



Effect of Regional Differences on Fatty Acid Profiles of *Ulva linza* (Linnaeus 1753), *Enteromorpha flexuosa* (Agardh, 1883) and *Taonia atomaria* (Agardh, 1848)

Mısra Bakan¹ • Büşra Peksezer¹ • Nahit Soner Börekçi¹ • Mehmet Tahir Alp¹ • Deniz Ayas¹

¹ Mersin University, Faculty of Fisheries, Mersin, Turkey, misrabakann@gmail.com; pkszr-b80@hotmail.com; sonerborekci@gmail.com; talp@mersin.edu.tr; ayasdeniz@gmail.com

✉ Corresponding Author: misrabakann@gmail.com

Please cite this paper as follows:

Bakan, M., Peksezer, B., Börekçi, N. S., Alp, M. T., & Ayas, D. (2021). Effect of Regional Differences on Fatty Acid Profiles of *Ulva linza* (Linnaeus 1753), *Enteromorpha flexuosa* (Agardh, 1883) and *Taonia atomaria* (Agardh, 1848). *Acta Natura et Scientia*, 2(1), 76-85. <https://doi.org/10.29329/actanatsci.2021.314.12>

ARTICLE INFO

Article History

Received: 22.12.2020
Revised: 27.05.2021
Accepted: 05.06.2021
Available online: 19.06.2021

Keywords:

U. linza
E. flexuosa
T. atomaria
Lipids
Fatty acids

A B S T R A C T

Total fat and fatty acid levels of *Ulva linza* (Linnaeus 1753), *Enteromorpha flexuosa* (Agardh, 1883), and *Taonia atomaria* (Agardh, 1848) collected from Viranşehir, Taşkiran, and Karaduvar coasts were determined. The total oil level of the samples was found to be 1.31-1.91%, 1.23%, 7.78% for *U. linza*, *E. flexuosa* and *T. atomaria*, respectively. The dominant saturated fatty acids are palmitic acid and stearic acid. The highest level of palmitic acid (32.27%) was found in *E. flexuosa* in Viranşehir beach. The highest level of stearic acid was found on the coast of Viranşehir (7.20%), *U. linza*. The highest level of Σ SFA was found in the *U. linza* species on Taşkiran coast (37.89%), and the lowest level was determined in the *T. atomaria* species on the Taşkiran coast (18.13%). It is oleic acid that has a high level of monounsaturated fatty acids. The highest level of this fatty acid (10.35%) was found in *E. flexuosa* species in Viranşehir beach. The highest level of Σ MUFA was found in the Viranşehir coast (16.67%) and the lowest level (11.39%) in the *U. linza* on the Viranşehir beach. The highest level of linoleic acid in polyunsaturated fatty acids was found in *E. flexuosa* in Viranşehir beach (3.34%). The highest level of linoleic acid (4.85%) was found in *U. linza* on the coast of Viranşehir. The highest level of Σ PUFA was found in *T. atomaria* on the Taşkiran coast (16.56%), and the lowest level (7.03%) was found in *U. linza*.

Ulva linza (Linnaeus 1753), *Enteromorpha flexuosa* (Agardh, 1883) ve *Taonia atomaria* (Agardh, 1848) Türlerinin Yağ Asidi Profilleri Üzerine Bölgesel Farklılıkların Etkisi

MAKALE BİLGİSİ

Makale Geçmişi

Geliş: 22.12.2020
Düzeltilme: 27.05.2021
Kabul: 05.06.2021
Çevrimiçi Yayınlanma: 19.06.2021

Anahtar Kelimeler:

U. linza
E. flexuosa
T. atomaria
Lipit
Yağ asidi

Ö Z E T

Viranşehir, Taşkiran ve Karaduvar sahillerinden toplanan *Ulva linza* (Linnaeus 1753), *Enteromorpha flexuosa* (Agardh, 1883) ve *Taonia atomaria* (Agardh, 1848) türlerinin toplam yağ düzeyleri ve yağ asidi profilleri belirlenmiştir. Örneklerin toplam yağ düzeyi *U. linza*, *E. flexuosa* ve *T. atomaria* türleri için sırasıyla %1,31-1,91, %1,23, %7,78 olarak bulunmuştur. Doymuş yağ asitlerinden dominant olanlar palmitik asit ve stearik asittir. Palmitik asidin en yüksek düzeyi (%32,27) Viranşehir sahilinde *E. flexuosa* türünde, stearik asidin en yüksek düzeyi ise Viranşehir sahilinde (%7,20) *U. linza* türünde belirlenmiştir. Σ SFA'nın en yüksek düzeyi Taşkiran sahilinde (%37,89) *U. linza* türünde, en düşük düzeyi Taşkiran sahilinde (%18,13) *T. atomaria* türünde saptanmıştır. Tekli doymamış yağ asitlerinden dominant olan oleik asittir. Bu yağ asidinin en yüksek düzeyi (%10,35) Viranşehir sahilinde *E. flexuosa* türünde tespit edilmiştir. Σ MUFA'nın en yüksek düzeyi Viranşehir sahilinde (%16,67), en düşük düzeyi de (%11,39) Viranşehir sahilinde *U. linza* türünde belirlenmiştir. Çoklu doymamış yağ asitlerinden linoleik asidin en yüksek düzeyi Viranşehir sahilinde (%3,34) *E. flexuosa* türünde, linoleik asidin en yüksek düzeyi (%4,85) ise Viranşehir sahilinde *U. linza* türünde tespit edilmiştir. Σ PUFA'nın en yüksek düzeyi Taşkiran sahilinde (%16,56) *T. atomaria* türünde, en düşük düzeyi (%7,03) *U. linza* türünde belirlenmiştir.

GİRİŞ

Algler denizlerde, tatlı ve atık sularda kolayca yetişebilen fotosentetik organizmalardır. İçeriğinin protein, aminoasit, vitamin ve çeşitli mineral maddeler yönünden zengin olduğu ayrıca polisakkarit, sterol ve yağ asitleri içerdiği, bu nedenle de kullanım alanının geniş olduğu bilinmektedir (El-Sheekh vd., 2006). Alglerden birçok alanda yararlanılmaktadır. Tıp ve eczacılık alanında yaralanmalarda, bağışıklık sisteminin dengelenmesinde, yüksek ateşi düşürmede, kan dolaşımının düzenlenmesinde, deri rejenerasyonunda, damar tıkanıklıklarının giderilmesinde ve kolesterolü düşürmede kullanıldığı bilinmektedir. Ayrıca bazı toplumlarda zengin lif, mineral, protein, düşük yağ ve sindirilebilir karbonhidrat içeriği sebebiyle *Ulva* türleri, düşük kalorili bir diyet olarak kilo verme amacıyla kullanılmaktadır (Aktar & Cebe, 2010).

Alglerden elde edilen aljinatlar ilaç sanayinde ham madde veya yardımcı madde olarak kullanılır. Bu amaçla; bazı etken maddelerin (insülin, antibiyotik, hormon, vitamin gibi) enjekte veya oral ilaç formlarında, yağ ve mumların sulu çözeltilerinde, tabletlerde dolgu maddesi olarak, yağlı kremlerin homojenizasyon ve stabilitesinin sağlanmasında, emülsiyon, süspansiyon, losyon, pomat, sabun, şampuan, tampon, diş macunu ve pastil yapımında, bağırsakta çözünen ilaç formlarının kaplanmasında kullanımları mevcuttur (Guner & Aysel, 1989; Gümüş, 2006).

Batı ülkelerin mutfaklarında daha çok alglerden elde edilen, "jelatan" olarak da isimlendirilen agar-agar, karagenan, aljinat gibi maddeler daha çok kullanım alanı bulmuştur. Bu maddeler jelleştirici, yoğunlaştırıcı, süspanse edici özellikleri ile pasta, reçel, marmelat ve dondurma yapımında kullanılmaktadır. Endüstride sucuk ve sosis kılıflarının hazırlanmasında, balıkçılığın geliştiği Avrupa ülkelerinde ise uskumru gibi yağlı balıkların saklanmasında faydalanılmaktadır (Mchugh, 2003; Zeybek, 2003).

Algler; toprağı havalandırıcı ve nem tutucu olmaları, azot yönünden çiftlik gübresi kadar zenginlik göstermeleri ve iz elementleri bünyelerinde bulundurmaları nedeniyle birçok ülkede gübre olarak da değerlendirilmektedir (Gümüş, 2006). Aynı zamanda artan insan popülasyonu ile birlikte artan enerji gereksinimi için mikro ve makro alglerden üretilen biyodizeller, doğada yenilenebilir olmaları, büyük ölçekte üretilebilmeleri ve çevre dostu olmaları nedeniyle biyodizel üretiminde kullanım için en çok teşvik edilen lipid kaynaklarından biridir (Carvalho ve ark., 2011).

Yapılan çalışmalar alglerin 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, riboflavin, 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 (Alçay, 2017).

Bu çalışmada kullanılan *E. flexuosa* uzun (genellikle 150 mm), ipliksi açık yeşil alglerdir. *Enteromorpha* türleri genellikle tatlı su girişlerinin meydana geldiği alanlarda büyük miktarlarda bulunurlar. Kentsel veya endüstriyel atıklardan kaynaklanan kirlilikten etkilenen kıyı bölgelerinde bol miktarda geliştikleri için genellikle kirlilik indikatörü olarak adlandırılırlar (Tabudravu et al., 2002). Ayrıca, çoğu kirlenmiş ve ötrofikasyona uğramış deniz ortamlarında yeşil alg birikimleri şeklinde ortaya çıkabilirler (Tabudravu et al., 2002).

Abiyotik çevresel stresler (sıcaklık, tuzluluk, pH ve besin bulunabilirliğindeki değişiklikler gibi) alglerin dağılımını ve bolluğunu sınırlar. Trofik seviyeleri ve hızlı büyümeleri nedeniyle algler, bir ekosistem içindeki çevresel streslere hızlı tepki verirler. Bir ekosistemin sağlığını izlemek için alglerin çeşitli fizyolojik ve morfolojik özellikleri parametre olarak kullanılmaktadır (Lewis & Wang, 1997). *Enteromorpha* türleri, çoğu temel amino asitleri içerdiği bilindiği için insan beslenmesinde önemlidir (Aguilera-Morales vd., 2005). *Enteromorpha* türleri, antioksidan bileşikler ve protein konsantreleri için potansiyel kaynaklar olarak belirlenmiş olup, gıda endüstrisi tarafından kullanılabilir özellikleri gösterilmiştir (Ganesan vd., 2011; Kandasamy vd., 2012).

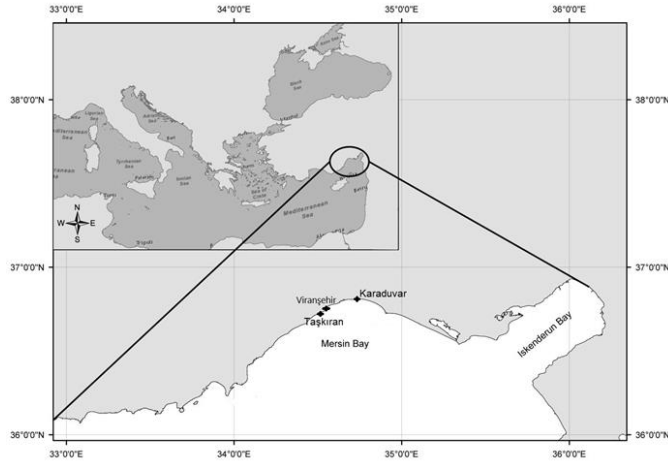
Ulva (Chlorophyta), biyolojik olarak eikosapentaenoik asit (C20:5n-3, EPA) ve uzun zincirli çoklu doymamış yağ asitlerinin (LC-PUFA) potansiyel bir kaynağıdır. Ayrıca *Ulva* türlerinde eser miktarda dokosaheksaenoik asit (C22:6n-3, DHA) varlığı da gösterilmiş olmakla birlikte, daha yüksek düzeyde DHA öncüsü olan stearidonik asit (C18:4n-3), heksadekatetraenoik asit (C16:4n-3), dokosapentaenoik asit (C22:5 n-3, DPA)'leri de içermektedir (Holdt & Kraan, 2011).

Bu çalışmada, Mersin sahillerinden toplanan ve birçok kullanım alanına sahip olan *U. linza*, *E. flexuosa* ve *T. atomaria* türlerinin toplam yağ düzeyleri ve yağ asidi profilleri üzerine bölgesel farklılıkların etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Yapılan çalışma 2016 yılının ilkbahar mevsiminde Mersin sahilindeki Viranşehir, Taşkiran ve Karaduvar sahilinden toplanan *U. linza*, Viranşehir sahilinden toplanan *E. flexuosa* ve Taşkiran sahilinden toplanan *T. atomaria* örnekleri ile yürütülmüştür. Toplanan örnekler laboratuvar ortamına getirildikten sonra saf su ile yıkanmış ve daha sonra etüvde

50°C'de kurutulmuştur. Kuru örnekler laboratuvar tipi blender yardımı ile parçalanarak homojen hale getirilmiştir. Örnekler yağ analizlerinde kullanılmak üzere falcon tüplerine aktararak derin dondurucuda -18°C'de depolanmıştır.



Şekil 1. Örnekleme bölgeleri

Toplam Yağ Tayini

Örneklerin toplam yağ tayini, Bligh & Dyer (1959) ekstraksiyon metoduna göre yapılmıştır. Her örnekten 10 g tartılarak cam tüplere aktarılmış ve üzerine 120 mL metanol/kloroform karışımı (1/2) eklenerek homojenize edilmiştir. Homojenize edilen örnekler filtre edilerek balon jöjelere aktarılmıştır. Süzme işlemi sırasında örneklere %4'lük CaCl₂ çözeltisinden 20 mL eklenmiştir. Süzme işlemi takiben ağzı parafilm ile iyice kapatılan balon jöjeler bir gece karanlıkta tutulmuştur. Bekletme sonucu iki faza ayrılan örneklerin alt fazının ayırma hunisi yardımıyla darası alınmış balon jöjelere aktarılmıştır. Balon jöjelerde bulunan çözücülerin uzaklaştırılması için Buchi marka rotary evaporatör kullanılmıştır. Örnekteki toplam yağ miktarı yüzdesi hesaplanmıştır.

Yağ Asitleri Tayini

Yağ asitlerinin metil esterleri; Ichibara vd. (1996) tarafından modifiye edilerek geliştirilen metoda göre yapılmıştır. İçerisinde lipit bulunan 25 mg ekstrakte edilmiş yağ örneği balon jöjelere 2 mL n-heptan ve 4 mL 2 M metanolik KOH eklenerek tüm lipit çözücüye geçene kadar oda sıcaklığında 2 dk vortekste karıştırılmıştır. Daha sonra, lipit çözeltisi balon jöjelerden santrifüj işlemi için ağzı kapaklı santrifüj tüplerine aktarılmıştır. Soğutmalı santrifüjde 4000 rpm devirde 10 dk santrifüj edilen örneklerin, üst fazı pastör pipetleri ile çekilerek seyreltme tüplerine konulmuştur. Örnekler 20-25 µg/mL lipit olacak şekilde heptan ile seyreltilerek enjeksiyona hazır hale getirilmiştir. En son, viallere aktarılan örnekler gaz

kromatografi (GC) cihazına yerleştirilerek enjeksiyonları gerçekleştirilmiştir.

Gaz Kromatografi (GC) Cihazının Özellikleri ve Analiz Şartları

Yağ asitleri tayini, alev iyonizasyon dedektörü (FID) ve bir silika kapiler SGE kolonu (30 m × 0,32 mm ID × 0,25 µm BP20 0,25 UM, USA) içeren otomatik örnekleyicili Clarus 500 (Perkin Elmer, USA) gaz kromatografisi yardımıyla analiz edilmiştir. Enjektör ve FID dedektörünün sıcaklıkları sırasıyla 220°C ve 280°C'ye ayarlanmıştır. Fırın sıcaklığı ilk 5 dk boyunca 140°C'de tutulmuştur. Sonrasında 200°C'ye kadar dakikada 4°C, 200°C'den 220°C'ye ise dakikada 1°C artırılarak getirilmiştir. Örnek miktarı 1 µL olup, taşıyıcı gazın kontrolünün 16 ps düzeyinde olması sağlanmıştır. Enjeksiyon uygulaması 1:50 oranında gerçekleştirilmiştir. Yağ asitleri tayini standart 37 bileşenden oluşan FAME karışımının (Supelco) gelme zamanları ile karşılaştırılarak tanımlanmıştır.

Yağ Asitleri İndeksleri

Yağ asitleri tayini sonuçlarından bazı indeksler hesaplanmıştır. Aterojenite indeksi (AI) ve trombojenite indeksi (TI) yağ asitlerinin insan sağlığına etkilerini belirlemek için kullanılan indekslerdir (Ulbricht & Southgate, 1991). İnsan besini olan bir gıdanın içerdiği yağ asitlerinin kardiyovasküler hastalıkları ile ilişkisi matematiksel olarak bu formüller ile hesaplanmaktadır. Hesaplama kullanılan formüller Denklem 1 ve 2'de verilmiştir.

$$AI = \frac{(a \times 12:0) + (b \times 14:0) + (c \times 16:0)}{(d \times (PUFA \ n-6+n-3)) + (e \times (MUFA)) + (f \times (MUFA-18:1))} \quad (1)$$

$$TI = \frac{(g \times (14:0+16:0+18:0))}{(h \times (MUFA)) + (i \times (MUFA-18:1)) + (m \times (n-6)) + (n \times (n-3)) + \frac{n-3}{n-6}} \quad (2)$$

Bu denklemlerde; a, c, d, e, f=1; b=4; g=1; h, i, m=0,5; n=3 olarak hesaplanmaktadır.

Verilerin Değerlendirilmesi

Araştırmanın analizlerinden elde edilen veriler IBM SPSS (v 22) istatistik programı kullanılarak değerlendirilmiştir. Yağ ve yağ asitleri verilerinin değerlendirilmesi için istatistik analizi öncesinde bütün verilerin ayrılıklar yönünden kontrolü (Z değerine göre) ve varyansın homojenliği testi (Duncan çoklu karşılaştırma testi) yapılmıştır. Gruplar arasındaki farklılık tek yönlü varyans analizi (ANOVA) yardımı ile belirlenmiştir.

BULGULAR

Viranşehir, Taşkiran ve Karaduvar sahillerinden toplanan *U. linza*, *E. flexuosa* ve *T. atomaria* türlerinin toplam yağ düzeyleri belirlenmiştir. *U. linza* için toplam yağ düzeyi %1,31-1,91 aralığında, *E. flexuosa* için %1,23, *T. atomaria* için %7,78 olarak bulunmuştur (Tablo 1).

Tablo 1. Alglerdeki toplam yağ düzeyi (%)

Tür	Viranşehir	Taşkıran	Karaduvar
<i>U. linza</i>	1,31 (1,25-1,36)	1,45 (1,39-1,50)	1,91 (1,86-1,95)
<i>E. flexuosa</i>	1,23 (1,20-1,25)		
<i>T. atomaria</i>		7,78 (7,55-7,98)	

Not: Parantez içerisinde verilen değerler minimum-maksimum değerleridir.

Tablo 2. *U. linza*, *E. flexuosa* ve *T. atomaria* türlerinin doymuş yağ asidi düzeyleri (%)

Yağ asidi (%)	Viranşehir $\bar{X} \pm S_x$	Taşkıran $\bar{X} \pm S_x$	Karaduvar $\bar{X} \pm S_x$	Tür
Laurik asit (C12:0)	0,28±0,04 ^{a,y}	0,33±0,12 ^{a,y}	0,19±0,10 ^{a,x}	<i>U. linza</i>
	0,00±0,00 ^{a,x}	-	-	<i>E. flexuosa</i>
	-	0,06±0,01 ^{a,x}	-	<i>T. atomaria</i>
Miristik asit (C14:0)	0,73±0,03 ^{a,x}	0,93±0,09 ^{a,x}	1,06±0,21 ^{a,x}	<i>U. linza</i>
	1,02±0,14 ^{a,y}	-	-	<i>E. flexuosa</i>
	-	1,80±0,49 ^{a,y}	-	<i>T. atomaria</i>
Pentadekanoik asit (C15:0)	0,51±0,00 ^{b,y}	0,43±0,07 ^{ab,x}	0,28±0,09 ^{a,x}	<i>U. linza</i>
	0,36±0,00 ^{a,x}	-	-	<i>E. flexuosa</i>
	-	0,45±0,02 ^{a,x}	-	<i>T. atomaria</i>
Palmitik asit (C16:0)	22,27±6,01 ^{a,x}	29,44±3,75 ^{a,y}	29,52±2,45 ^{a,x}	<i>U. linza</i>
	32,27±9,19 ^{a,y}	-	-	<i>E. flexuosa</i>
	-	10,19±3,51 ^{a,x}	-	<i>T. atomaria</i>
Stearik asit (C18:0)	7,20±0,47 ^{b,y}	5,85±0,82 ^{ab,y}	5,13±1,13 ^{a,x}	<i>U. linza</i>
	3,87±0,37 ^{a,x}	-	-	<i>E. flexuosa</i>
	-	0,73±0,14 ^{a,x}	-	<i>T. atomaria</i>
Araşidik asit (C20:0)	0,00±0,00 ^{a,x}	0,15±0,08 ^{b,x}	0,09±0,03 ^{b,x}	<i>U. linza</i>
	0,14±0,01 ^{a,y}	-	-	<i>E. flexuosa</i>
	-	4,24±0,12 ^{a,y}	-	<i>T. atomaria</i>
Henikosanoik asit (C21:0)	0,40±0,01 ^{a,y}	0,71±0,07 ^{b,y}	1,36±0,23 ^{c,x}	<i>U. linza</i>
	0,00±0,00 ^{a,x}	-	-	<i>E. flexuosa</i>
	-	0,00±0,00 ^{a,x}	-	<i>T. atomaria</i>
Behenik asit (C22:0)	0,00±0,00 ^{a,x}	0,05±0,02 ^{b,x}	0,11±0,03 ^{b,x}	<i>U. linza</i>
	0,11±0,00 ^{a,y}	-	-	<i>E. flexuosa</i>
	-	0,66±0,20 ^{a,y}	-	<i>T. atomaria</i>
ΣSFA	31,39	37,89	37,74	<i>U. linza</i>
	37,77	-	-	<i>E. flexuosa</i>
	-	18,13	-	<i>T. atomaria</i>

Not: * Her yağ asidi için aynı satır (a, b, c) ve sütunda (x, y) farklı harfler ile gösterilen değerler arasında istatistiksel bir ayrım bulunmaktadır (p<0,05).

Viranşehir, Taşkiran ve Karaduvar sahillerinden toplanan *U. linza*, *E. flexuosa* ve *T. atomaria* türlerinin tekli doymamış yağ asidi düzeyleri Tablo 3'te verilmiştir.

Tekli doymamış yağ asitlerinden pentadesenoik asit düzeyi *U. linza* için %1,05-%1,45, *E. flexuosa* için %0,97, *T. atomaria* için %0,37 olarak saptanmıştır. *U. linza*'nın en yüksek pentadesenoik asit düzeyi Karaduvar sahilinden toplanan örneklerde belirlenmiştir. Palmitoleik asit düzeyi *U. linza* için %0,84-%1,79 aralığında olup en yüksek değeri Karaduvar örneklerinde belirlenmiştir. *E. flexuosa* için palmitoleik asit düzeyi %1,36, *T. atomaria* için %1,48 olarak saptanmıştır. Trans oleik asit düzeyi *U. linza* için %0,81-%2,68 aralığında olup, en yüksek düzeyi ise Karaduvar örneklerinde saptanmıştır. Trans oleik asit düzeyi *E. flexuosa* için %1,40, *T. atomaria* için %6,88'dir. Oleik asit düzeyi *U. linza* türünde %6,64-%9,37 aralığında, *E. flexuosa* türünde %10,35, *T. atomaria* türünde ise %6,88 olarak tespit edilmiştir. ΣMUFA düzeyi *U. linza* için %11,39-%14,69, *E. flexuosa* için %16,67, *T. atomaria* için %16,17'dir.

Çoklu doymamış yağ asidi düzeylerinde linolelaidik asit düzeyi *U. linza*'da %1,41-%2,15 aralığında olup en yüksek

düneyi Karaduvar örneklerindedir. Linolelaidik asit düzeyi *E. flexuosa* için %3,34, *T. atomaria* için %0,30 olarak bulunmuştur. Linoleik asit düzeyi *U. linza* için %0,10-%4,85 aralığında olup, en yüksek değeri Viranşehir örneklerinde bulunmuştur. Linoleik asit düzeyi *E. flexuosa* için %1,23, *T. atomaria* için %2,98'dir. *U. linza*'nın α-Linolenik asit düzeyi en yüksek Viranşehir örneklerinde bulunmuştur. Bu yağ asidinin düzeyi %0,07-%0,73 aralığındadır. *E. flexuosa*'nın α-Linolenik asit düzeyi %0,24'tür. Gamma linolenik asit düzeyi *U. linza* için %4,22-%5,54 aralığında olup en yüksek değeri Karaduvar örneklerinde bulunmuştur. *E. flexuosa*'nın Gamma linolenik asit düzeyi %3,61, *T. atomaria*'nın %4,65'tir. Eikosatrienoik asit düzeyi *U. linza* için %0,04-%0,07 aralığında olup, en yüksek düzeyi Karaduvar örneklerinde bulunmuştur. *E. flexuosa* için eikosatrienoik asit düzeyi %0,05, *T. atomaria* için %4,12 olarak bulunmuştur. Dokosaheksaenoik asit düzeyi *U. linza* için %0,06-%0,27 aralığında olup, en yüksek düzeyi Viranşehir örneklerinde bulunmuştur. *E. flexuosa* için dokosaheksaenoik asit düzeyi %0,37, *T. atomaria* için %0,06'dır. ΣPUFA düzeyi *U. linza* için %7,03-%11,61, *E. flexuosa* için %8,84, *T. atomaria* için %16,56 olarak belirlenmiştir.

Tablo 3. *U. linza*, *E. flexuosa* ve *T. atomaria* türlerinin tekli doymamış yağ asidi düzeyleri (%)

Yağ asidi (%)	Viranşehir $\bar{X} \pm S_x$	Taşkiran $\bar{X} \pm S_x$	Karaduvar $\bar{X} \pm S_x$	Tür
Pentadesenoik asit (C15:1)	1,36±0,15 ^{ab,x}	1,05±0,04 ^{a,y}	1,45±0,48 ^{b,x}	<i>U. linza</i>
	0,97±0,16 ^{a,x}	-	-	<i>E. flexuosa</i>
	-	0,37±0,02 ^{a,x}	-	<i>T. atomaria</i>
Palmitoleik asit (C16:1)	0,84±0,23 ^{a,x}	1,47±0,46 ^{ab,x}	1,79±0,13 ^{b,x}	<i>U. linza</i>
	1,36±0,31 ^{a,x}	-	-	<i>E. flexuosa</i>
	-	1,48±0,35 ^{a,x}	-	<i>T. atomaria</i>
Heptadekenoik asit (C17:1)	0,00±0,00 ^{a,x}	0,04±0,02 ^{b,x}	0,14±0,05 ^{c,x}	<i>U. linza</i>
	0,00±0,00 ^{a,x}	-	-	<i>E. flexuosa</i>
	-	0,13±0,02 ^{a,y}	-	<i>T. atomaria</i>
Trans oleik asit (C18:1n9t)	0,96±0,22 ^{a,x}	0,81±0,06 ^{a,x}	2,68±0,14 ^{b,x}	<i>U. linza</i>
	1,40±0,71 ^{a,x}	-	-	<i>E. flexuosa</i>
	-	6,88±2,22 ^{a,y}	-	<i>T. atomaria</i>
Oleik asit (C18:1n9c)	6,64±3,20 ^{a,x}	9,37±2,87 ^{a,x}	7,97±0,79 ^{a,x}	<i>U. linza</i>
	10,35±5,41 ^{a,x}	-	-	<i>E. flexuosa</i>
	-	6,88±2,22 ^{a,x}	-	<i>T. atomaria</i>
Vaksenik asit (C18:1n7)	0,00±0,00 ^{a,x}	0,05±0,02 ^{b,x}	0,07±0,02 ^{b,x}	<i>U. linza</i>
	0,00±0,00 ^{a,x}	-	-	<i>E. flexuosa</i>
	-	0,23±0,09 ^{a,y}	-	<i>T. atomaria</i>
Gadoleik asit (C20:1n9)	1,59±1,31 ^{b,x}	1,18±0,33 ^{b,y}	0,59±0,16 ^{a,x}	<i>U. linza</i>
	2,59±1,62 ^{a,x}	-	-	<i>E. flexuosa</i>
	-	0,20±0,03 ^{a,x}	-	<i>T. atomaria</i>
ΣMUFA	11,39	13,97	14,69	<i>U. linza</i>
	16,67	-	-	<i>E. flexuosa</i>
	-	16,17	-	<i>T. atomaria</i>

Not: * Her yağ asidi için aynı satır (a, b, c) ve sütunda (x, y) farklı harfler ile gösterilen değerler arasında istatistiksel bir ayrım bulunmaktadır (p<0.05).

Tablo 4. *U. linza*, *E. flexuosa* ve *T. atomaria* türlerinin çoklu doymamış yağ asidi düzeyleri (%)

Yağ asidi (%)	Viranşehir $\bar{X} \pm S_x$	Taşkıran $\bar{X} \pm S_x$	Karaduvar $\bar{X} \pm S_x$	Tür
Linolelaidik asit (C18:2n6t)	1,41±0,01 ^{a,x}	1,46±0,84 ^{a,y}	2,15±0,70 ^{a,x}	<i>U. linza</i>
	3,34±0,04 ^{a,y}	-	-	<i>E. flexuosa</i>
	-	0,30±0,08 ^{a,x}	-	<i>T. atomaria</i>
Linoleik asit (C18:2n6c)	4,85±0,05 ^{c,y}	1,06±0,58 ^{b,x}	0,10±0,03 ^{a,x}	<i>U. linza</i>
	1,23±0,03 ^{a,x}	-	-	<i>E. flexuosa</i>
	-	2,98±1,15 ^{a,y}	-	<i>T. atomaria</i>
α -Linolenik asit (C18:3n3)	0,73±0,03 ^{c,y}	0,07±0,04 ^{a,y}	0,38±0,16 ^{b,x}	<i>U. linza</i>
	0,24±0,04 ^{a,x}	-	-	<i>E. flexuosa</i>
	-	0,00±0,00 ^{a,x}	-	<i>T. atomaria</i>
Gama linolenik asit (C18:3n6)	4,22±0,75 ^{a,x}	4,22±0,98 ^{a,x}	5,54±1,17 ^{a,x}	<i>U. linza</i>
	3,61±0,28 ^{a,x}	-	-	<i>E. flexuosa</i>
	-	4,65±0,99 ^{a,x}	-	<i>T. atomaria</i>
Eikosatrienoik asit (C20:3n3)	0,04±0,04 ^{a,x}	0,06±0,03 ^{a,x}	0,07±0,02 ^{a,x}	<i>U. linza</i>
	0,05±0,05 ^{a,x}	-	-	<i>E. flexuosa</i>
	-	4,12±1,72 ^{a,y}	-	<i>T. atomaria</i>
Dihomo- γ -linolenik asit (C20:3n6)	0,00±0,00 ^{a,x}	0,00±0,00 ^{a,x}	0,00±0,00 ^{a,x}	<i>U. linza</i>
	0,00±0,00 ^{a,x}	-	-	<i>E. flexuosa</i>
	-	3,55±0,92 ^{a,y}	-	<i>T. atomaria</i>
Araşidonik asit (C20:4n6)	0,09±0,00 ^{a,y}	0,06±0,03 ^{a,x}	0,06±0,03 ^{a,x}	<i>U. linza</i>
	0,00±0,00 ^{a,x}	-	-	<i>E. flexuosa</i>
	-	0,48±0,02 ^{a,y}	-	<i>T. atomaria</i>
Eikosapentaenoik asit (C20:5n3)	0,00±0,00 ^{a,x}	0,00±0,00 ^{a,x}	0,00±0,00 ^{a,x}	<i>U. linza</i>
	0,00±0,00 ^{a,x}	-	-	<i>E. flexuosa</i>
	-	0,45±0,05 ^{a,y}	-	<i>T. atomaria</i>
Dokosaheksaenoik asit (C22:6n3)	0,27±0,14 ^{a,x}	0,10±0,06 ^{a,x}	0,06±0,02 ^{a,x}	<i>U. linza</i>
	0,37±0,23 ^{a,x}	-	-	<i>E. flexuosa</i>
	-	0,06±0,01 ^{a,x}	-	<i>T. atomaria</i>
Σ PUFA	11,61	7,03	8,36	<i>U. linza</i>
	8,84	-	-	<i>E. flexuosa</i>
	-	16,56	-	<i>T. atomaria</i>

Not: * Her yağ asidi için aynı satır (a, b, c) ve sütunda (x, y) farklı harfler ile gösterilen değerler arasında istatistiksel bir ayrım bulunmaktadır ($p < 0.05$).

U. linza, *E. flexuosa* ve *T. atomaria* türlerinin yağ asidi indeksleri belirlenmiştir (Tablo 5).

PUFA/SFA düzeyleri *U. linza* için %0,18-%0,36 aralığında, *E. flexuosa* için %0,23 *T. atomaria* için %0,91 olarak bulunmuştur. $\Sigma n3$ ve $\Sigma n6$ 'nın en yüksek düzeyi üç tür içerisinde *T. atomaria* türünde bulunmuştur.

TARTIŞMA

Bu çalışmada birçok kullanım alanına sahip olan alglerin, toplam yağ içeriği ve yağ asidi profilleri incelenerek hammadde olarak kullanım potansiyeli araştırılmıştır. Yapılan bir çalışmada, mikroalglerin çoklu doymamış yağ

asitlerinin (γ -linolenik asit, araşidonik asit, eikosapentaenoik asit, dokosaheksaenoik asit) bebek mamaları ve besin takviyelerindeki kullanımları verilmiştir (Spolaore vd., 2006). Son zamanlarda $n3$ -PUFA'ların sağlık için önemli olduğu ve kronik inflamasyonda önemli bir rol oynadığı hastalık riskini azalttığı bilinmesi nedeniyle DHA'ya olan ilgi artmıştır. Buna kardiyovasküler hastalık, çeşitli kanserler, artrit ve demans dahildir. $n-3$ PUFA bitkilerden kolaylıkla temin edilebilmesine rağmen, insanlarda EPA'ya ve özellikle DHA'ya zayıf bir şekilde dönüştürülmektedir. Bu nedenle, LC-PUFA'lar içeren balık yağları insanlar için gerekli bir besin takviyesi olarak adlandırılabilir. Birçok alg türü, yağ asitleri bakımından uzun zincirli PUFA'lara (LC-PUFAs)

(>18C) sahiptir. Bu özellikle deniz türleri için geçerlidir. Alglerde %20 veya daha fazla araşidonik asit (AA), eikosapentaenoik asit (EPA) ve dokosaheksaenoik asit (DHA) gibi asitlerin varlığı, besin zincirlerinin başlangıcındaki alglerin rolü ve sağlıklı diyetlerde LC-PUFA'ların önemini göstermektedir (Harwood & Guschina, 2009). Bizim yaptığımız çalışmada ise üç makroalg türünde bu yağ asitlerinin görece düşük düzeyde olduğu saptanmıştır. Bununla birlikte tekli doyamamış yağ asitleri ve bazı LC-PUFA'ların yüksek düzeyde olduğu görülmektedir. Yapılan önceki çalışmalarda LC-PUFA'ların meme kanseri önlenmesinde en önemli yönünün, her ikisinin de mutlak konsantrasyonundan ziyade (ω -3)/(ω -6) PUFA) oranı olduğunu göstermektedir. Araştırmalar, ~1:1-1:2 oranının meme kanserlerinin gelişmesine ve büyümesine karşı en koruyucu etkiye sahip olduğunu göstermektedir (Cowing & Saker, 2001). Yaptığımız çalışmadaki (ω -3)/(ω -6) oranı üç tür içinde çok düşük düzeyde bulunmuştur. PUFA

biyosentezini etkileyen başka bir noktada desaturasyonun düşük sıcaklıklarda artmasıdır (Guschina & Harwood 2006). Soğuk sularda büyüyen alg türleri daha yüksek bir (ω -3)/(ω -6) PUFA oranına sahiptir (Colombo vd., 2006). Ayrıca alglerdeki 18:3n-3 (gama linolenik asit) varlığı su ürünleri açısından önemlidir. Çünkü balıklar PUFA'yı sentezleyemez, ancak diyetteki 18:2 ve 18:3 yağ asitlerini desatüre edebilir/uzatabilir (Wahbeh, 1997).

Canlı bünyesine katılan yağ asitlerinin ihtiyaca göre dönüşümünde, EPA oluşturmak için α -Linolenik asit ve Linoleik asidin varlığına ihtiyaç duyulmaktadır (Guschina & Harwood, 2006). Yaptığımız çalışmada bu dönüşüm için kullanılacak olan tekli doyamamış yağ asitlerinden α -Linolenik asit düzeyi düşük seviyededir. Linoleik asit düzeyi α -Linolenik asidine göre daha yüksek bulunmuştur. EPA değerine katkıda bulunan yağ asit düzeyleri de düşük seviyededir.

Tablo 5. *U. linza*, *E. flexuosa* ve *T. atomaria* türlerinin yağ asidi indeksleri (%)

Yağ asidi (%)	Viranşehir	Taşkıran	Karaduvar	Tür
PUFA/ SFA	0,36	0,18	0,22	<i>U. linza</i>
	0,23	-	-	<i>E. flexuosa</i>
	-	0,91	-	<i>T. atomaria</i>
$\Sigma n7$	0	0,05	0,07	<i>U. linza</i>
	0	-	-	<i>E. flexuosa</i>
	-	0	-	<i>T. atomaria</i>
$\Sigma n6$	10,57	6,80	7,85	<i>U. linza</i>
	8,18	-	-	<i>E. flexuosa</i>
	-	11,96	-	<i>T. atomaria</i>
$\Sigma n3$	1,04	0,23	0,51	<i>U. linza</i>
	0,66	-	-	<i>E. flexuosa</i>
	-	4,63	-	<i>T. atomaria</i>
$\Sigma n9$	9,19	11,36	11,24	<i>U. linza</i>
	14,34	-	-	<i>E. flexuosa</i>
	-	13,96	-	<i>T. atomaria</i>
$n6/n3$	10,16	29,56	15,39	<i>U. linza</i>
	12,39	-	-	<i>E. flexuosa</i>
	-	2,58	-	<i>T. atomaria</i>
$n3/n6$	0,09	0,03	0,06	<i>U. linza</i>
	0,08	-	-	<i>E. flexuosa</i>
	-	0,38	-	<i>T. atomaria</i>
AI	0,93	1,07	1,25	<i>U. linza</i>
	1,19	-	-	<i>E. flexuosa</i>
	-	0,49	-	<i>T. atomaria</i>
TI	1,87	2,79	2,40	<i>U. linza</i>
	2,19	-	-	<i>E. flexuosa</i>
	-	0,43	-	<i>T. atomaria</i>

İnsanlar için önerilen minimum PUFA/SFA değeri 0,45'tir (HMSO, 1994). Bu çalışmada üç tür için de PUFA/SFA değerleri %0,18-%0,91 aralığında olup, minimum değeri karşılayan tür *T. atomaria*'dır.

Çevresel faktörlerin evsel kanalizasyon deşarjları, endüstriyel ve tarımsal atıklar, pH değişimleri, kanalizasyon deşarjı ve organik maddenin ayrışması gibi faktörler alglerin toplam lipit içeriği ve yağ asidi profillerini etkileyebilmektedir (Maghraby & Fakhury, 2015). Farklı bölgelerden örneklenen *U. linza* örnekleri için yağ asidi düzeylerinin farklılık gösterdiği saptanmıştır. Yağ asidi profillerindeki farklılıklara denizdeki inorganik madde miktarındaki değişimlerin neden olduğu düşünülmektedir.

Biyodizel üretimi için yapılan bir çalışmada Ebu Qir Körfezi'nden toplanan *U. linza*'nın toplam yağ düzeyi %3,20-%4,14 olarak bulunmuştur. *U. linza*'nın palmitik asit ve stearik asit düzeyleri sırasıyla %38,10-%48,44, %1,27-%4,99 olarak bulunmuştur (Maghraby & Fakhury, 2015). Yaptığımız çalışmada *U. linza*'nın toplam yağ düzeyi %1,31-%1,91 aralığında, palmitik asit ve stearik asit düzeyleri sırasıyla %22,27-%29,52, %5,13-%7,20 aralığında bulunmuştur. Aynı çalışmada tekli doymamış yağ asitlerinden oleik asit, palmitoleik asit ve gadoleik asit sırasıyla %0,31-%10,43, %1,25-%2,03 %0,10-%0,33 olarak bulunmuştur. Çoklu doymamış yağ asitlerinde linoleik asit ve linolenik asit sırasıyla %0,17-%1,15, %0,12-%2,56 olarak bulunmuştur (Maghraby & Fakhury, 2015). Bizim çalışmamızda ise *U. linza*'nın trans-oleik asit, palmitoleik asit, gadoleik asit ve linoleik asit sırasıyla %0,81-%2,68, %0,84-%1,79, %0,59-%1,59, %0,10-%4,85 aralığında bulunmuştur.

Antalya sahilinde yapılan bir çalışmada, *T. atomaria*'nın palmitik asit, stearik asit, oleik asit, linoleik asit, EPA, gadoleik asit, araşidonik asit düzeyleri sırasıyla %10,19, %1,20, %15,85, %6,13, %4,78, %0,20, %8,53 düzeyleri belirlenmiştir (Caf vd., 2015). Bizim çalışmamızda ise, palmitik asit, stearik asit, oleik asit, linoleik asit, EPA, gadoleik asit, araşidonik asit düzeyleri sırasıyla %10,19, %0,73, %6,88, %2,98, %0,45, %0,20, %0,48 düzeyinde bulunmuştur. Caf vd. (2015) tarafından bildirilen yağ asitleri düzeylerinin çalışmamızdakilerden düşük olduğu görülmektedir. Değerler arasındaki fark bölgesel farklılık, su sıcaklığı değişimi, kullanılan ekstraksiyon metodundaki farklılık gibi etmenlerden kaynaklanabilir.

Üç *Enteromorpha* türünün kimyasal bileşimi üzerine yapılan bir çalışmada Hindistan'ın kuzeybatı kıyısından toplanan *E. compressa*, *E. Linza* ve *E. tubulosa*'nın yağ asidi profilleri araştırılmıştır. *E. compressa*'nın palmitik asit, oleik asit, linoleik asit, EPA düzeyleri sırasıyla %44,64, %1,31, %5,79, %0,54 olarak belirlenmiştir. *E. linza*'nın palmitik asit, oleik asit, linoleik asit, EPA düzeyleri sırasıyla %35,48, %1,12,

%6,43 %0,76'dır. *E. tubulosa*'nın palmitik asit, oleik asit, linoleik asit, EPA düzeyleri sırasıyla %34,80, %1,26, %9,61, %0,52'dir (Ganesan vd., 2014). Yaptığımız çalışmadaki *E. flexuosa*'nın palmitik asit, trans-oleik asit, linoleik asit düzeyleri sırasıyla %32,27, %1,40, %1,23 ve EPA düzeyi ise belirlenebilir limitinin altındadır. Her iki çalışmada palmitik asit ve oleik asidin sonuçlarının yakın düzeyde olduğu görülmektedir.

Düşük aterojenik, trombojenik ve hiperkolesterolemik indekslere sahip gıda ürünlerinin ateroskleroza geciktirmek ve dolayısıyla kardiyovasküler hastalık riski için iyi olduğu düşünülmektedir (EL-Wakf vd., 2010). Yaptığımız çalışmadaki türler içerisinde Taşkıran sahilinden örneklenen *T. atomaria* türünün Aİ seviyesi %0,49, Tİ seviyesi %0,43 ile düşük seviyede olduğu bulunmuştur.

SONUÇ

Çalışmamızda incelemiş olduğumuz *U. linza*, *E. flexuosa* ve *T. atomaria* türlerinin LC-PUFA düzeylerinin düşük olduğu, bunun yanında önemli bir MUFA kaynağı olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca insan sağlığı açısından önemli olan linoleik ve gama linolenik asit gibi bazı çoklu doymamış yağ asitlerini de yüksek düzeyde içerdiği belirlenmiştir. Yaptığımız çalışmada ekonomik değere sahip olan makroalg türlerinin yağ asitleri profili üzerine bölgesel farklılıkların etkisi belirlenerek, insan beslenmesinde kullanım potansiyeli belirlenmiştir.

Etik Standartlar İle Uyum

Yazarların Katkısı

Tüm yazarlar makaleye eşit katkıda bulunmuştur

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını deklare etmektedir.

Etik Onay

Yazarlar bu tür bir çalışma için resmi etik kurul onayının gerekli olmadığını bildirmektedir.

KAYNAKLAR

Aguilera-Morales, M., Casas-Valdez, M., Carrillo-Domínguez, S., & González-Acosta, B., & Pérez-Gil, F. (2005). Chemical composition and microbiological assays of marine algae *Enteromorpha* spp. as a potential food source. *Journal of Food Composition and Analysis*, 18(1), 79-88. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2003.12.012>

- Aktar, S., & Cebe G. E. (2010). General specifications, using areas of algae and their importance on pharmacy. *Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Dergisi*, 39(3), 237-264. <https://doi.org/10.1501/Eczfak.0000000568>
- Alçay, A. Ü., Bostan, K., Dinçel, E., & Varlık, C. (2017). *Alglerin insan gıdası olarak kullanımı* [Algae as a food source for humans]. *Aydın Gastronomy*, 1(1), 47-59.
- Bligh, E. G., & Dyer, W. J. (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, 37(8), 911-917. <https://doi.org/10.1139/o59-099>
- Caf, F., Yılmaz, Ö., Durucan F., & Özdemir, N. Ş. (2015). Biochemical components of three marine macroalgae (*Padina pavonica*, *Ulva lactuca* and *Taonia atomaria*) from the Levantine Sea coast of Antalya, Turkey. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 6(4), 401-411.
- Carvalho, J., Ribeiro, A., Castro, J. D. F. de, Vilarinho, C., & Castro, F. (2011). Biodiesel production by microalgae and macroalgae from north littoral Portuguese coast. *Proceedings of the 1st International Conference on Wastes: Solutions, Treatments and Opportunities*, Portugal. <https://core.ac.uk/download/pdf/55615137.pdf>
- Colombo, M. L., Rise, P., & Giavarini, F. (2006). Marine microalgae as sources of polyunsaturated fatty acids. *Plant Foods for Human Nutrition*, 61, 64-69. <https://doi.org/10.1007/s1130-006-0015-7>
- Cowing, B. E., & Saker, K. E. (2001). Polyunsaturated fatty acids and epidermal growth factor receptor/mitogen-activated protein kinase signaling in mammary cancer. *The Journal of Nutrition*, 131(4), 1125-1128. <https://doi.org/10.1093/jn/131.4.1125>
- El-Sheekh, M. M., Osman, M. E. H., Dyab, M. A., Amer, M. S. (2006). Production and characterization of antimicrobial active substance from the cyanobacterium *Nostoc muscorum*. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 21(1), 42-50. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2005.06.006>
- EL-Wakf, A. M., Ebraheem, H. A., Serag, H. A., Hassan, H. A., & Gumaih, H. S. (2010). Association between inflammation and the risk of cardiovascular disorders in atherogenic male rats: Role of virgin and refined olive oil. *Journal of American Science*, 6(12), 807-817.
- Ganesan, K., Suresh Kumar, K., & Subba Rao, P. V. (2011). Comparative assessment of antioxidant activity in three edible species of green seaweed, *Enteromorpha* from Okha, Northwest coast of India. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 12(1), 73-78. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2010.11.005>
- Ganesan, K., Suresh Kumar, K., Subba Rao, P. V., Tsukui, Y., Bhaskar, N., Hosokawa, M., & Miyashita, K. (2014). Studies on chemical composition of three species of *Enteromorpha*. *Biomedicine & Preventive Nutrition*, 4(3), 365-369. <https://doi.org/10.1016/j.bionut.2014.04.001>
- Gümüş, G. (2006). *Deniz marulunun kimyasal kompozisyonunun araştırılması*. [Yüksek Lisans Tezi. Ege Üniversitesi].
- Guner, H., & Aysel, V. (1989). *Tohumuz bitkiler I. cilt: Algler*. Ege Üniversitesi Basımevi.
- Guschina, I. A., & Harwood, J. L. (2006). Lipids and lipid metabolism in eukaryotic algae. *Progress in Lipid Research*, 45(2), 160-186. <https://doi.org/10.1016/j.plipres.2006.01.001>
- Harwood, J. L., & Guschina, I. A. (2009). The versatility of algae and their lipid metabolism. *Biochimie*, 91(6), 679-684. <https://doi.org/10.1016/j.biochi.2008.11.004>
- HMSO. (1994). *Nutritional aspects of cardiovascular disease*. Report on health and social subjects no. 46. London, UK.
- Holdt, S. L., & Kraan S. (2011). Bioactive compounds in seaweed: functional food applications and legislation. *Journal of Applied Phycology*, 23, 543-597. <https://doi.org/10.1007/s10811-010-9632-5>
- Ichibara, K., Shibahara, A., Yamamoto, K., & Nakayama, T. (1996). An improved method for rapid analysis of the fatty acids of glycerolipids. *Lipids*, 31(5), 535-539. <https://doi.org/10.1007/bf02522648>
- Kandasamy, G., Karuppiah, S. K., & Subba Rao, P. V. (2012). Salt- and pH-induced functional changes in protein concentrate of edible green seaweed *Enteromorpha* species. *Fisheries Science*, 78, 169-176. <https://doi.org/10.1007/s12562-011-0423-y>
- Lewis, M. A., & Wang, W. (1997). Water quality and aquatic plants. In W. Wang, W. R. Lower, J. W. Gorsuch, & J. S. Hughes (Eds.), *Plants for environmental studies* (pp. 141-175). CRC Lewis Publishers.
- Mchugh, D. J. (2003). *A guide to the seaweed industry*. FAO Fisheries Technical Paper, No. 441. Rome. 105p.
- Spolaore, P., Joannis-Cassan, C., Duran, E., & Isambert, A. (2006). Commercial applications of microalgae. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 101(2), 87-96. <https://doi.org/10.1263/jbb.101.87>
- Tabudravu, J. N., Gangaiya, P., Sotheeswaran, S., & South, G. R. (2002). *Enteromorpha flexuosa* (Wulfen) J. Agardh (Chlorophyta: Ulvales)--evaluation as an indicator of heavy metal contamination in a tropical estuary. *Environmental Monitoring and Assessment*, 75(2), 201-213. <https://doi.org/10.1023/A:1014439931466>
- Ulbricht, T. L. V., & Southgate, D. A. T. (1991). Coronary heart disease: seven dietary factors. *The Lancet*, 338, 985-992. [https://doi.org/10.1016/0140-6736\(91\)91846-m](https://doi.org/10.1016/0140-6736(91)91846-m)

- Wahbeh, M. I. (1997). Amino acid and fatty acid profiles of four species of macroalgae from Aqaba and their suitability for use in fish diets. *Aquaculture*, 159(1-2), 101-109. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(97\)00183-X](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(97)00183-X)
- Weihrauch, J. L., Posati, L. P., Anderson, B. A., & Exler, J. (1975). Lipid conversion factors for calculating fatty acid contents of foods. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 54(1), 36-40. <https://doi.org/10.1007/BF02671370>
- Zeybek, N., Zeybek, U., & Sayginer, B. (2003). *Farmasötik botanik*. Meta Basimevi.