2(3): 350-356 (2008) DOI: 10.3153/jfscom.mug.200723

Journal of FisheriesSciences.com

ISSN 1307-234X

© 2008 www.fisheriessciences.com

SHORT COMMUNICATION KISA BİLGİLENDİRME

Ulva spp. (SİNOP, KARADENİZ)TÜRÜNÜN YAĞ ASİTLERİ, A-TOKOFEROL VE TOPLAM PİGMENT MİKTARININ ARAŞTIRILMASI

Yaşar Durmaz[1*], Hünkar Avni Duyar[2], Şevket Gökpınar[1], Yusuf Özen Öğretmen[2], Narcisa Bandarra[3]

[1]Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Bornova, İzmir, Türkiye

[2]Sinop Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Avcılık ve İşleme Teknolojisi Bölümü, Sinop, Türkiye

[3]Instituto de Investigaçao das Pescas e do Mar, IPIMAR, Av. Brasília 1449-006 Lisboa, Portugal

Özet: Deniz yosunları yüksek miktarda protein, yağ asitleri ve mineral maddeler içerir. Makro-algle-rin biyokimyasal içerikleri tür, ışık, sıcaklık v.b. koşullara bağlı olarak değişir. Tuzluluk ve sı-caklık koşullarına bağlı olarak Karadeniz, makro-algler bakımından yüksek tür çeşitliliğine sa-hiptir. Bu çalışmada Karadeniz'in Sinop kıyılarından toplanan *Ulva spp.* 60°C etüvde kuru-tuldu, toz haline getirildi ve analizler yapılıncaya kadar 20°C'de muhafaza edildi. Örneklerdeki pigmentler (klorofil a ve toplam karotenoyit) spektrofotometrik yöntem ile analiz edildi, yağ asitleri Varian GC kullanılarak belirlendi ve α-tokoferol tespiti için Jasco HPLC kullanıldı. Örneklerde toplam doymuş yağ asitleri (SAT) % 37.2, toplam çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) %32.0, toplam tekli doymamış yağ asitleri (MUFA) % 23,2 olarak tayin edildi. PUFA grubundan 18:3(n-3) % 5.4, 18:3(n-6) % 1.6, 18:4 (n-3) % 6.5 ve 20:5 (n-3) % 4.4 gibi yağ asitlerinin yüksek değerlerde olduğu tespit edildi. *Ulva spp.*'de α-tokoferol değeri 9.1 ±0.5 µg g^{-1} kuru ağırlık (dw) olarak tespit edildi. Toplam karoten ve toplam klorofil a düzeyleri ise sıra-sıyla 311.0 ±0.3 µg g^{-1} dw ve 706.8 ±0.7 µg g^{-1} dw olarak saptandı. Makro-alg türleri ve bun-lar arasında *Ulva spp.* Türk sularında en yaygın dağılıma sahip ve yüksek biyomaslara ulaşan bir Chlorophyceae üyesidir. Yüksek düzeyde pigment, yağ asidi ve vitamin değerlerine sahip olan bu türün olası tüketim yollarının aranması, Türk sularının bu değerli biyolojik kaynağının çok daha etkin bir şekilde kullanılmasını sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: *Ulva spp.*, α-tokoferol, pigment, yağ asitleri

* **Correspondence to:** Dr. Yaşar DURMAZ, E.Ü. Su Ürünleri Fakültesi, 35100 Bornova, İzmir -TÜRKİYE

Tel: (+90 232) 388 0110 Fax: (+90 232) 388 3685

E-mail: yasar.durmaz@ege.edu.tr

Abstract: **Research on Fatty Acids, α-tocopherol and Total Pigment Content of the *Ulva spp.* (Sinop-Turkey, Black Sea)**

Marine algae contain large amounts of protein, fatty acids and minerals. Biochemical composition of macro algae depends on the species, on conditions like light, temperature and so on. Black Sea has a high variety of species with respect to macro-algae because of salinity and temperature conditions. In this study, *Ulva spp.* which was collected from Black Sea on the coast of Sinop was dried in an oven at 60°C, grinded as a powder and kept at 20°C until analyses were carried out. Pigments (chlorophyl a and total carotenoid) of samples were analysed with spectrophotometric method, fatty acids were analysed using Varian GC, and HPLC was used for the estimation of α- tocopherol. Total saturated fatty acids (SAT) were determined to be 37.2 %, total polyunsaturated fatty acids (PUFA) to be 32.0 %, and total monounsaturated fatty acids (MUFA) were determined to be 23.2 %. Within the PUFA`s, fatty acids such as; 18:3(n-3) 5.4 %, 18:3(n-6) 1.6 %, 18:4(n-3) 6.5 % and 20:5(n-3) 4.7 % exhibited high values. α-tocopherol value for *Ulva spp.* was measured as 9,1 ±0,5 μg g^{-1} dw. Total carotenoid and total chlorophyl a levels were measured as 311.0± 0.3 μg g^{-1} dw and 706.8 ±0.7 μg g^{-1} dw, respectively. Macro-algae species, and among them *Ulva spp.,* are a member of Chlorophyceae which have the highest distribution in Turkish waters and which attain high biomass. Research into possible ways of use for this species which has high levels of fatty acid, vitamin and pigment will bring about more effective use of this biological source of Turkish waters.

Keywords: *Ulva spp*., α-tocopherol, pigment, fatty acid

Giriş

Makro-algler yüksek miktarlarda protein, yağ asitleri ve mineraller içerdiğinden dolayı çok eski zamanlardan beri insan gıdası ve hayvan besini, tarımda gübre ve tıbbi ilaçların kaynağı olarak kullanılmaktadır. Fakat makro-alglerin içerdiği besin maddelerinin miktarı ve çeşitliliğinin türe bağlı olmasının yanı sıra coğrafik bölge, mevsimler ve sıcaklık gibi faktörlerin de bunu etkilediği bilinmektedir (Pinchetti *et al.,* 1998).

Ulva spp. diğer makro-alg türleri gibi Türk sularında en yaygın dağılıma sahip ve yüksek biyomaslara ulaşan bir Chlorophycea üyesidir. Deniz marulu olarak da isimlendirilen *Ulva spp.*, denizlerde özellikle kirli ortamlarda kozmopolit olarak gelişmektedir (Topcuoğlu *et al.,* 2003). Hücrelerinde çoğunlukla tek çekirdek ve tek kloroplast bulunur. Sap şeklinde kısa ayakla zemine tutunan algin üst kısmı geniş ve kalınlaşmış, enine kesitte birbirine adeta yapışık iki hücre tabakasından ibarettir (Cirik ve Cirik 1999).

PUFA yağ asitleri insanlar ve hayvanlar tarafından sentezlenemediği için mutlaka dışarıdan alınması gereklidir (Alonso ve Maroto, 2000). Bu yağ asitlerinin organizmaya yeterli miktarlarda alınamaması sonucunda büyüme durması, dermatitis oluşması ve böbreklerde harabiyet görülmektedir. Ayrıca EPA son zamanlarda kalp hastalıklarında ve yüksek kolestrol tedavisinde, kandaki kolestrolü düşürmede, romatizma riskinin azaltılmasında kullanılmaktadır (Simopoulos, 1991). Çeşitli sağlık kuruluşları (FDA), bebek gelişimi üzerinde olumlu etkileri nedeniyle bebek maması formüllerini PUFA yağ asitleri ile güçlendirilmesini tavsiye etmektedirler (Gill and Valivety, 1997). Sonuç olarak insan sağlığına yararlı etkileri nedeniyle yağ asitlerine talep gittikçe artmaktadır.

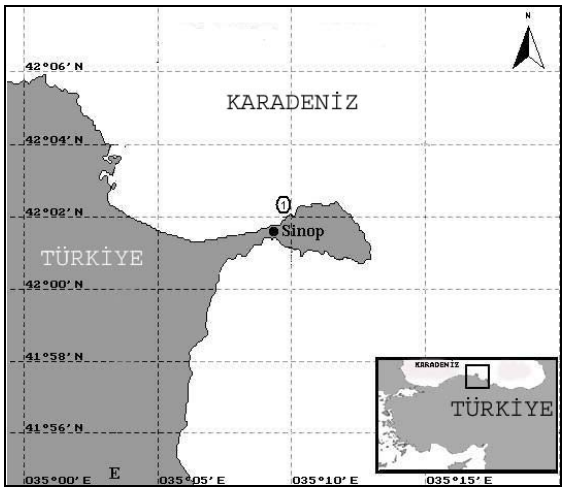
Karotenoyitler biyolojik antioksidan olarak hücre çekirdeğini ve dokuları zararlı etkenlerden koruduğu için insan sağlığı açısından önemlidir (Yanar *et al*., 2004). β-karoten, lutein, zeaksantin gibi karotenoyitler halen kanser tedavisinde uygulanmaktadır ve bir çok araştırıcı karotenoyitleri, insan hastalıklarına karşı koruyucu olarak önermektedir (Ziegler *et al*., 1996; Richmond, 2000). Ayrıca yağları oksidasyondan koruyucu özelliği sebebiyle α-tokoferol'ün besin içinde kullanılmasının gerekliliği konusunda yayınlar bulunmaktadır (Qiang *et al*., 1998; Brown *et al*., 1999).

Son zamanlarda makro-algler düşük kalorisi, yüksek vitamin, mineral ve besinsel lifleri içerdiğinden dolayı besin endüstrisinin ilgisini çekmektedir. Türk sularında bol miktarda bulunan makro-alglerin biyokimyasal yapısının incelenip değerlendirilmesi Türk ekonomisine katkıda bulunacaktır. Bu araştırmada insan gıdası olarak tüketilebilen makro-alglerden *Ulva spp.*'nin Sinop kıyısından toplanarak

biyokimyasal yapısının (yağ asitleri, α-tokoferol ve toplam karotenoyit) tespit edilmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Metod

Ulva spp. Orta Karadeniz Sinop (42º02' N ve 35º10'E) kıyısından toplandı (Şekil 1). Bölgenin deniz suyu sıcaklık değeri 17-18 º C, tuzluluk değeri ise ‰ 17 olarak ölçüldü. Örnekler hemen laboratuvara taşındı ve saf su kullanılarak kum ve diğer bulaşmış materyaller uzaklaştırıldı. Yıkama işleminden sonra Nüve FN 500 model kurutma fırınında 60ºC'de 6 saat boyunca kurutuldu. Kurutulan örnekler ilk önce karıştırıcı yardımıyla kabaca parçalandıktan sonra Ika yellowline DI 25 model homejenizatörle homojen hale getirildikten sonra kilitli plastik torbalara konularak derin dondurucuda -18 ºC'de analizlere kadar depolandı.



Şekil 1. *Ulva spp.*'nin toplandığı bölge

Figure 1. Collecting area of *Ulva spp.*

Toplam karoten ve klorofil-a tayini spektrofotometrik yönteme göre yapıldı. 5 mg kurutulmuş örnek alınarak 5 ml metanol (Merck %100, Almanya) ile muamele edildikten sonra, hücreler Ika (Ultra Turrax T25) marka homojenitör ile 5 dakika süre ile homojenize edildi. Daha sonra 10 dakika 70°C'de ultrason (Transonic T570/H (ELMA, Almanya)) banyoya tabi tutuldu. Elde edilen ekstrakt madde 3500 rpm'de satirifuj ile ayrıldı. Örnekler spektrofotometrede (Hitachi U-2001, Japonya) 475 nm ve 666 nm dalga boylarında okundu. Aşağıda verilen formüller ile toplam karoten ve klorofil-a miktarları tespit edildi.

$C_{Karoten}$ (mg g^{-1})= 4,5 A_{475} (Zou and Richmond, 2000)

A_{475} 475 nm okunan absorbans (soğurma) değeri,

$C_{Klorofil\text{-}a}$(mg g^{-1}) = 13,9 A_{666} (Sanchez *et al*., 2005)

A_{666} 666 nm okunan absorbans değeri

Vitaminler çok çabuk oksidasyona uğrayan maddeler olduğu için kurutma işleminden hemen sonra α-tokoferol analizi yapıldı. Ekstraksiyon işleminde Chen *et al*., (1998) metodu kullanıldı. 0.5 g kurutulmuş alg örnekleri üzerine 5 ml metanol ilave edildikten sonra ekstrakte işlemini hızlandırmak için 25°C de 20 dakika ultrasonik (Transonic T570/H, ELMA, Almanya) banyoda tutuldu. Daha sonra metanol uçurulduktan sonra hekzan ile ekstrakte işlemine devam edildi. Toplanan organik fazdan 20 µl HPLC'ye (JASCO model 980, Japonya) otomatik enjektör (JASCO Model AS-950-10, Japonya) kullanarak enjekte edildi ve floresan dedektör (JASCO Model FP-1520, Japonya (λ_{exc} = 290 nm ve λ_{em} = 300 nm)) ile ölçüldü. Ayırma işleminde S2-SS (10 mm x 2 mm çap, Chrompack, Walnut Creek, CA) silisli kolon ile korunan Lichrosorb Si 60-5 (250 mm x 3 mm çap, Chrompack,Walnut Creek, CA) kullanıldı. Taşıyıcı sıvı faz olarak n-hekzan:isopropanol (99.3:0.7 v/v) karışımı, 1 $ml.dak^{-1}$ akıntı hızında olacak şekilde Gastor Model GT-104 (Japonya) sistemi ile ayarlandı. Verilerin analizinde Borwin (versiyon: 1.21) kromotografik program (JMBS Developpements, Fransa) kullanıldı. Bütün analizler 3 tekrar olarak yapıldı.

α-tokoferol miktarı belirlenmesinde kalibrasyon eğrisi yapıldı. Kalibrasyon eğrisinin hazırlanmasında α-tokoferol standardı (Tokoferol kit, 2h043196 908, Merck, Almanya) kullanıldı. Çözgen olarak kullanılan hekzan içinde üçer tekrarlı

1µg. mL^{-1} den başlayarak 2, 5, 10, 25, 50 ve 80 µg. mL^{-1} oranlarında α-tokoferol standartları hazırlandı.

Yağ asitleri analizinde Christie (1997) metodu kullanıldı. Yağ asitleri ekstraksiyon işleminde metanol ile muamele edildikten sonra 12 saat karanlıkta bekletildi. 0.5 ml asetik asit eklenerek reaksiyon durdurulduktan sonra 10 dakika 25°C de ultrason (Transonic T570/H, ELMA, Almanya) banyo işlemi yapıldı. Ektrakte edilen örnek, sodyum sülfat ile filtrelenerek suyu uzaklaştırıldı, daha sonra azot gazı ile metanol uzaklaştırıldı. Heptan (Merck, Almanya) ile yağlar çözündürüldükten sonra, 250ºC alevli iyon detektöre sahip Varian 3800 Cx (Walnut Creek, CA) gaz kromatografisi (GC) ile yağ asitleri analizi yapıldı.

Ayırma işlemi 50 m uzunluğunda, 0,25 mm çapında, 0,25 µm kalınlığında film tabakası olan DB-WAX (J&W Scientific, Amerika) marka polietilen gilikol kapillar kolon (CP-Sil 88) ile yapıldı. Split oranı 100:1 olarak belirlendi. Kolon sıcaklığı, 180ºC den 220ºC ye artışı dakikada 4ºC olacak şekilde 5 dakikada, 10 dakika 200ºC bekletildikten sonra 25 dakika 220 ºC de sabit tutulması programlandı. Enjektör sıcaklığı 40 dakika süresince 250ºC de sabit tutuldu.

Yağ asitlerinin belirlenmesinde standart olarak Fatty acids kit- EC10A (Sigma-Aldrich, Amerika) kullanıldı. Bütün analizler 3'er tekrarlı olarak yapıldı.

Bulgular ve Tartışma

Yapılan yağ asitleri analizlerinde *Ulva spp*.'nin yüzde yağ asitleri değerleri Tablo 1'de verildi. Örneklerde yapılan analizler sonucunda yağ asitleri % 92.4 ±1.4 düzeyinde tanımlanabildi. Toplam SAT % 37.2 ±2.7, toplam MUFA % 23.2 ±3.0 ve toplam PUFA % 32.0±5.2 olarak tespit edildi. SAT grubunda en yüksek değeri 16:0 (% 27.6 ±1.5), MUFA grubunda ise % 13.2 ±1.5 değer ile palmiteloik asit (16:1(n-7)) en yüksek değer tespit edildi. PUFA grubunda ise en önemli yağ asitlerinden alfalinoleik asit (ALA; 18:3(n-3)) % 5.4 ±0.9 gammalinoleik asit (GLA; 18:3(n-6)) % 1,6±0,2, siteridonik asit (18:4(n-3)) % 6.5 ±1.1, eikosapentanoik asit (EPA; 20:5(n-3)) % 4.7 ±0.5 ve dekasopentanoik asit (DHA; 22:6(n-3)) % 1.2 ±0.2 değerleri tespit edildi.

Ulvales takımı için PUFA yağ asitleri içerisinde 18:3(n-3) ile 18:4(n-3)'nin yüksek değerlerde olması karakteristik bir özelliktir (Wahbeh, 1997; Li *et al.,* 2002). Li *et al.* (2002) Bohai Deniz'indeki *Ulva lactuca* ve *Ulva pertusa* için PUFA yağ asitlerinden 18:3(n-3)'ün değerlerini sırasıyla % 20.5 ve % 21.9 olarak tespit ederken 18:4n-3'ün değerlerini sırasıyla % 17.9 ve % 13.2 olarak, *Ulva fenestrata* türünde ise PUFA yağ asitlerinden 18:3(n-3) ve 18:4(n-3) sırasıyla % 15.4 ve % 6.2 olarak tespit edilmiştir. (Sanina *et al.,* 2004). PUFA yağ asitlerinden 20:5(n-3) ise *U. lactuca* ve *U. pertusa* ve *U. fenestrata*'da sırasıyla % 1.3, % 2.0 ve % 1.7 olarak tespit edilmiştir (Li *et al.,* 2002; Sanina *et al.,* 2004). Çalışmamızda ise Türk sularında bulunan *Ulva spp*.'de 20:5(n-3) için tespit edilmiş olan % 4.7 ±0.5 değerinin yaklaşık 2 kat daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Çalışmamızda Sinop bölgesinden alınan *Ulva spp*.'nin yağ asitleri sonuçlarına göre 18:3(n-3) ve 18:4(n-3)'ün yanı sıra *Ulva spp.*'nin 20:5(n-3) kaynağı olarak kullanılabileceği saptanmıştır. Çünkü 20:5(n-3) son zamanlarda kalp hastalıklarında ve yüksek kolestrol tedavisinde, kandaki kolestrolü düşürmede, romatizma riskinin azaltılmasında astım, romatid artrit gibi alevlenme dönemleri olan ateşli hastalıkların tedavisinde, peptik ülserlerde, yüksek tansiyonun kontrolünde, kan basıncı ve yağ metabolizmasının düzenlenmesinde rol oynadığı bilinmektedir (Dyerberg, 1986; Simopoulos, 1991). Sonuç olarak insan sağlığına yararlı etkileri nedeniyle yağ asitlerine gittikçe artan bir talep vardır.

Tablo 1. *Ulva spp.*'nin 60ºC sıcaklıkta etüvde kurutulan örnekte yağ asitleri kompozisyonu (%)

Table 1. Fatty acids composition of the Ulva spp. dried in oven at 60ºC

Yağ Asitleri	(%)
12:0	0.2 ±0.0
14:0	2.2 ±0.2
15:0	0.4 ±0.0
16:0	27.6 ±1.5
16:0 isobr.	0.2 ±0.1
16:0 anteiso	0.9 ±0.1
17:0	0.2 ±0.0
18:0	1.1 ±0.1
20:0	4.5 ±0.6
Toplam SAT	37.2 ±2.7
16:1(n-7)	13.2 ±1.5
17:1	0.6 ±0.1
18:1(n-9)-c	8.9 ±0.8
20:1(n-9)	0.1 ±0.1
20:1(n-7)	0.1 ±0.1
22:1(n-11)	0.3 ±0.1
Toplam MUFA	23.2 ±3.0
16:4(n-3)	4.7 ±0.9
18:2(n-6)	2.2 ±0.0
18:3(n-6)	1.6 ±0.2
18:3(n-3)	5.4 ±0.9
18:4(n-3)	6.5 ±1.1
20:4(n-6)	1.1 ±0.2
20:3(n-3)	0.6 ±0.2
20:4(n-3)	0.4 ±0.1
20:5(n-3)	4.7 ±0.5
22:4(n-6)	1.8 ±0.1
22:5(n-3)	1.8 ±0.2
22:6(n-3)	1.2 ±0.2
Toplam PUFA	32.0 ±5.2
Toplam ω3 PUFA	25.4 ±4.7
Toplam ω6 PUFA	6.6 ±0.5

SAT; Doymuş yağ asitleri, MUFA; Tek bağlı doymamış yağ asitleri, PUFA; Çok bağlı doymamış yağ asitleri.

İnsanoğlu daha anne karnında iken **ω**3 yağ asitlerine ihtiyaç duyar ve hayatın her evresinde bu ihtiyaç artarak devam eder. Bunun için sadece çocuk ve yaşlıların değil her yaş grubundaki insanların, dışarıdan besinlerinde **ω**3 olması şarttır (Kaya *et al*., 2004). Çalışmamız sonuçlarına benzer olarak başka araştırmalarda da *Ulva spp.*de yapılan yağ asitleri analizleri sonucunda toplam **ω**3 miktarının yüksek olduğu belirlenmiştir (% 26,58) (McDermid and Stuercke , 2003; Sánchez-Machado *et al.*, 2004).

Dere *et al.*, (2003) Marmara Denizinin ve Gemlik-Karacaali kıyılarından topladıkları *U. rigida* ve *U. lactuca* makro-alglerinde sırasıyla klorofil a, 140-180 μg g^{-1} yaş ağırlık (fw) ve 220-390 μg g^{-1} fw, karotenoyit olarak ise 50-80 μg g^{-1} fw ve 50-170 μg g^{-1} fw değerleri arasında tespit ettiler. Yine Marmara Denizi Erdek-Ormanlı kıyılarındaki *U. rigida* türünde klorofil a 90-110 μg g^{-1} fw ve karotenoyit olarak ise 10-40 μg g^{-1} fw değerlerini bildirdiler. Çalışmamızda ise Karadeniz Sinop kıyısından alınan *Ulva spp*. örneğindeki toplam karoten ve toplam klorofil a düzeyleri sırasıyla 311.0 ±0.3 μg g^{-1} dw ve 706.8 ±0.7 μg g^{-1} dw olarak saptandı. Tespit edilen bu değerler arasındaki farklılık türlerin çeşitliliği yanı sıra hem bölge iklim şartlarının hem de denizlerin farklı sıcaklıklarda olmasına bağlanabilir.

Ulva spp.'de α-tokoferol değeri 9,1 ±0,5 μg g^{-1} dw olarak tespit edildi. Macro-alg türlerinden *Himanthalia enlongota* ve *Laminaria ochroleuca* α-tokoferol miktarları 33.3 ±4.2 μg g^{-1} dw ve 8.9 ±2,1 μg g^{-1} dw α-tokoferol miktarlarına sahip olduğu rapor edilmiştir (Sánchez-Machado et al., 2004).

Sonuç

Son dönemin en popüler takviyelerinden olan antioksidanlar, özelliklede karetonoyitler ve α-tokoferol, genel yaşam süresini uzatan, kanser, kalp hastalıkları gibi hastalıklara yakalanma riskini azaltan ve yaşlanmanın etkilerini geciktiren etkileriyle bilinmektedir (Yanar *et al*., 2004). Balık ve karides yetiştiriciliğinde üretim verimliliğinin arttırılmasında ve stresten uzaklaştırılmada α-tokoferol kullanımının faydaları ile ilgili çalışmalar yapılmıştır (Maruyama *et al*., 1997). Alg endüstrisinin

denizde doğal olarak üreyen alglerden faydalanması için Türk sularında dağılım gösteren, bileşenleri yönünden ekonomik önem taşıyan türlerin saptanması için biyokimyasal araştırmalar yapılmalıdır. Bu çalışmada analiz edilen *Ulva spp.* Türk sularında en yaygın dağılıma sahip ve yüksek biyomaslara ulaşan bir Chlorophycea üyesidir. Analiz sonuçlarından elde edilen verilere göre yüksek düzeyde pigment, yağ asitleri ve vitamin değerlerine sahip olan bu türün insan besini ve hayvan yemi olarak kullanılabilir olduğu saptanmıştır. Toplandıkları bölgeler de göz önünde bulundurularak gıda olarak kullanılacak makro alglerde mikrobiyolojik analizlerin yapılması faydalı olacaktır.

Kaynaklar

Alonso, D.L., Maroto, F.G., (2000). Plants as 'chemical factories' for the production of polyunsaturated fatty acids, *Biotechnology Advances*, **18**: 481–497

Brown, M.R., Mular, M., Miller, I., Farmer, C., Trenerry, C., (1999). The vitamin content of microalgae used in aquaculture, *Journal of Applied Phycology*, **11**: 247-255.

Chen, J.Y., Latshaw, J. D., Lee, H.O., Min, D.B., (1998). α-Tocoferol content and oxidative stability of egg yolk as related to dietary α-tocoferol, *Journal of Food Science*, **63**: 919-922.

Christie,W.W., (1997). Structural analysis of fatty acids. In Advances in Lipid Methodology-Four, (eds W.W. Christie) Oily Press, Dundee, pp. 119-169.

Cirik, Ş., Cirik, S., (1999). Su Bitkileri (Deniz Bitkilerinin Biyolojisi, Ekolojisi, Yetiştirme Teknikleri), Ders Kitabı Dizini No: 26, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları No: 58 (In Turkish).

Dere, Ş., Dalkıran, N., Karacaoğlu, D., Yıldız, G., Dere, E., (2003). The determination of total protein, total soluble carbohydrate and pigment contents of some macroalgae collected from Gemlik-Karacaali (Bursa) and Erdek-Ormanlı (Balıkesir) in the Sea of Marmara, Turkey, Oceanologia, **45** (3): 453–471.

Dyerberg J., (1986). Linolenate-derived polyunsaturated fatty acids and prevention of atherosclerosis, *Nutrition Reviews*, **44**: 125–34.

Gill, I. and Valivety, R., 1997. Polyunsaturated fatty acids, part 2: Biotransformations and biotechnological applications. *Trends in Biotechnology*, **15** (11): 470-478.l

Kaya, Y., Duyar, H. A., Erdem, M.E., (2004). Balık Yağ Asitlerinin İnsan Sağlığı İçin Önemi, *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi*, **21** (3-4): 365-370.

Li, X., Fan, X., Han, L., Lou, Q., (2002). Fatty acids of some algae from the Bohai Sea, *Phytochemistry*, **59**: 157–161.

Maruyama, I., Nakao, T., Shigeno, I., Ando, I., Hirayama, K., (1997). Application of unicellular algae *Chlorella vulgaris* for the massculture of marine rotifer Brachionus, *Hydrobiologia*, **358**: 133–138.

McDermid, K.J., Stuercke, B., (2003). Nutritional composition of edible Hawaiian seaweeds, *Journal of Applied Phycology*, **15**: 513–524.

Pinchetti, J. L.G., Fernández, E.C., Diez, P.M., Reina, G.G., (1998). Nitrogen availability influences the biochemical composition and photosynhesis of tank-cultivated Ulva rigida (Chlophyta), *Journal of Applied Phycology*, **10**: 383-389.

Qiang, H., Faiman, D., Richmond, A., (1998). Optimal tilt angles of enclosed reactors for growing photoautotrophic microorganisms outdoors, *Journal of Fermentation and Bioengineering*, **85**: 230-236.

Richmond, A., (2000). Microalgal biotechnology at the turn of the millennium: A personal view, *Journal of Applied Phycology*, **12**: 441–451.

Sánchez M.D., Mantell, C., Rodríguez, M., Martínez de la Ossa, E., Lubián, L.M., Montero O., (2005). Supercritical fluid extraction of carotenoids and chlorophyll a from *Nannochloropsis gaditana*, *Journal of Food Engineering*, **66**: 245–251.

Sánchez-Machado, D.I., López-Cervantes, J., López-Hernández J., Paseiro-Losada, P., (2004). Fatty acids, total lipid, protein and

ash contents of processed edible Seaweeds, *Food Chemistry*, **85**: 439–444.

Sanina N. M., Goncharova, S. N., Kostetsky, E. Y., (2004). Fatty acid composition of individual polar lipid classes from marine macrophytes, *Phytochemistr,***65**: 721–730.

Simopoulos AP., (1991). Omega-3 fatty acids in health and disease and in growth and development, *American Journal of Clinical Nutrition,* **54**: 438–63.

Topcuoğlu, S., Güven, K.C., Balkıs, N., Kırbaşoğlu C ., (2003). Heavy metal monitoring of marine algae from the Turkish Coast of the Black Sea, 1998–2000, *Chemosphere*, **52**: 1683–1688.

Wahbeh, M. I., (1997). Amino acid macroalgae and fatty acid profiles of four species of from Aqaba and their suitability for use in fish diets. *Aquaculture,* **159**: 101-109.

Yanar, Y., Celik, M., Yanar, M., (2004). Seasonal changes in total carotenoid contents of wild marine shrimps (*Penaeus semisulcatus* and *Metapenaeus monoceros*) inhabiting the eastern Mediterranean, *Food Chemistry*, **88**(2): 267-269.

Ziegler, R.G., Colavito, E.A., Hartge, P., McAdams, M.J., Schoenberg, J.B., Mason, T.J., Fraumeni, J.F.J., (1996). Importance of a-carotene, b-carotene and other phytochemicals in the etiology of lung cancer, *Journal of the National Cancer Institute,* **88**: 612–615.

Zou, N., Richmond, A., (2000). Light-path length and population density in photoacclimation of *Nannochloropsis sp*. (Eustigmatophyceae), *Journal of Applied Phycology*, **12**: 349–354.