abstract**

Approximately 160 species of marine algae, also known as seaweeds, are consumed as food by humans in the Far East countries like China, Korea and Japan. Seaweeds is located in the list of alternative food against hunger foreseen in the future. Studies indicate that seaweeds have a high nutritional value. They contains high quality proteins, lipids and water-soluble fiber and are rich in minerals such as calcium, iron, magnesium, potassium, zinc and vitamin K needed for human nutrition. Seaweed is also contains useful amounts of vitamin E, riboflavin, thiamine and niacin. Algae can grow 2-3 times in a day under favorable conditions. Their production is easy and economical. There are no side effects. Because of these features, they have the potential to become an important resource for meeting future food needs. However, the model of consumption in Asia cannot be accepted by most people. Preparation of seaweed in accordance with the tastes of societies is an issue that should be studied by master of gastronomy.

*Keywords: Edible Algae, Food, Nutrition*

<sup>1</sup> İstanbul Aydın Üniversitesi, ABMYO, Gıda Teknolojisi Programı

<sup>2</sup> İstanbul Aydın Üniversitesi, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü

## GİRİŞ

İlk çağlardan bu yana insanlığın en temel sorunu olan açlık ve yetersiz beslenme günümüzde de önemini korumaktadır. BM Gıda ve Tarım Örgütü (FAO), Uluslararası Tarımsal Kalkınma Fonu (IFAD) ve Dünya Gıda Programı (WFP) tarafından yayınlanan “Dünyadaki Gıda Güvencesizliğinin Durumu” (SOFI 2014) Raporu’na göre, dünyada 805 milyon insanın hala kronik şekilde yetersiz beslenme sorunuyla karşı karşıya bulunduğu, Sahra Altı Afrika’da 4 kişiden birinin kronik açlık çektiği, dünyanın en yoğun nüfuslu bölgesi Asya’nın ise 526 milyon aç insanı barındırdığı kaydedilmiştir (FAO, 2014).

Dünya nüfusunun hızla artması ile orantılı olarak besin gereksiniminin de artması ve gelecekte ortaya çıkmasından büyük endişe duyulan kıtlık tehlikesi insanlığı alışılmışın dışında yeni besin kaynaklarından yararlanmaya ve mevcut kaynakları geliştirmeye yöneltmiştir. Yakın zamanda tarımsal ürünlerdeki kayıpları azaltmak ve verim artışı sağlamak gibi amaçlarla genetiği değiştirilerek üretilen gıdalar hakkında çeşitli kişi ve kuruluşlar tarafından beyan edilen sağlık için sakıncalı olabileceği şeklindeki görüşler tüketicilerde bir tereddüt oluşturmuştur. Bilinen gıdalara alternatif olarak çok sayıda materyal ve yöntemler önerilmektedir. İnsanlar tarafından gıda olarak kullanılmayan ürünlerin gıda olarak kullanılabilir hale getirilmesi, gıda atıklarının değerlendirilmesi, bazı mikroorganizmaları bol miktarda üretilip bu biyokütlenin besin maddesi olarak kullanılması, biyofermantasyon teknolojisi ile selülozdan gıda üretimi, farklı mikrobiyal kaynaklardan protein üretimi (tek hücre proteini), invitro et, çiftlik ürünü olmayan süt içecekleri, dünyada bazı ülkelerde diyetin bir parçası olan insektlerin yeni gıda işleme teknikleri geliştirilerek gıda olarak kullanımının sağlanması başlıca alternatifler olarak sayıla-

bilmektedir. Bir diğer alternatif gıda kaynağı ise alglerdir. Algler, dış görünüşleri bakımından tek hücreli ve iplikli mikroskobik formlardan birkaç metre boyunda bitkilere kadar değişik morfolojide gözlenebilen, genellikle sucul ve yarı sucul habitatlarda çok geniş bir yayılma alanında (okyanuslar, nehirler, tatlı su gölleri, çaylar, dereler, kutup gölleri, su birikintileri vb.) yaşayan, selülöz çeperi bulunan, ototrof, basit yapılı, fotosentetik çoğunlukla ökaryotik canlılardır (Pereira ve Magalhaes, 2014). Algler, suda yaşayan canlıların gıda zincirlerinin en önemli üreticileridir. Deniz yosunları olarak da bilinen makroalgler kahverengi algler (*Phaeophyta*), kırmızı algler (*Rhodophyta*), yeşil algler (*Chlorophyta*) ve mavi-yeşil algler (*Cyanophyta*) olmak üzere sınıflandırmada dört farklı gruba ayrılabilir.

Algler, hayvan yemi, gübre, doğal gıda boyası, gıda katkı maddesi, atık su arıtma, kozmetik sanayii gibi farklı alanlarda kullanılabildikleri bazı ülkelerde uzun yıllardır geleneksel gıdaların bir parçasını oluşturmaktadır. Çoğunluğu *Phaeophyceae* ve *Phodophyceae* olan çok sayıda alg türü dünyanın çeşitli yerlerinde insanlar tarafından besin kaynağı olarak kullanılırlar (MacArtain ve ark., 2007). Deniz algleri taze (salata şeklinde), kurutulmuş olarak ve pişirilerek (yemek, çorba, sos, baharat şeklinde) tüketilmektedir.

### Yenilebilir makro algler

Çok hücreli ökaryotik organizmalardan olan makro algler denizlerin önemli canlılarından biridir. Dünya genelinde, 43 ülkede üretilen 28 milyon ton deniz yosunun 800 bin tonluk kısmı doğadan toplanırken % 94’ü kültüre edilmesiyle yetiştiricilik yoluyla elde edilmektedir. Ülkemizde makro alglerle ilgili olarak akademik çalışmalar bulunmasına rağmen ticari kültüre edilmesine henüz başlanmamıştır (Ak, 2015).

**Tablo 1.** Gıda olarak tüketilen bazı algler (Darcy-Vrillon,1993; MacArtain ve ark., 2007)

Genel İsmi	Tüketilen Ülke	Bilimsel Adı
Kombu/Konbu, Dashima, Hai dai, Kelp, Oarweed, Tangleweed, Sea Girdle, Sea Tangle, Sea Ribbon	Japonya, Kore, Çin	<i>L. digitata</i> , <i>L. japonica</i> , <i>L. longissima</i> , <i>L. angustata</i> , <i>L. coriacea</i> , <i>L. ochotensis</i>
Nori, Mor Laver	Japonya, Kore, Çin	<i>Porphyra umbilicalis</i>
Aonori veya Yeşil Laver	Japonya, Kore Cumhuriyeti	<i>Monostroma</i> , <i>Enteromorpha</i> , <i>Ulva spp.</i>
Laver	İrlanda	
Wakame	Japonya, Kore, Çin	<i>Undaria pinnatifida</i>
Limu kohu	Havai	<i>Asparagopsis taxiformis</i>
Limu kala	Havai	<i>Sargassum echinocarpum</i>
Limu wawaeiole	Havai	<i>Codium Sp.</i>
Limu huluhuluwaena	Havai	<i>Grateloupia filicina</i>
Limu palahalaha	Havai	<i>Ulva Spp.</i>
Limu manaua	Havai	<i>Gracilaria coronopifolia</i>
Limu 'ele'ele	Havai	<i>Enteromorpha prolifera</i>
Limu lipoa	Havai	<i>Dictyopteris plagiogramma</i>
Dulse, Dillisk, Sol	İskoçya, İrlanda, İzlanda	<i>Rhodomenia palmata</i>
Hiziki	Japonya	<i>Hizikia fusiformis</i>
İrlandalı moss veya karra-genan moss	İrlanda	<i>Chondrus crispus</i>
Nori veya amanori Zicai	Japonya Çin	<i>Porphyra Sp.</i>
Deniz Marulu	İskandinavya, Büyük Britanya, İrlanda, Çin ve Japonya	<i>Ulva lactuca</i> , <i>Enteromorpha spp.</i>
Düğümlü yosun (egg wrack), Kaya otu, Norveç kelpi	Kanada, Norveç ve İskoçya	<i>Ascophyllum nodosum</i>
Royal veya Tatlı Kombu	İrlanda, İngiltere, Avrupa'nın Kuzey Atlantik Kıyıları, Kuzey Amerika'nın Atlantik Kıyıları	<i>Laminaria saccharina</i>
Deniz spagettisi	Kuzeydoğu Atlantik Okyanusu ve Kuzey Denizi	<i>Himantalia elongata</i>
Deniz üzümü veya yeşil havyar	Japonya, Filipinler	<i>Caulerpa lentillifera</i>

Yenilebilir algler içerisinde bilinen en ünlüsü Japonya’da “nori”, Çin’de “ziacain”, İrlanda, Galler ve İskoçya’da “laver”, Kore’de “gim” adı ile bilinen kırmızı alglerden *Porphyra spp.*’dir. Esmer alglerden Japonya’da “kombua”, Çin’de “haidai” adı ile tanınan *Laminaria* ile “wakeme” adı ile Japonya’da üretilen *Underis*’da diğer besin maddesi olarak kullanılan makro alglerdir (Tablo 1).

Suşi kaplamasında da kullanılan “nori” en az 1300 yıldır Japonya’da önemli bir gıda olmuştur. Nori, “onigiri” adı verilen pirinç sandviçlerinde, haşlanmış pirinç ya da şehriyenin lezzetlendirilmesinde, “tsukudani aonori” denen lüks bir yemek üretiminde ve değişik çorbalarda kullanılmaktadır (Ole, 2013).

Nori yapımı için kültüre edilen *Porphyra umbilicalis* mekanik olarak hasat edilir ve yıkanarak kirleticilerden arındırılır. Küçük parçalar halinde kıyılıp bulamaç haline getirildikten sonra hasırlar veya çerçeveler üzerinde dökülür, suyun fazlası uzaklaştırılır ve kurutulur. Yapraklar çerçeve üzerinden ayrıldıktan sonra satış için paketlenerek kullanıma sunulur. Bu ürün “hoshi-nori” (kuru laver yaprağı) olarak isimlendirilir. Kızartılmış olan çeşidine ise “yaki-nori” adı verilir. Yaki-nori Japonya’da soya sosu, şeker, sake ve baharat karışımı sürülerek tüketilmektedir ve ayrıca çabuk çorba, reçel ve şarap gibi nori katkılı yiyecekler piyasada bulunmaktadır (Nisizawa, 1987).

Aonori veya yeşil laver, *Monostroma spp.*, *Enteromorpha spp.* ve *Ulva spp.* gibi çeşitli deniz yosunları karışımının ticari adıdır. Yeşil laver hasat edildikten sonra yıkanır, güneşte ya da kurutucuda kurutulur ve hafifçe kızartılır. Aonorinin bir kısmı bu formda tüketilirken, bir kısmı da toz haline getirilerek veya küçük parçalar halinde ezilerek haşlanmış pirinç üzerinde ve çorbalarda kullanılır. Ayrıca

yeşil laverin soya sosu ve şeker ile kaynatılarak konservesi de yapılmaktadır (Nisizawa, 1987).

*Laminariales* (order) boyları metrelerce uzun olabilen ve tallusları rizoit, sap ve yapraksı bir kısımdan ibaret olan büyük esmer yosunlardır. Kelp adı verilen *Laminaria* gurubu makro algler barındırdığı besin öğeleri ile Uzak Doğu’da insan beslenmesinde çok eskiden beri kullanılmaktadır. İyottan zengin olduğu için aktif tiroid ve guatr tedavisi için bir destek olarak kullanılmıştır. Organik gübre olarak da değerlendirilmektedir. Zayıflama takviyeleri, hazımsızlık ilaçları, kağıt, tekstil ürünleri üretimi, su geçirmezlik ve yanmaz kumaş imalatı; içecekler, dondurma, diş macunu ve jölelerde kıvam verici, emülsifiye edici ve stabilizatör olarak kullanımları da mevcuttur (Ak, 2015).

Kombu, *Laminaria* türlerinin (*L. longissima*, *L. japonica*, *L. angustata*, *L. coriacea* ve *L. ochotensis*) karışımından üretilen kurutulmuş deniz yosununun Japonca adıdır. Haidai ise *Laminaria japonica*’nın Çince ismidir. Japonya’da *Laminaria* türü deniz yosunları, deniz suyuyla yıkanır, kesilir ve güneşe serilerek veya bir kurutucuda kurutulur ve daha sonra balyalar halinde paketlenir. Bu ürüne “suboshi kombu” denir. Suboshi kombu, malaşit yeşili ile kaynayan solüsyonu içerisine yerleştirilip koyu yeşil rengini vermesi sağlanır. Sonra kısmen kurutulur ve ardından bir rende ile rendelenir, buna “aokombu” veya “yeşil kombu” denmektedir (Nisizawa, 1987). Yüksek kaliteli suboshi kombu, kare parçalar ya da dikdörtgen parçalar halinde kesilir. Bu parçalar baharat veya soya sosu, bir çeşit tatlı japon içkisi (mirin) ve şekerle kaynatıldıktan sonra kurutulur. Bu ürüne “shio kombu” denir. Suboshi kombu şeritler halinde doğranır ve soya sosuna batırılarak kombu turşusu elde edilir. Dilimli kombu, suboshi kombunun, sir-

keyle yumuşatılması ve dilimlenmesi ile elde edilir (Nisizawa, 1987). *Laminaria japonica* yaprakları sıcak hava ile kurutulup öğütülerek kombu çayı olarak tüketilir. Kombu aynı zamanda umami taddan sorumlu bir amino asit olan glutamik asidin iyi bir kaynağıdır. Dashi adı verilen bir çeşit çorba üretiminde de kombudan yararlanılmaktadır. Kombu ayrıca reçel ve içki yapımında da kullanılmaktadır (Chapman ve Chapman, 1980).

Havai adalarında “limu” olarak adlandırılan 40’tan fazla deniz yosunu 4000 yıldır yetiştirilmekte, hala düzenli olarak tüketilmektedir (Ak, 2015). Hawaii dilinde Limu kohu “hoş yosun” anlamına gelmektedir ve Hawaii mutfağında bir çiğ balık salatası olan poke’nin geleneksel bir malzemesidir. Limu Havai’de süpermarketlerde satılmakta, yemeklere lezzet vermesi için çeşni olarak kullanılmakta, salatalarda ve yemeklerin yanında sebze olarak yenilmektedir (Anonim, 2016a).

Endonezya, Malezya, Filipinler ve Vietnam’da *Gracilaria* türleri kıyı insanları tarafından yiyecek için toplanmaktadır. Kırmızı alglerden *Gracilaria* ve *Gelidium* türlerinden elde edilen agar bütün dünyada jelleştirici, kıvam artırıcı, stabilize edici gibi özellikleri nedeniyle bir gıda katkı maddesi olarak yaygın bir kullanım alanına sahiptir (Cirik ve Cirik, 2011).

Wakame, Japonya’da *Undaria pinnatifida*’dan yapılan bir yiyecektir. Hasat edildikten sonra yıkanır, yaprağın orta damarı çıkarılır ve güneşte ya da sıcak havalı kurutucuda kurutulur. Kurutulmuş haline “suboshi wakame” denilmektedir. Depolama sırasında solmayı önlemek için, taze wakame odun ya da saman külleriyle karıştırılır, 2-3 gün yere yayılır ve sonra plastik poşetlere yerleştirilir. Alkali kül ile enzimleri inaktive ettikten sonra algler tek-

rar yıkanır, orta damarı çıkarılır ve parçalandıktan sonra kurutulur. Böylece yeşil rengini uzun süre muhafaza eder (Nisizawa, 1987).

*Hizikia fusiformis*, wakame ve kombudan daha ince bir yaprak yapısına sahip olan kahverengi deniz yosunudur. Hasat edildikten sonra yıkanır ve güneşte kurutulur “suboshi hiziki” elde edilir. Bu ürün çok koyu renkli ve buruk bir tadı olmasından dolayı, 1/10’u kadar başka kahverengi deniz yosunu (*Eisenia bicyclis* veya *Ecklonia cava*) eklenip 4-5 saat suda kaynatılır. Kaynatma işlemi bazı pigmentleri hizikiden uzaklaştırır ve rengi düzeler. Kaynatmadan sonra, deniz yosunu 4-5 saat buharda pişirilir. Haşlanan hiziki küçük parçalar halinde kesilir ve tekrar güneşte kurutulur. Bu ürüne “hoshi hiziki” denir. Tozu piyasada mevcuttur. Hoshi hizikinin suda haşlanmasıyla elde edilen suyu yemek ya da çorba yapımında kullanılmaktadır. Ayrıca hoshi hiziki, soya sosu, şeker ve pirinç şarabı ilavesiyle haşlanır ve bu karışım haşlanmış pirinç ile birlikte servis edilir (Nisizawa, 1987).

Dulse (*Palmaria palmata*) Kuzey Pasifik ve Atlantik sahilleri boyunca İzlanda, Kanada ve İrlanda’da yetişen yosun türüdür, yüzyıllardır gıda ve ilaç olarak kullanılmıştır. İrlanda’da manavlarda ve süpermarketlerde satılmaktadır. Taze dulse kayalardan uzaklaştırılıp güneşte kurutulmadan doğrudan yenebilir. İrlanda’da genellikle kurutulmakta ve “dillisk” olarak adlandırılmaktadır. Daha alt kalitedeki dulse, genellikle zayıf kurduğu için baharat olarak kullanılmak amacıyla toz haline getirilir. İzlanda’da geleneksel olarak, tereyağı ile birlikte tavada kızartılarak cips haline getirilir, peynirle kaplanarak fırında pişirilir veya kısa bir süre mikrodalgada tutulur. Çorba, sandviç ve salatalarda kullanılır veya ekmek/pizza hamuruna eklenir. İnce doğranmış halde, et tabağında monosodyum glutamatın yerine tat ge-

liştirici olarak kullanılmaktadır. Gıda katkısı olarak, sağlık ve kozmetikte mineral takviyesi olarak ve vücut bakım sektöründe, ayrıca hayvan yemi olarak kullanımı vardır (McHugh, 2003).

Moss veya karragenan moss (*Chondrus crispus*) İrlanda'da ve Avrupa'nın bir kısmında gıda olarak uzun yıllardır tüketilmektedir. Bu yosun olduğu gibi yenmez, fakat içerdiği karragenanın kaynatıldığında koyulaştırıcı özeliğinden yararlanır. Doğal bir polisakkarit olan "karragenan", Avrupa, Asya ve Amerika'da farklı kırmızı deniz yosunları tarafından (*Chondrus crispus*, *Gigartina stellata*, *Euchema spinosum*, *E. cottonii*) üretilir. Kappa, iota ve lambda olmak üzere üç farklı çeşidi bulunmaktadır (Ak, 2015). Kappa karragenan, sert ve dayanıklı jel formu, iota karragenan elastik ve su tutucu jel yapı, lambda karragenan ise jel özelliği göstermeyen çok iyi viskozite isteyen durumlarda kullanılmaktadır. Karragenan moleküllerinin sahip oldukları esnek yapıları, oda sıcaklığında farklı özelliklerde jel formlar oluşturabilmelerini sağlar. Bu özellikleri sayesinde karragenanlar gıda sanayi ve diğer endüstriyel alanlarda kıvam arttırıcı ve stabilizör olarak geniş kullanım alanı bulurlar. Karagenan, süt proteinleri ile etkileşime girer ve kıvamı arttırır. Çikolatalı sütte, kakao parçacıklarının çökmesini engeller. Krem peyniri, krem şanti, krema, pudıngler, yoğurt, milk shake, ayran, tatlılar, soslar, dondurulmuş ürünler, içeceklerde viskoziteyi arttırmak için kullanılır. Birayı durultmak amacıyla, sütlü pudınglerde jelleştirici, pıhtılaşmayı önleyici olarak kullanılır. İşlenmiş et ürünlerinde yağ yerine ikame edici olarak kullanılarak, bitmiş ürünün su tutma kapasitesi ve hacmi arttırılır. Salam benzeri işlenmiş et ürünlerinin yumuşak olmasını ve daha iyi dilimlenmesini sağlar. Dondurmada donmamış bölümün viskozitesini arttırır, kristal boyutunu sınırlı tutar,

kristalizasyonu önler ve rengin kalıcılığını sağlar (Altuğ Onoğur, 2009).

*Ulva* ve *Enteromorpha* türleri dünyada ve ülkemizde "Deniz Marulu" olarak bilinir. Latince adı *Ulva lactuca* olan deniz marulu, sığ suların kayalık kesimlerinde bulunur ve bu yosun türü ince levhaya benzeyen yapraklara sahiptir. Yeşil renkte olan yaprakları ile deniz sebzesi olarak tanınır. Karadeniz sahillerinde ve İstanbul Boğazı'nda doğal olarak yetişmektedir (Akyurt ve ark., 2011, Turna ve Uzunköprü, 2015). Bu türler kurutulmuş haline getirilmekte ve fast food gıdalara ilave edilmektedir. Deniz marulu türlerinden "ulvans" denilen antioksidan özellikteki polisakkaritler elde edilir. *U. lactuca*'nın kuru maddede %38-54 arasında polisakkarit içerdiği bildirilmektedir. *Ulva lactuca* genellikle İngiltere'de yeşil salata olarak kullanılır. Ayrıca bu türün cilt nemlendirici ve sıkılaştırıcı içeriği nedeniyle cilt kremlerinde kullanıldıkları da bildirilmiştir (Kim, 2012; Kim, 2013).

Deniz üzümü veya yeşil havyarın (*Caulerpa spp.*) birçok türü vardır, fakat *Caulerpa lentillifera* ve *C. racemosa* en popüler yenilebilir olanlarıdır. Her ikisi de üzüm benzeri görünüme sahiptir ve taze salata olarak kullanılmaktadır. Hasat edilen bitkiler yıkanır ve paketlenir. Buzdolabında yedi gün boyunca taze kalırlar (McHugh, 2003).

*Ascophyllum nodosum* alginatlar, gübre, insan gıdası ve hayvan yemi üretimi için hasat edilir. İyi bir fukoidan, alginat, askofilan, laminarin ve polifenol kaynağıdır. Kanada, Norveç ve İskoçya'yı kapsayacak şekilde Kuzey Atlantik'te yaygın olarak bulunur. Keseleri yumurtamsı ve bir fındık büyüklüğündedir. Alginik asit elde etmek için toplanır. Geleneksel olarak, özellikle gıda katkıları sırasında önemli bir gıda olarak kullanılmıştır. Çorbaya

katılabilir, yemekler ve salatalarla kullanılabilir. Kurutulmuş toz şeklinde de bulunmaktadır (Kadam ve ark., 2015; McHugh, 2003).

*Himanthalia elongata*, (deniz spagettisi) kuzeydoğu Atlantik Okyanusu ve Kuzey Denizi'nde bulunan kahverengi bir algdir. Geleneksel olarak potas endüstrisi için veya gübre olarak kullanılmıştır. Günümüzde yenilebilir deniz sebzesi olarak hasat edilir. Diğer deniz yosunları kadar güçlü bir deniz tadı yoktur. Genellikle salatalarda, makarnanın yanında veya tatlıda kullanılır (Anonim,2016b; Anonim 2016c).

#### Yenilebilir mikroalgler

Mikroalgler, mikroskopik canlılardır ve binlerce türüne tatlı sularda ve denizlerde rastlanır. Mikroalglerin beslenme amacı ile kullanılması fikri ilk kez, İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra ortaya atılmıştır. 1955'te Tokyo'da

dünyanın ilk mikroalg (*Chlorella*) çiftliği kurulmuştur. Fransız Petrol Enstitüsü, 1965'te Güney Sahra'nın yerlilerinin Çat Gölü çevresinde oluşan *Spirulina* alglerini güneşte kuruttuktan sonra sebze olarak yediklerinin gözlemlemiş ve mikroalgler üzerinde araştırmalara başlamıştır (Erdin ve Erdin,2016). Ülkemizde 2000'li yılların başlarında Ege Üniversitesi bünyesinde ilk defa havuzlarda *Spirulina* üretimi gerçekleştirilmiştir. Sonraki yıllarda Çukurova ve Çanakkale Onsekizmart Üniversiteleri'nde *Spirulina* üretimi yapılmıştır (Gökpınar ve ark., 2013). Günümüzde Dünya'da çok sayıda tek hücreli mikroalg gıda sektöründe değerlendirilmekte ve birçoklarının 40 yıldan beri ticari üretimi yapılmaktadır (Tablo 2). Mikroalgler; beslenme için gerekli olan karbonhidratları, proteinleri, esansiyel amino asitleri, lipidleri, vitaminleri ve mineral maddeleri içermektedirler.

**Tablo 2.** İnsan tüketimi için kullanılan veya kullanılması önerilen mikroalgler (Borowitzka, 1998).

Alg	Kaynağı
<b>Cyanobacteria (Mavi-yeşil algler)</b>	
<i>Spirulina platensis</i>	ABD, Tayland, Çin, Tayvan, Hindistan vs ülkelerde kültüre edilmiştir.
<i>Spirulina maxima</i>	ABD, Tayland, Çin, Tayvan, Hindistan vs ülkelerde kültüre edilmiştir.
<i>Nostoc commune</i>	Sahadan toplanmıştır
<i>Aphanizomenon flos-aqua</i>	Sahadan toplanmıştır (ABD, Klamath Gölü)
<b>Chlorophyta</b>	
<i>Chlorella</i> spp.	Tayvan ve Japonya'da kültüre edilmiştir
<i>Duneliella salina</i> (beta karoten için)	Avustralya, İsrail ve ABD'de kültüre edilmiştir
<i>Scenedesmus</i> sp.	Çekoslovakya'da ve deneysel olarak kültüre edilmiştir
<i>Haemotococcus pluvialis</i> (astaksanthin için)	Sadece deneysel olarak kültüre edilmiştir

Mikroalglerin tarıma elverişli olmayan arazilerde yetiştirilebilmesi önemli bir avantaj oluşturmaktadır. Ayrıca karasal bitkilere göre üretim süre ve döngüleri çok kısadır. Fermentasyon proseslerinin iklim koşullarından bağımsız olması, üretimde atık ürünlerin kullanılabilirliği, ayrıca “rekombinant biyoteknoloji” uygulamaları ile yeni suşların geliştirilmesi sonucunda yüksek miktarda, farklı, değerli ve ender bulunan tek hücre yağlarının üretilmesi diğer avantajlarıdır. Fotototrofik mikroalg üretimi ve işlenmesi için dünya çapında gelişmiş çeşitli teknolojiler kullanılmaktadır (Becker, 1994).

Algler renklerine göre, klorofil a, b ve c,  $\beta$ -karoten, astaksantin, fitosiyenin, ksantofil, fitoeritrosin gibi önemli pigmentler üretirler. Bu pigmentlerin bir kısmı gıda sanayinde renklendirici olarak kullanılmaktadır. Tüketicilerde sentetikler yerine doğal ürünlere doğru artan taleple birlikte mikroalgler doğal renklendiriciler için önemli bir kaynak olarak gösterilmektedir. (Begum ve ark., 2016).

Günümüzde  $\beta$  –karoten dünyada gıda renklendiricisi olarak (margarin, peynir, meyve suları, süt ürünleri gibi) en çok kullanılan pigmentlerden biridir ve insan sağlığı üzerinde çok sayıda olumlu etkisi olduğu bilinmektedir. En iyi karotenoit üretimi için *Dunaliella spp*' den *Dunaliella salina* ile *Dunaliella bardawil* kullanılan türlerdir (Bai ve ark., 2011).

Astaksantin pigmenti *Haematococcus* mikro alglerinden elde edilen, yüksek ticari değere sahip, tropikal süs balıklarının renklerinin korunmasında, kümes hayvanlarının yumurta sarılarının renklendirilmesinde, güçlü antioksidan özelliğinden dolayı besin takviyesi olarak kullanılan bir karotenoittir.  $\beta$ -Karatene göre 10 kez, a- tokoferole göre 500 kez daha yüksek antioksidan özelliği vardır; Alzheimer

ve parkinson hastalıklarının faydalı olduğu, antikanserojenik bir madde olduğu bilinmektedir (Shah ve ark., 2016).

Fikoeritrin ve fikoksiyanin suda eriyebilir ve gıdalarda doğal renklendirici olarak kullanım alanı bulur. *Porphyridium sp.* floresan pembe renk veren pigment kaynakları olarak bilinmekte, bu pembemsi-kırmızı renkli pigmentler jelatin içeren tatlılarda ve süt ürünlerinde renklendirici olarak kullanılmaktadır. *Porphyridium-fikosiyenin*, *Porphyridium aeu-gineum* kırmızı alginden elde edilen mavi bir pigmenttir. Özellikle asidik içeceklerde ve dondurmalarda renk maddesi olarak kullanılmaktadır. Günümüzde sağlıklı beslenmeye doğru değişen tüketici tercihleri sonucu, sentetik pigmentler yerine her geçen gün doğal ürünlere talep artmakta ve algler doğal renklendirici kaynakları olarak değer kazanmaktadır (Çelikel ve ark., 2006).

#### Alglerin besin değeri

Makro deniz yosunlarında gıda analizleri ile yüksek düzeyde karbonhidrat, mineraller, ve vitaminler saptanmıştır (Darcy-Vrillon, 1993). Makro alglerden yapılan nori, %30-50 protein (yaklaşık %75'i sindirilebilir), önemli miktarda A vitamini, C vitamini, niasin ve folik asit içermektedir (Chapman ve Chapman, 1980). Çeşitli deniz yosunları karışımının ticari adı olan “aonori” veya “yeşil laver”, yaklaşık %20-26 protein ve %19-23 mineral madde, düşük sodyum, yüksek demir ve kalsiyum, birçok sebzedden daha yüksek B grubu vitaminler ve A vitamini içerir (Yamamoto, 1982). Kombu, mineral, vitamin, aminoasit (özellikle glutamik asit) içeriği ve EPA (eikosapentaenoik asit) (%20-25) bakımından zengindir (Fujiwara ve ark., 1984). Diğer kahverengi deniz yosunları gibi yağ içeriği oldukça düşüktür. Açık havada kurutulmuş wakamenin vitamin içeriği yaş olanla aynıdır



ve B grubu vitaminlerince, özellikle niasince zengindir. Ancak işlenmiş wakame ürünleri vitaminlerinin çoğunu kaybetmektedir (Nisizawa, 1987). Dulse (*Palmaria palmata*) vitamin ve mineraller ve iz elementleri içerir; protein ve yüksek demir seviyesi vardır (McHugh, 2003).

Bilinen sebzelerle karşılaştırıldığında deniz yosunlarının lif kaynağı olarak değerli bir kaynaktır. Deniz yosunları ile karasal bitkilerin toplam lifi karşılaştırıldığında yakın ya da hafifçe yüksek olduğu saptanmıştır. Bunlar, bağırsakta büyük ölçüde sindirilemeyen liflerdir ve hacim arttırıcı kapasiteleriyle tokluk hissi yaratırlar ve sindirime yardımcı olurlar. Wakame, nori ve kombudan daha yüksek lif içeriğine sahiptir. Kahverengi deniz yosunu alginatlarının barsak sağlığına faydalı olduğu saptanmıştır. Alginatların sindirim kanalında başlıca olumlu etkisi su bağlama ve polisakaritlerin bağlanma kapasitesiyle ilgili fekal bulkun artışı sonucudur. Bu kolon kanserinde koruyucu bir faktör olan kolondan transit geçiş zamanının azaltır. Ayrıca alginat polisakaritleri çok iyi bir şekilde metal iyonlarını da bağlar ve sistemden ağır metallerin emilimini azaltır (Brownlee, 2005).

Deniz yosunları deniz habitatı nedeniyle yüksek mineral içeriğine ve mineral çeşitliliğine sahiptir. Kalsiyum gibi önemli mineraller, yosunlarda karasal bitkilere oranla daha yüksek miktarda birikir. Demir ve bakır gibi mineraller, ıspanak gibi karasal kaynaklara oranla yosunlarda daha yüksek seviyelerdedir. Bir porsiyon (8 g) kuru *Palmaria palmata* (Dulse / Dillisk) 6.4 mg demir içeriğine sahiptir. Yosunlarda bakır da yüksek oranda bulunur. Her gün 1.2 mg olan bakır ihtiyacının %14'ünü 8 gramlık bir porsiyon *Undaria pinnatifida* (wakame) içermektedir. Asya mutfağında kullanılan kombunun bir porsiyonu (8 gram)

günlük magnezyum ihtiyacının %65'ini karşılar. Metabolik düzenlenmesinde önemli bir mineral olan iyot, çoğu yosunlarda boldur (Garrow ve ark., 1997).

Deniz yosunları, besin takviyesi olarak veya dengeli bir diyetin parçası olarak ihtiyaç duyulan birçok temel yağ asitlerini de ihtiva eder. Deniz yosunları kuru ağırlığının % 2'si kadar lipid içerebilmektedir ve bu lipid içeriği çoklu-doymamış yağ asitlerinden oluşmaktadır. İnsanlarda beslenme için esansiyel olan Omega-3 Omega-6 da yosunlarda bulunur (Marinho ve ark., 2015). Mikroalgler sürdürülebilir yemeklik yağ üretiminin geleceği için potansiyel vaat etmektedir (Klok, 2014). Yağ bitkileri tarımı ile karşılaştırıldığında mikroorganizmaların hızlı büyüme oranı ve kapalı sistemlerde kültüre edilmesinden dolayı mikrobiyal yağ üretiminin iklimden bağımsız olması en önemli avantajlarıdır. Ancak, mikrobiyal lipidlerin maliyeti hala çok yüksektir ve ayrıca gıda güvenliği, sürdürülebilirlik, ürüne uygulama yönleri gıda pazarına girmeden dikkatlice düşünülmesi ve araştırılması gereken konulardır (Thevenieau, 2013).

Yosunların habitatı türden türe değişmekle birlikte çoğunlukla yaşamlarını sucul ortamda doğrudan güneş ışığına maruz geçirirler. Sonuç olarak, deniz yosunları vitamin K, vitamin E, riboflavin, thiamine, niacin and folate gibi vitaminleri ve birçok antioksidan formlarını ihtiva eder. *Undaria pinnatifida* (Wakame)'nin 8 gramlık bir porsiyonunda, yer fıstığından daha yüksek düzeyde Vitamin E bulunur. C vitamini gibi suda çözünür vitaminler *Ulva lactuca* (deniz marul), *Undaria pinnatifida* (wakame) ve *Gracilaria spp.* gibi türlerde saptanmıştır. Deniz yosunları B12 vitamininin de birkaç bitkisel kaynağından biridir. Kırmızı deniz yosununun (*Gracilaria spp.*) sebzelere göre daha yüksek beta karo-

ten olan (5.4 mg/100 g) taşıdığı bulunmuştur (**MacArtain ve ark., 2007**).

*Porphyra* spp. (nori) gibi bazı yosunlar, nispeten yüksek protein içeriğine sahiptir. Protein içeriği kuru ağırlığının % 47 gibi yüksek oranda olabilir. Ancak bu seviyeleri mevsim ve türlere göre değişir. Birçok tür için, proteinleri oluşturan aminoasitlerin büyük bir kısmını aspartik ve glutamik asitler teşkil eder. Aspartik ve glutamik asitleri lezzet artırıcı olarak bilinmektedir. *Laminaria japonica* (kombu) Asya'da yaygın kullanılan monosodyum glutamatın (Çin tuzu) orijinal kaynağıdır (**MacArtain ve ark., 2007**). *Palmaria palmata* baklagillerdeki düzeyde izolösin ve treonin; *Ulva pertusa* yumurtadaki düzeyde histidin içermektedir.

Mikroalgler de zengin protein, karbonhidrat ve yağ asidi içeriğine sahiptir (Tablo 3). Besin değeri yüksek olan bu organizmalar vitamin ve iz elementlerin önemli bir kaynağıdır. Mikroalglerin bileşiminde bulunan ana madde ham proteindir. Ayrıca mikroalglerin vitamin

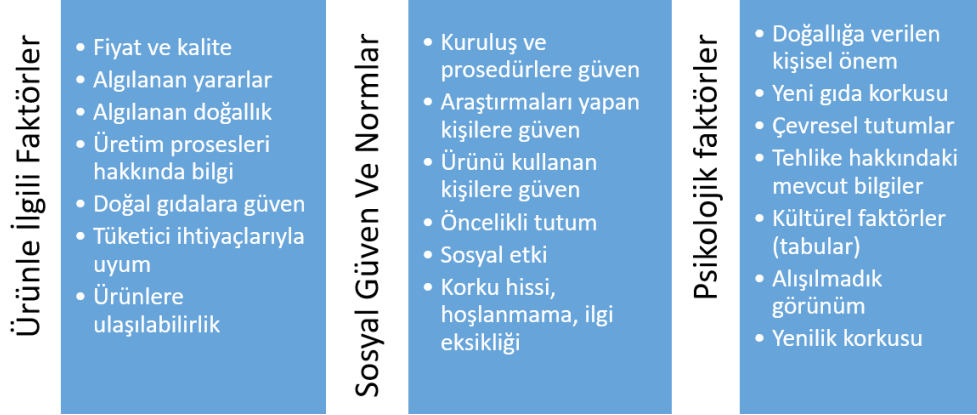
bakımından zengindir ve özellikle vitamin B12 miktarının çokluğu dikkat çekmektedir. Proteince zengin mikro algler bol miktarda K, Na, Mg, Ca, P, S, Fe gibi mineral maddeleri ihtiva etmektedir.

### Yenilikçi gıdaların tüketici tarafından kabulü

Ürünle ilgili faktörler, sosyal güven ve normları ve psikolojik faktörler alternatif olarak sunulan yenilikçi gıdaların tüketici tarafından kabulünü etkileyen üç temel faktördür. Ürünle ilgili faktörlerden en önemlisi fiyat ve kalitedir. Bir ürünün "makul" fiyatlı ve kaliteli olması tüketiciler için önemlidir. Ürünün somut faydalarının bilinmesi tüketicilerin kabulünü arttırmaktadır. Bir ürünün algılanan riski, ürünün kabul üzerine olumsuz etkide bulunur. Tüketicilerde doğal gıdalar için güçlü bir istek vardır. Araştırmalar kültürün ve psikolojik faktörünün gıda tercihi, gıda seçimi ve gıdayı sevmeye etkili olduğunu göstermiştir. Tüketici ihtiyaçlarıyla uyumlu olmanın tüketici için satın almaya karar vermede önemli bir rolü vardır. Ürünün kolay kullanılabilir ol-

**Tablo 3.** Farklı mikroalglerin genel kompozisyonu (% kuru ağırlık olarak) (**Becker, 2007**).

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



Şekil 1. Yenilikçi gıdaların kabullünü etkileyen faktörler (Lensvelt ve Steenbekkers, 2014)

ması, muhafazasının kolay olması, her zaman kullanıma hazır ve pişirmesinin basit ve hızlı olması önemlidir (Lensvelt ve Steenbekkers, 2014; Siegrist, 2007). Yenilikçi gıdaların kabullünü etkileyen faktörler Şekil 1’de özetlenmiştir.

## SONUÇ

İnsanların gereksinim duyduğu çoğu besin unsurlarını bünyelerinde bulduran alglerin uygun şartlarda bir günde ağırlıklarını 2-3 katına çıkarabilmeleri, üretimlerinin kolay olması, atık maddeleri kullandıklarından çevreci canlılar olarak tanımlanmaları, hemen hemen bütün dinler tarafından tüketilmesinin uygun görülmesi gibi nedenlerle gelecekte beslenme ihtiyacının karşılanmasında önemli bir yer edinmeleri mümkündür. Ülkemizde su ürünlerinin tüketimi alışkanlığımız genellikle balıklarla sınırlıdır. Dünya’da birçok ülkede geleneksel yemeklerin bir parçasını oluşturan ve halkımız tarafından çok fazla bilinmeyen yenilebilir algler, düzenli olarak tüketildiğinde dengeli bir beslenme için yüksek düzeyde besin öğeleri içermekte, karasal gıda kaynakları ile karşılaştırıldığında iz elementler ve mineralleri bol miktarda buldurmaktadır. Algler ile ilgili beğenilmeyen belirgin tatlar gıda işleme metotları ve değişik menüler deneyerek ülkemizde deniz yosunu kullanımını yaygınlaştırmak mümkün olabilecektir.

## KAYNAKLAR

**Ak, İ. (2015).** Sucul ortamın ekonomik bitkileri; Makroalgler. Dünya Gıda Dergisi, Aralık: 87-97.

**Akyurt, İ., Şahin, Y., Koç, H. (2011).** Deniz marulunun (*Ulva Sp.*) sıvı organik gübre olarak değerlendirilmesi. Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi, (4): 55-62.

**Altuğ Onoğur, T. (2009).** Gıda Katkı Maddeleri. Sidas Medya Ltd Şti, İzmir

**Anonim (2016a).** Edible Limu Gifts from the Sea: <http://www.hawaii.edu/reefalgae/publications/ediblelimu>; Erişim:13.10.2016.

**Anonim (2016b).** The Seaweed Site: information on marine algae. <http://www.seaweed.ie/index.php>, Erişim:13.10.2016.

**Anonim (2016c).** Sea Spaghetti (*Himantalia elongata*). <http://www.irishseaweeds.com/sea-spaghetti-himantalia-elongata>, Erişim:13.10.2016.

**Bai, M-D., Cheng, C-H., Wan, H-M., Lin, Y-H. (2011).** Microalgal pigments potential as byproducts in lipid production. J. Taiwan Inst. Chem. Eng., 42(5): 783-786

**Erdin, N., Erdin, E. (2016)** Mikroalglerin Besin Kaynağı Olarak Değerlendirilmesi. <http://web.deu.edu.tr/erdin/pubs/doc139.htm>, Erişim:13.10.2016.

**Anupama, Ravindra P. (2000).** Value-added food: Single cell protein. *Biotechnology Advances*, 18(6): 459-479.

**Becker, E.W. (1994).** *Microalgae: Biotechnology and Microbiology*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

**Becker, E.W. (2007).** Micro-algae as a source of protein. *Biotechnology Advances*, 25: 207-210.

**Begum, H., Yusoff, F.M., Banerjee, S., Khaatoon, H., Shariff, M. (2016).** Availability and utilization of pigments from microalgae. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 56(13):2209-2222.

**Borowitzka, M. A. (1998).** Algae as food. In *Microbiology of fermented foods*. Springer, US.

**Brownlee, I.A., Allen, A, Pearson J.P, Detmar P.W., Havler, M.E., Atherton, M.R., Onsøyen E. (2005).** Alginate as a source of dietary fiber. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 45:497–510.

**Chapman, V.J., Chapman, D.J. (1980).** *Seaweeds and their uses*. Chapman and Hall, London, 334 p.

**Cirik, Ş., Cirik, S. (2011).** *Su Bitkileri I (Deniz Bitkilerinin Biyolojisi, Ekolojisi, Yetiştirme Teknikleri)*. Ege Üniversitesi Yayınları, Su ürünleri Fakültesi Yayınları No:58. Bornova-İzmir p: 135 – 145.

Çelikel, N., Kınık, Ö., Gönç, S., Kavas, G. (2006). Mikroalglerin gıdalarda renk verici madde (pigment ) kaynağı olarak kullanımı, Türkiye 9. Gıda Kongresi; 24-26 Mayıs, Bolu.

**Darcy-Vrillon B. (1993).** Nutritional aspects of the developing use of marine macroalgae for the human food industry. *Int. J. Food Sci. Nutr.*, 44: 23–35.

**Lensvelt, E. J. S., Steenbekkers, L. P. A. (2014).** Steenbekkers Exploring Consumer Acceptance of Entomophagy: A Survey and Experiment in Australia and the Netherlands. *Ecology of Food and Nutrition*, 53(5): 543-561

**FAO (2014).** State of Food Insecurity in the World 2014 (SOFI 2014) Report, Food and Agriculture Organization of the United Nations. [www.fao.org/3/a-i4030e.pdf](http://www.fao.org/3/a-i4030e.pdf). Erişim:13.10.2016.

**Fujiwara, M., Lizima, N., Yamamoto, I., Nagumo, T. (1984).** Purification and chemical and physical characterization of antitumour polysaccharide from the brown seaweed, *Sargassum fulvellum*. *Carbohydrate Research*, 125(1): 97-106.

**Garrow J.S., James W.P.T., Ralph A. (1997).** *Human Nutrition and Dietetics* .8 th ed. London, Churchill Livingstone.

**Gökpınar, Ş., Işık, O., Göksan, T., Durmaz, Y., Uslu, L., Ak, B., Önalın, S.K., Akdoğan, P. (2013).** Algal Biyoteknoloji Çalışmaları, Yunus Araştırma Bülteni, (4): 21-26.

**Kadam, S.U., O'Donnell, C.P., Rai, D.K., Hossain, M.B., Burgess, C.M., Des Walsh, and Brijesh K. Tiwari B.K. (2015).** Lamina-

rin from Irish brown seaweeds *Ascophyllum nodosum* and *Laminaria hyperborea*: Ultrasound assisted extraction, characterization and bioactivity. *Mar Drugs*. 13(7): 4270–4280.

**Kim S.K. (2012).** Marine Cosmeceuticals Trend and Prospects. Taylor and Francis Group, New York. 397p.

**Kim,S.K. (2013).** Marine Nutraceuticals Trend and Prospects. Taylor and Francis Group, New York. 397p.

**Klok, A.J., Lamers, P.P., Martens, D.E., Draaisma, R.B., Wijffels, R.H. (2014) .** Edible oils from microalgae: insights in TAG accumulation. *Trends in Biotechnology*, 32(10): 521-528.

**MacArtain, P., Gill, C.I.R., Mariel Brooks, M., Campbell, R., Rowland, I.R. (2007).** Nutritional Value of Edible Seaweeds. *Nutrition Reviews*, 65(12) :535–543.

**McHugh, D.J. (2003).** A guide to the seaweed industry. FAO Fisheries Technical Paper, No. 441, Rome, 105 p.

**Marinho,G.S., Holdt,S.L., Jacobsen,C., Angelidaki,İ. (2015).** Lipids and Composition of Fatty Acids of *Saccharina latissima* Cultivated Year-Round in Integrated Multi-Trophic Aquaculture. *Mar Drugs*, 13(7): 4357–4374.

**Nisizawa, K. (1987).** Preparation and Marketing of Seaweeds as Foods. Food and Agriculture Organization of the United Nations, pp. 147-189.

**Ole G. (2013).** Mouritsen Seaweeds: Edible, Available and Sustainable, University of Chicago Press, Chicago and London.

**Pereira, L., Magalhaes, J.(2014).** Neto, Marine Algae, Biodiversity, Taxonomy, Environmental Assessment, and Biotechnology CRC Press 2014

**Shah, M.M.R., Liang, Y., Cheng, J.J., Daroch, M. (2016).** Astaxanthin-Producing Green. Microalga *Haematococcus pluvialis*: From Single Cell to High Value Commercial Products. *Front Plant Sci.*,7: 531. doi: 10.3389/fpls.2016.00531.

**Siegrist, M. (2007).** Consumer attitudes to food innovation and technology. In: Understanding consumers of food products, ed. L. Frewer and H. van Trijp, Woodhead Publishing Limited and CRC Press, Cambridge, pp236–253.

**Thevenieau, F., Nicaud J.M. (2013).** Microorganisms as sources of oils. *Oilseeds and Fats, Crops and Lipids*, 20(6):D603 DOI: 10.1051/ocl/2013034

**Turna, İ., Uzunköprü, Ç. (2015).** İstanbul Boğazı'nda dağılım gösteren deniz marulunun (*Ulva* spp.ve *Enteromorpha* spp.) mevsimsel değişimleri ve bölgesel değerlendirilebilirliği. *Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 11(2):1-7.

**Yamamoto, I. (1982).** Antitumor activity of crude extracts from edible marine algae against L-1210 leukemia. *Botanica Marina*, 25(9): 455-457.