

## Gıdalarda Deniz Kaynaklı Makroalg Özütü Kullanımı ve Lipit Oksidasyonunu Önlemede Antioksidan Etkisi

Bahar Gümüş<sup>1</sup>  ✉, Mustafa Ünlüsayın<sup>2</sup> , Erkan Gümüş<sup>3</sup> 

<sup>1</sup> Akdeniz Üniversitesi, Turizm Fakültesi, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü, 07058, Antalya

<sup>2</sup> Akdeniz Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü, 07058, Antalya

<sup>3</sup> Akdeniz Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Yetiştiriciliği Bölümü, 07058, Antalya

Geliş Tarihi (Received): 21.03.2018, Kabul Tarihi (Accepted): 23.06.2018

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): [bahargumus@akdeniz.edu.tr](mailto:bahargumus@akdeniz.edu.tr) (B. Gümüş)

☎ 0 242 310 66 55 📠 0 242 227 46 70

### ÖZ

Katkı maddesi içermeyen doğal ürünlere yönelik artan tüketici talepleri ve yeni üretim teknikleri doğal katkı maddelerine olan ilgiyi arttırmıştır. Antioksidanlar, az miktarlarda kullanımıyla bile yağ oksidasyonunu engelleyen ya da geciktiren gıda katkı maddelerinin önemli bir grubudur. Gıdalarda, butil hidroksianisol, butil hidroksitoluen ve tersiyer bütül hidroksikinon gibi sentetik antioksidanlar ya da tokoferoller, askorbik asit, karotenoidler, flavonoidler, aminoasitler, fosfolipidler ve steroller gibi doğal antioksidanlar kullanılmaktadır. Son zamanlarda, gıda endüstrisi doğal antioksidan maddelerin ekstraksiyonu ve saflaştırılması üzerine odaklanmıştır. Bu nedenle, antioksidan bileşenlerin iyi bir kaynağı olarak makroalg özütlerine olan ilginin arttığı görülmektedir. Literatürde, deniz kökenli makroalg özütlerinin (özellikle kahverengi makroalglerin) güçlü antioksidan özelliklere sahip olduğu rapor edilmektedir. Pek çok araştırmada, farklı makroalg türlerinden, klorofil,  $\beta$ -karoten,  $\alpha$ -tokoferol, askorbik asit, niasin, tiamin, polifenol, polisakkaritler, flavonoidler, fosfolipidler, terpenoidler ve peptidler gibi antioksidan bileşenler ekstrakte edilmiştir. Araştırmacılar tarafından, makroalg özütlerinin antioksidan özellikleri üzerine farklı coğrafik bölge, makroalg türleri, çözücüler, ekstraksiyon metodu, ekstraksiyon sıcaklığı ve zamanı gibi bazı parametrelerin etkileri araştırılmıştır. Bu derlemenin amacı, makroalg özütlerinin antioksidan aktivitesi üzerine yapılan bilimsel makalelerin sonuçlarını sunmak ve gıdalarda antioksidan maddelerin doğal bir kaynağı olarak potansiyeli hakkında bilgi vermektir.

**Anahtar Kelimeler:** Antioksidan bileşenler, Makroalg, Özüt

### Use of Marine Macroalgae Extracts in Foods and Their Antioxidative Effect against Lipid Oxidation

#### ABSTRACT

Increased consumer demand for natural foods that are free from additives and new production techniques resulted in growing interest for natural additives. Antioxidants are a significant group of food ingredients inhibiting or delaying lipid oxidation even at minute concentrations. Synthetic antioxidants such as butylhydroxyanisole, butylated hydroxytoluene, and tert-butylhydroquinone or natural antioxidants like tocopherols, ascorbic acid, carotenoids, flavonoids, amino acids, phospholipids and sterols are used in foods. Recently, the food industry has focused on the extraction and purification of natural antioxidative substances. For this reason, an interest towards marine macroalgae extracts as a good source of antioxidant constituents has been increasing. In the literature, marine macroalgae extracts (especially brown macroalgae) were reported to have strong antioxidant properties. In several studies, antioxidant compounds such as chlorophyll,  $\beta$ -carotene,  $\alpha$ -tocopherol, ascorbic acid, niacin, thiamine, polyphenols, polysaccharides, flavonoids, phospholipids, terpenoids and peptids were extracted from different macroalgae species. The effect of parameters such as different geographic regions, macroalgae species, solvents, extraction methods,

extraction temperature and time on the antioxidative properties of macroalgae extracts were determined by several researchers. The aim of this review is to present the results of scientific studies on the antioxidant activity of macroalgae extract and to inform about their potential as a natural source of antioxidant substances in foods.

**Keywords:** Antioxidant components, Macroalgae, Extract

## GİRİŞ

Antioksidanlar, oksidasyon zincir reaksiyonunun başlangıcını ya da ilerlemesini engelleyerek hücrel substratların oksidasyonunu önleyen ya da geciktiren maddelerdir. Bu maddeler genellikle oksidatif strese karşı organizmada normal şartların devamlılığını muhafaza etmek için üretilir [1-3]. Bu nedenle; antioksidanların tüketimi ve gıda materyallerine eklenmesi gıdalar gibi vücudumuzu da korumaktadır [4].

Sentetik antioksidanlardan bütillenmiş hidroksianisol (BHA), bütillenmiş hidroksitoluen (BHT), tersiyer bütill hidroksikinin (TBHQ) ve propil gallat (PG) gıda üretiminde gıda güvenliğini garanti etmek ve raf ömrünü uzatmak, gıdaların besinsel ve duysal kalitesini muhafaza etmek amacıyla kullanılmaktadır [3, 5]. Fakat bu sentetik bileşiklerin toksisiteye ve kansorejen etkiye sahip olduklarından şüphelenilmektedir [1, 3, 6]. BHT ve  $\alpha$ -tokoferol balıklarda olduğu gibi kompleks gıda sistemlerinde antioksidan olarak etkisiz kalabilmektedir [3]. Bu nedenle etkili ve güvenilir alternatif antioksidanlar, özellikle doğal orjinli olanlar birinci derecede önem taşımaktadırlar. Bunun için araştırmacıların ilgisi gıda sistemlerinde katkı maddesi olarak doğal antioksidanların kullanılması üzerine odaklanmıştır. Doğal kaynaklardan elde edilen antioksidanlar tüketici güvenliği ve kabul edilebilirliği bakımından avantajlara sahip olmakla birlikte, düzenleyici otoriteler tarafından da herhangi bir güvenilir test garantisine gereksinim duyulmamaktadır [6-8]. Makroalglerin doğal antioksidan bileşenlerin bir kaynağı olarak [3, 9], gıdalarda lipid oksidasyona ve hedef dokularda oksidatif strese karşı potansiyel koruma etkisine sahip olduğu bildirilmektedir [10]. Son zamanlarda makroalglerden elde edilen sülfatlı polisakkaritler, fenolik bileşikler, miyosporin benzeri aminoasit bileşimi ve karotenoidler gibi bileşiklerin antioksidan potansiyelleri araştırılmaktadır [3]. Son yıllarda alglerde bulunan yüksek değerlikli bileşiklerin (yağ ve yağ ve asitleri, proteinler, karbonhidratlar, pigmentler, mineraller, vitaminler, steroller ve polifenoller) gıda ve sağlık sektörü gibi birçok alanda kullanımının mümkün olması ile algler, giderek artan ticarileşme potansiyeline sahip olmaktadır [11]. Makroalgler antioksidan metabolitlerin zengin bir kaynağı olduğundan, gıda ürünlerinin raf ömrünü arttırarak gıda kalitesini geliştirmek için kullanılabilirliği araştırılmaktadır [12-15]. Bu çalışmada, deniz kaynaklı makroalg türlerinden özüt eldesi, özütlerde bulunan antioksidatif bileşenler ve özellikleri, gıdalarda katkı maddesi olarak kullanımı üzerine yapılan çalışmaların kısa bir derlemesi verilmeye çalışılmıştır.

## DENİZ KAYNAKLI MAKROALG ÖZÜTLERİNDE ANTIOKSİDATİF ETKİ GÖSTEREN BİLEŞENLER

Farklı ekstraksiyon yöntemleri ile algal biokütleden sağlanan özütler genellikle seçici olmayıp, temel bileşenlerin kompleks bir karışımını içermektedir. Makroalglerde bulunan, polisakkaritler, fenolik bileşenler, çoklu doymamış yağ asitleri, proteinler, peptidler, pigmentler, vitaminler, terpenoidler ve steroller gibi maddelerin antioksidan etki gösterdiği bildirilmektedir [16]. Tablo 1'de antioksidan maddelerin kaynağı olarak makroalg türleri ve bu türlerde bulunan antioksidatif bileşenler verilmiştir. Bu maddelerin içeriği ise; mevsime, yaşa, türe, coğrafik lokasyona ve çevresel faktörlere göre değişmektedir [16].

Deniz kaynaklı makroalglerin antioksidan aktivitesi; oksidasyonun baskılanmasına ya da engellenmesine direkt ya da dolaylı olarak katkı sağlayan, klorofil ve  $\beta$ -karoten gibi pigmentlerinden,  $\alpha$ -tokoferol, niasin, tiamin ve askorbik asit gibi vitaminlerinden, polifenolik ve flavonoid gibi fenol bileşiklerinden, fosfolipidler, terpenoidler, peptidler ve diğer antioksidatif bileşenlerinden kaynaklanmaktadır. Bunların arasında fenollerin, deniz alglerinin antioksidan potansiyellerinden sorumlu olan temel aktif bileşenler olduğu [17] ve fenolik bileşenler ile antioksidan kapasite arasında yüksek bir korelasyon bulunduğu bildirilmektedir [18].

Genellikle taze makroalgler işlenmiş olanlardan daha iyi antioksidan aktivite göstermektedirler [3, 19]. Bu nedenle, antioksidan aktiviteyi korumak için işleme yöntemi önemli bir rol oynamaktadır. Sağlık endüstrisinde ticari alginat eldesi sırasında geri kalan rezüdi alginatların doğal antioksidan üretmek için önemli kaynaklar olduğu bildirilmektedir [3, 5].

Kahverengi makroalglerin hücre duvarı esas olarak; fukoidan, alginat, laminarin (3:1:1) ve diğer türevlerinden oluşmaktadır [16]. Yeşil, kahverengi ve kırmızı alglerden elde edilen sülfatlı polisakkaritlerin antioksidan aktivitesi son on yıldır çeşitli araştırmacılar tarafından çalışılmaktadır. Çoğu sülfatlı polisakkaritlerin, ticari sentetik antioksidanlardan daha iyi antioksidan aktivite gösterdiği bildirilmiştir. Örneğin, yeşil alg (*Bryopsis plumose*)'lerden ekstrakte edilen sülfatlı heteropolisakkaritlerin bir grubunun C vitamini ile karşılaştırıldığında daha yüksek süperoksit indirgeme aktivitesine sahip olduğu görülmüştür [1, 3].

Sülfatlı polisakkaritlerin antioksidan aktivitesi; sülfat içeriği, sülfatın pozisyonu, molekül ağırlığı ve ekstraksiyon çözücüsünün tipine bağlı olarak değişmektedir [5, 20, 21]. Düşük molekül ağırlığına sahip polisakkaritler yüksek moleküllü polisakkaritler ile karşılaştırıldığında hücrede protonları daha etkili bir şekilde verebilmektedir [9]. Bu durum düşük molekül

ağırlığına sahip sülfatlı polisakkaritlerin daha yüksek antioksidan aktivite göstermesine olanak sağlamaktadır [1]. Fakat moleküler ağırlığı belirleyen en önemli faktörler şekerin yapısı ve glikozidik bağların tipidir [3].

Sülfatlı polisakkarit ve polifenollere ilave olarak, miyosporin benzeri aminoasit (MAAs), mannitol, alkoloidler, terpenler, askorbik asit, tokoferoller ve karotenoitlerin de (astaksantin ve fokoastaksantin) antioksidan etkiden sorumlu olan bileşenler olduğu tespit edilmiştir [2, 3, 21, 22, 23]. Karotenoid pigmentlerin antioksidan aktiviteleri çoklu doymamış yapılarıyla ilişkilendirilmektedir [3, 5]. Mannitol kahverengi alglerin fotosentezle ürettikleri bir şeker alkoldür ve mannitol hidrat antioksidan özellik göstermektedir [3, 22].

Japonya'da, 25 makroalg türü %50'lik etanol ekstraksiyonu ile ekstrakte edilerek bu alglerin antioksidan aktiviteleri belirlenmiştir. En yüksek radikal indirgeme etkisi *Sargassum ringgoldianum* için tespit

edilmiştir. Florotaninin kimyasal yapısı tanımlanmış, kısmen florotanince zengin fraksiyonun süperoksit anyon radikaller üzerine önemli temizleme etkisi olduğu görülmüştür. Bu etkinin kateşinin etkisinden beş kat daha fazla olduğu bildirilmektedir [24, 25].

*Fucus vesiculosus*, 22°C suda asit ve alkali dilusyonu ile ekstrakte edilmiştir. Özütlerin doğal şeker, üronik asit, sülfat, bir kısım protein ve polifenollerden oluştuğu belirlenmiştir. Temel doğal şekerler fukoz, glukoz, galaktoz ve ksiloz'dur. Fukoz içeren asit özüt dilusyonunun en yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu belirlenmiştir [6, 26]. Başka bir karşılaştırmalı çalışmada, 16 makroalg lipofilik özütlerinin antioksidan aktiviteleri gaz kromatografi ve gaz kromatografi kütle spektrofotometresi ile analiz edilmiştir. Seçilen makro alglerin dietil eter özütleri antioksidan aktivitelerinin çeşitliliğini ortaya koymuştur. BHT ile mukayese edildiğinde, en yüksek aktivite

Tablo 1. Antioksidan maddelerin kaynağı olarak makroalg türleri ve bu türlerde bulunan antioksidatif bileşenler

Aktif bileşen	Makroalg Türü	Sınıf	Kaynaklar		
Fenoller	<i>Ascophyllum nodosum</i>	Phaeophyceae	[2, 22, 26, 31, 32]		
	<i>Ecklonia cava</i>				
	<i>Fucus serratus</i>				
	<i>Fucus vesiculosus</i>				
	<i>Sargassum mangarevense</i>				
	<i>Sargassum siliquastrum</i>				
	<i>Pelvetia canaliculata</i>				
	<i>Turbinaria ornata</i>				
	<i>Kappaphycus alvarezii</i>				
	<i>Palmaria palmata</i>			Rhodophyceae	[10, 21, 33]
<i>Rhodomela confervoides</i>					
Polifenoller	<i>Fucus vesiculosus</i>	Phaeophyceae	[19, 34, 35]		
	<i>Laminaria sp.</i>				
	<i>Laminaria ochroleuca</i>				
	<i>Undaria pinnatifida</i>				
Polisakkaritler	<i>Chondrus crispus</i>	Rhodophyceae	[20]		
	<i>Gelidella acerosa</i>				
	<i>Porphyra sp.</i>				
	<i>Porphyra umbilicalis</i>				
	<i>Sargassum pallidum</i>			Phaeophyceae	[1]
	<i>Bryopsis plumosa</i>			Chlorophyceae	[36]
Sülfatlı Polisakkaritler (Fukoidanlar)	<i>Sargassum thunbergii</i>	Phaeophyceae	[37]		
	<i>Sargassum polycystum</i>				
	<i>Dictyota cervicornis</i>				
	<i>Dictyopteris delicatula</i>				
	<i>Dictyota menstrualis</i>				
	<i>Dictyota mertensii</i>				
	<i>Laminaria japonica</i>				
	<i>Sargassum filipendula</i>				
	<i>Spatoglossum schroederi</i>				
	<i>Gracilaria caudata</i>			Rhodophyceae	[38, 39]
	<i>Porpyra haitanensis</i>				
	<i>Bryopsis plumose</i>				
	<i>Caulerpa cupressoides</i>				
	<i>Caulerpa prolifera</i>			Chlorophyceae	
<i>Caulerpa sertularioides</i>					
<i>Codium isthmocladum</i>					
<i>Enteromorpha linza</i>					
<i>Ulva pertusa</i>					

Tablo 1. Antioksidan maddelerin kaynağı olarak makroalg türleri ve bu türlerde bulunan antioksidatif bileşenler (Devam)

Aktif bileşen	Makroalg Türü	Sınıf	Kaynaklar
Fukoidan	<i>Sargassum sp.</i> <i>Fucus vesiculosus</i>		[40]
Fukan	<i>Padina gymnospora</i> <i>Hijikia fusiformis</i>		[41]
Fukoksantin Karatenoidler	<i>Sargassum elegans</i> <i>Sargassum sp.</i>		[29, 42, 43]
Steroller, Fukosterol	<i>Sargassum sp.</i>		[42]
Phylophoeophytin	<i>Eisenia bicyclis</i>	Phaeophyceae	[44]
Florotanninler (phloroglucinol, eckol, dieckol)	<i>Sargassum kjellmanianum</i> <i>Eisenia bicyclis</i> <i>Ecklonia kurome</i> <i>Ecklonia cava</i> <i>Eisenia bicyclis</i>		[45-48]
Floroglucinol	<i>Ecklonia cava</i> <i>Ecklonia stolonifera</i> <i>Ecklonia kurome</i>		[45, 47-49]
Lambda karragenan	<i>Gigartina acicularis</i> <i>Gigartina pisillata</i>		[41]
Kappa karragenan Iota karragenan	<i>Euclima cottonii</i> <i>Euclimia spinosa</i>		
Miyosporin benzeri aminoasit bileşimi (Palythine, Shinorine, Palythiol, Asterina-330, Porphyra-334, Usujirene)	<i>Palmaria palmata</i>	Rhodophyceae	[23]
Porphyra-334, Shinorine	<i>Porphyra yezoensis</i> <i>Porphyra rosengurtii</i>		
Asterina-330, Palythine	<i>Gelidium corneum</i>		[50, 51]
Shinorine	<i>Ahnfeltiopsis devoniensis</i>		
Kükürtlü asit içeren fitokimyasallar (2-etilheksil isoheksil ester, pentatriacontane, eugenol ve fitalik)	<i>Gracilaria corticata</i> <i>Gracilaria edulis</i>		[52]

### Deniz KAYNAKLI MAKROALG ÖZÜTLERİNİN *İN VİTRO* YÖNTEMLER KULLANILARAK ANTIOKSİDAN ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Antioksidan aktivitenin belirlenebilmesi için, basit ve güvenilir olan antioksidan yöntemler tercih edilmektedir. Yaygın olarak kullanılan *in vitro* yöntemler; hidrojen bağlarıyla serbest radikalleri yavaşlatma yeteneği ve bir elektron taşıma yeteneği gibi mekanizmalarına dayandırılarak gruplandırılmaktadır. Antioksidan kapasitesinin belirlenebilmesi için kullanılan *in vitro* yöntemler, farklı bileşenlerin potansiyelini kıyaslamak için kullanışlıdır ancak gıda sistemlerindeki performansı tahmin etmek için elverişli değildir. Substratın çeşidi, antioksidanın gıda maddesi içerisinde çözünürlüğü, faz dağılımı, gıda bileşenleriyle etkileşimi ve çevresel şartlar gibi farklı durumlardan etkilenen karmaşık heterojen sistemlerden dolayı kullanışlı olmamaktadır [16]. Bu nedenle, *in vitro* yöntemler genellikle bir bileşen ya da maddenin antioksidan kapasitesini belirlemek için kullanılmaktadır. Bunun için makroalglerde var olan antioksidan bileşenleri belirlemek için en sık olarak kullanılan *in vitro* antioksidan analiz yöntemleri, deniz kaynaklı

makroalglerden özüt elde etme yöntemleri ve kullanılan çözümler Tablo 2'de verilmiştir.

Bileşenin, elektron paylaşma yeteneğini ölçmek ve peroksidasyon oluşumunun azalmasını belirlemek için, azaltma kapasitesi testleri kullanılmaktadır. Demir azaltma antioksidan kapasitesi (FRAP) ve toplam fenolik bileşenlerin Folin-Ciocalteu metoduyla belirlenmesi en yaygın olarak kullanılan yöntemler arasında yer almaktadır [16].

Oksidasyonu engelleyen antioksidanların mekanizmalarından birisi de radikal süpürme etkisidir. 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazolin-6-sulfonik asit) (ABTS) ve 2,2-difenil-1 pikrilhidrazil (DPPH) radikallerinin süpürücü etkisini belirlemek için, Troloks eşdeğeri antioksidan kapasitesi (TEAC) ve DPPH testleri algler için yaygın olarak kullanılan yöntemlerdendir. TEAC, ortamdaki antioksidan varlığında radikal katyonun (ABTS<sup>•+</sup>) okside edilmesiyle renkte meydana gelen değişimin ölçülmesi sonucu antioksidan aktivitenin belirlenmesi temeline dayanan bir analizdir. Suda ve yağda çözülebilir gıda örneklerinin antioksidan kapasitesini belirlemek için kullanılır [53]. Bu aktivite yöntemi, ticari algal ürünler [54-56] ve farklı alglerin sulu ve etanolik özütleri için çeşitli araştırmacılar

tarafından kullanılmıştır [16, 57, 58]. DPPH, indirgeyici maddeleri değerlendirmek için serbest bir radikal olarak tercih edilen [59] ve bileşenlerin serbest radikal süpürücü aktivitelerinin araştırılması için kullanılan bir reaktiftir [17]. Radikal indirgeme, oksidasyonu engelleyen antioksidanların mekanizmalarından birisidir ve algler için kullanılan serbest radikalleri içeren (DPPH ve ABTS gibi) *in vitro* yöntemler arasında bulunmaktadır. DPPH radikalının absorpsiyonundaki azalma, radikalın renginin mordan yeşile dönüşmesi ile görsel olarak fark edilebilir bir durumdur. IC<sub>50</sub> (Tam engellemeyi sağlayacak konsantrasyonunun yarı değeri)'nin daha düşük değeri daha yüksek bir aktiviteyi göstermektedir [60]. DPPH, alg ve alg ürünlerinin doğal antioksidan değerlendirilmesi için yaygın olarak kullanılan stabil serbest radikallerden birisidir [61, 62]. Bu yöntem kullanılarak birçok makroalg türünün etanolik ve sulu özütlerinin antioksidan kapasitesi belirlenmiştir [13, 16, 63-66].

ORAC metodu, fluoreseinin varlığında oksidasyonu başlatan belirli peroksil radikallerini indirgeme kabiliyetini değerlendirerek makroalg özütlerinin antioksidan kapasitesini belirlemek için kullanılan diğer bir yöntemdir [67, 68]. Sıklıkla 2.2-azobis-(2-amidinopropan) dihidroklorid (AAPH), bir peroksil radikali üreticisi olarak kullanılır. ORAC yöntemi, kompleks reaksiyon mekanizmaları ve çoklu bileşenleri içeren gıda,

nutrasötik ve algler gibi ürünlerin antioksidan kapasitelerini belirlemek için yaygın bir şekilde kullanılmaktadır [69]. Bu aktivite yöntemi, farklı çözümlerle elde edilen çeşitli alg özütlerinin antioksidan kapasitesini belirlemek için kullanılmıştır [16, 54, 68, 70, 71].

Metal iyonu şelatlama yeteneği; metal iyonun şelatlanmasıyla ikincil ya da koruyucu antioksidan etkinin, yağlar ve metaller arasındaki etkileşimin engellenmesini yansıtmaktadır. Ortamda bakır ve demir gibi iyonik metallerin varlığı, oksidasyonun başlamasına ya da hızlanmasına neden olmaktadır. Bu gibi durumlarda, metal iyonunu şelatörlerinin bulunmasıyla oksidasyon yavaşlayabilir ya da durabilir. Antioksidan bileşenlerde var olan metal iyonu şelatlama yeteneği çeşitli spektrofotometrik yöntemlerle belirlenebilmektedir [16]. En yaygın olarak kullanılan, *in vitro* yöntemlerden hidroksil radikal testidir. Yapılan bir çalışmada; sistemde Fenton reaksiyonu sonucu üretildiği bilinen hidroksil radikalının, 5 makroalg (*Laminaria japonica*, *Porphyra haitanensis*, *Ulva pertusa*, *Enteromorpha linza* ve *Bryopsis plumose*) türünden ekstrakte edilen polisakkaritler tarafından uzaklaştırıldığı belirlenmiştir [38]. Demir iyonunu (Fe<sup>3+</sup>) indirgeme gücü antioksidan kapasitesi (FRAP) kullanılan diğer yöntemler arasında olup bazı araştırmacılar makroalg özütlerinin antioksidan kapasitesini belirlemek için kullanmışlardır (2, 18, 52).

Tablo 2. Deniz kaynaklı makroalglerden özüt elde etme yöntemleri, kullanılan çözümler ve *in vitro* antioksidan analiz yöntemleri

Ekstraksiyon Metodu	Kullanılan Çözgen	<i>In vitro</i> Yöntemler	Kaynak
5 farklı katı-sıvı ekstraksiyonu	Su, etanol, aseton, diklorometan, dietyl eter	DPPH, ABTS, TAC (Toplam antioksidan kapasitesi), FRAP	[18]
Oda sıcaklığında 130 rpm hızındaki çalkalayıcıda 16 saat bekletme	Metanol	DPPH, ABTS, FRAP, nitrik oksit radikali süpürme aktivitesi	[52]
Soxhlet ekstraksiyon	Metanol, Etanol, Su	DPPH, Demir iyonu şelatlama yeteneği, İndirgeme gücü analizi	[33]
40°C'de 3 saat süre ile karanlıkta bekletme	%60 Metanol ve %40 su karışımı	FRAP, DPPH	[2]
Bir gece çözümlerde bekletme	Ham özüt (Metanol), fraksiyonlar (hekzan, etil asetat, butanol ve sulu)	ABTS, Hidroksil radikali süpürme aktivitesi, Peroksil radikali süpürme aktivitesi	[56]
Oda sıcaklığında 200 rpm hızında çalkalayıcıda bir gece bekletme	%70 sulu aseton	DPPH, ORAC, Demir iyonu şelatlama yeteneği	[70]
2 farklı sıcak su kullanımı ile ekstraksiyon (Birincisi; kaynayan distile su içerisinde 3 saat bekletilerek, ikincisi; 100 mL distile suda 120°C'de 3 saat otoklavlanarak)	Distile su	DPPH, Hidroksil radikali süpürme aktivite analizi, Oksijen (O <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) süpürme analizi	[72]
Oda sıcaklığında bekletme	Metanol	Hidroksil radikali süpürme aktivite analizi, DPPH, ABTS, İndirgeme gücü analizi, Geçişli metal iyonu şelatlama aktivitesi	[10]
4 farklı ekstraksiyon yöntemi (90°C'de su ekstraksiyonu, 121°C'de sterilizasyon, Homojenizasyon ve Enzimatik hidroliz)	Su	DPPH, İndirgeme gücü analizi, Süperoksit anyon süpürme aktivitesi, Demir iyonu şelatlama aktivitesi	[73]
Oda sıcaklığında bir gece bekletilip ve 2800 rpm'de 10 dakika süre ile santrifüjleme ile	Su ve Etanol	DPPH, Demir şelatlama aktivitesi, İndirgeme gücü analizi	[13]
Çözgen içerisinde 60°C'de 2 saat süre bekletildikten sonra 18.500 g'de 24°C'de 10 dakika santrifüjleme ile	Etanol	DPPH, Hidroksil radikali süpürme aktivite analizi, İndirgeme gücü analizi	[13]
6 saat süre ile oda sıcaklığında soxhlet cihazı yardımıyla	Etil asetat, Metanol, Propanol, Aseton ve Su	DPPH, İndirgeme gücü analizi, Demir iyonu şelatlama aktivitesi, Süperoksit anyon süpürme aktivitesi	[13]

## DENİZ KAYNAKLI MAKROALG ÖZÜTLERİNİN ANTIOKSİDAN ÖZELLİKLERİ

Makroalg türlerindeki farklılıklara bağlı olarak, algal özütlerin antioksidan kapasitesinin de farklı olduğu yapılan çalışmalar sonucunda rapor edilmektedir. Kahverengi makroalglerin, yeşil ve kırmızı makroalgelere göre daha iyi antioksidan kapasiteye sahip olduğu çeşitli çalışmalarda bildirilmektedir. Özellikle, *Fucus vesiculosus*, *Ecklonia cava* ve *Sargassum ringgoldianum* gibi bazı türlerin yüksek antioksidan kapasiteye sahip oldukları rapor edilmiştir [25]. Çalışmalar arasında, makroalg özütlerinin antioksidan kapasitesinin birbirleri ile kıyaslanması büyük farklılıklar göstermesinden dolayı zor olmaktadır. Bu farklılıklar; mevsim, çevresel ve genetik faktörler ve ekstraksiyon metodunun farklılığı gibi nedenlerden kaynaklanmaktadır [68, 74]. Tüm bu nedenlere rağmen, makroalglerden elde edilen özütlerin antioksidan bileşenlerin zengin bir kaynağı olduğu çeşitli araştırmacılar tarafından rapor edilmektedir [1, 13, 17, 26, 30, 38, 39, 63, 68, 72, 75, 76]. Aynı zamanda araştırmacılar bu özütlerin; ticari antioksidan olarak kullanılan BHA, BHT ve  $\alpha$ -tokoferol gibi maddelerle eşit ya da daha iyi etkiye sahip olduğunu belirtmekte ve algal özütlerin gıda formülasyonlarında kullanılmasını tavsiye etmektedirler [77, 78].

Kahverengi makroalglerin yedi türünden enzimatik yöntemler kullanılarak elde edilen özütlerin, reaktif oksijen türü (ROS)'nün temizlik etkisini belirlemek için dört farklı antioksidan aktivite yöntemi (DPPH serbest radikali, süperoksit anyon, hidroksil radikali ve hidrojen peroksit) kullanılarak değerlendirilmiştir. Suda çözülebilir özütler hazırlamak için, 5 farklı karbonhidrat ve protein enzimi kullanılarak, enzimatik olarak hidrolize edilmiştir. Enzimatik özütlerin hidrojen peroksit temizlik aktivitesinin yaklaşık olarak %90 etkiye sahip olduğu belirtilmekte ve ayrıca ticari antioksidan olarak kullanılan BHT ve BHA'dan daha yüksek aktivite gösterdikleri ifade edilmektedir. Kahverengi makroalglerin enzimatik özütlerinin değerli antioksidan kaynaklar olabileceği bildirilmektedir [75].

Kahverengi alglerden *Scytosiphon lomentaria* Japonya'nın Noto bölgesinde geleneksel gıda olarak tüketilmektedir. Makroalgün sulu özütünün toplam fenol içeriği 5.5 mg kateşin eşdeğeri bulunmuş olup, güçlü bir antioksidan aktivite gösterdiği bildirilmektedir. Fakat etanolik özütünün antioksidan aktivitesi sulu özüt ile karşılaştırıldığında ya çok az bir fark olduğu ya da hiç olmadığı belirlenmiştir. Antioksidan aktivitesi sadece demir şelatlama yöntemi ile değil aynı zamanda süperoksit anyon radikali indirgeme yöntemi ile de belirlenmiştir [6, 79].

Ganesan ve ark. [4], Hindistan kırmızı alglerinden (*Euchema kappaphycus*, *Gracilaria edulis* ve *Acanthophora spicifera*) sağlanan metanolik özütlerin ve onların farklı çözgen fraksiyonlarının antioksidan özelliklerini araştırmışlardır. Kullanılan makroalglerin ham özütleri ve fraksiyonlarının antioksidan aktivite sergilediklerini ve bu özütlerin doğal antioksidan bileşenlerin bir kaynağı olarak kullanılabileceğini önermektedirler. Toplam (metanol) özütten sağlanan

farklı çözgen fraksiyonlarının sonuçları toplam özütle kıyaslandığında daha yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda türlerin antioksidan aktivitelerinin doza bağlı olarak değiştiğini ve özütlerin konsantrasyonlarının artmasıyla antioksidan aktivitenin de arttığı bildirmektedirler. Makroalglerde bulunan biyoaktif bileşenlerin, farklı gıda ve eczacılık ürünlerinde doğal antioksidan madde olarak kullanılmasının büyük bir potansiyele sahip olduğu ve ileride büyük bir atılım olarak beklendiği bildirilmektedir.

İzlanda'daki makroalglerin on türü üzerinde %70 aseton ve su karışımı kullanılarak ekstrakte edilen alglerin potansiyel antioksidan aktiviteleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, farklı makroalg türleri farklı oranlarda toplam fenolik madde ve antioksidan aktiviteye sahip olduğu belirlenmiştir. Üç fukoid türün (*F. vesiculosus*, *F. serratus*, ve *A. nodosum*) DPPH ve peroksil radikallere (demir şelatlama kabiliyeti) karşı en yüksek temizleme aktivitesi gösterdiği saptanmıştır [25, 70].

El-Baky ve ark. [80], *Ulva lactuca* türünün diklorometan: metanol (1:1 v/v) özütlerinin ve piyasada kullanılan bazı sentetik antioksidanların, antioksidan aktivitesini DPPH yöntemi kullanarak belirlemişlerdir. Araştırmacılar IC<sub>50</sub> değerini *Ulva lactuca* özütleri için 16.50 mg/mL, BHA için 13.10 mg/mL, BHT için 12.20 mg/mL ve  $\alpha$ -tokoferol için 14.40 mg/mL olarak tespit etmişlerdir. *Ulva lactuca* özütleri sentetik antioksidanlarla (BHA, BHT ve  $\alpha$ -tokoferol) kıyaslandığında antioksidan etkisinin çok iyi olduğunu ve insan sağlığı açısından zararlı etkileri bulunan bu sentetik antioksidanlar yerine doğal antioksidanlar olarak bu özütlerin tercih edilebileceğini belirtmektedirler.

## DENİZ KAYNAKLI MAKROALG ÖZÜTLERİNİN YAĞ OKSİDASYONUNA KARŞI GIDALARDA KORUYUCU MADDE OLARAK KULLANIMI

Yağlı gıdaları, duyuusal ve besinsel bileşen özelliklerini kaybetmemeleri için oksidasyona karşı korumak temel bir unsurdur [16]. Bunun için gıdalarda doğal ve sentetik antioksidan maddeler kullanılmaktadır. Yağ stabilite testlerinde kullanılan çoğu metot, sıcaklıkla hızlandırılmış depolama ve radikaller kullanılarak gerçek olmayan şartları kapsamına rağmen yağ peroksidasyonlarından korumanın bir değerlendirmesini sağlamaktadır. Peroksit değeri (lipid oksidasyonunun birincil ürünleri olan hidroperoksitlerin içeriğinin ölçülmesi), konjuge-dien (yağ asitlerinin otooksidasyonunun göstergesi), para-anisidin değeri (hidroperoksitlerin dekompozisyonu ile açığa çıkan ikincil ürünlerin ölçülmesi), tiyobarbutirikasit-reaktif maddeler (çoklu doymamış yağ asitlerinin ikincil dekompozisyon ürünleri ve malonaldehit miktarını ölçmek) ve uçucu bileşenler (ürün kalitesi ve istenmeyen lezzetin gelişimi ile ilgili) gibi farklı analizlerle gıdalarda oksidasyon dereceleri belirlenebilmektedir [16]. Araştırmacılar tarafından yapılan gıda ve gıda model sistemlerinde makroalg özütlerinin kullanımı ile ilgili çalışmalar Tablo 3'te verilmektedir.

Athukorala ve ark. [78], deniz kaynaklı kırmızı makroalg türü olan *Grateloupia filicina* özütünün 65°C sıcaklıkta tutulan balık yağı ve linoleik asitler üzerine antioksidan aktivitesini değerlendirmişlerdir. Linoleik asit ve balık yağına uygulanan bu algal özüt (%0.01, %0.03 ve %0.05), BHT, BHA ve  $\alpha$ -tokoferol gibi ticari antioksidanların %0.01 konsantrasyonlarıyla kıyaslanmıştır. %0.05 konsantrasyonu uygulanan alg özütünün balık yağı ve linoleik asidin oksidasyonunun engellenmesinde kullanılan tüm ticari antioksidanlardan daha iyi aktivite gösterdiği bildirilmiştir.

Santoso ve ark. [81], Endonezya makroalglerinden (*Caulerpa sertularoides*, *Cladophoropsis vauchaeriaeformis*, *Halimeda macroloba*, *Ulva reticulata*, *Padina australis*, *Sargassum polycystum* ve *Turbinaria conoides*) sağlanan metanolik özütlerinin ringa balığı yağı emülsiyon sisteminde antioksidan aktiviteleri üzerine yaptıkları çalışmada, yağ oksidasyonunu peroksit değeri ve demir iyonu şelatlama etkisi analizleri ile 50°C'de bekletilen örneklerde 3. ve 24. saat sonunda yaptıkları ölçümler ile belirlemişlerdir. Demir iyonunun varlığında 3 saat inkübasyon sonrası ve demir iyonu içeren ve içermeyen yağ emülsiyonlarının 24 saat inkübasyon sonrası, kontrol grubu ile kıyaslandığında makroalg özütlerinin peroksit değerini önemli düzeyde geciktirdiğini saptamışlardır. Demir iyonunun yokluğunda inkübasyonun 3. saatinde, 4 makroalg özütünün (*C. vauchaeriaeformis*, *U. reticulata*, *S. polycystum* ve *T. conoides*) pro-oksidan olarak etki gösterdiğini belirlemişlerdir. Araştırmacılara göre; makroalglerden sağlanan metanol özütleri sadece polifenolik bileşenleri değil aynı zamanda çoklu doymamış yağ asitleri (EPA vb.), mineral (bakır, demir vb.) ve pigment (klorofil vb.) gibi diğer bileşenleri de içermektedir. Bu bileşenler, polifenolik bileşenlerle interaksyona girebilmekte ya da direkt olarak emülsiyon sistemlerini etkilemektedir. Bu nedenle, bir pro-oksidan gibi etki gösterebilmektedir. Dahası, fenolik bileşenlerin antioksidan aktivitesi lipid sistemlerine, metal katalizleme etkisine, sıcaklığa, antioksidanın konsantrasyon oranına ve oksidasyon düzeyini belirlemek için kullanılan metoda bağlı olarak değişmektedir. Araştırmacılar, bu çalışma ile demir katalizörü polifenolik bileşenlerin antioksidan ya da pro-oksidan olarak etki göstermesinin önemli bir role sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Makroalglerin ham özütlerinin sadece antioksidatif bileşenleri değil aynı zamanda pro-oksidatif bileşenleri de içerdiğini ve pro-oksidan bileşenlerin küçük bir miktarı varsa bile oksidasyonun başlangıcını etkileyebildiğini bildirmektedirler. Yapılan bu çalışma ile demir katalizörünün, antioksidan ya da prooksidan olarak görev almasının polifenolik bileşenlerin rolleri üzerine önemli bir etkiye sahip olabileceği belirtilmektedir.

Kindleysides ve ark. [68], Yeni Zellanda mezgit (*Macruronus novaezealandiae*) karaciğer yağlarının içerisinde doğal antioksidan madde olarak Yeni Zellanda makroalg (*Ecklonia radiata*, *Macrocystis pyrifera*, *Champia sp.* ve *Porphyra sp.*) özütlerini ve sentetik bir antioksidan madde olan BHT'yi aynı konsantrasyonlarda eklemiş ve lipid oksidasyonu üzerine etkilerini belirlemek için 60°C sıcaklıkta hızlı oksidasyon sağlayarak

oksidasyon değişimlerini incelemişlerdir. Tüm makroalg özütlerinin balık yağlarında oksidasyonu engellediğini belirlenmiş ve en iyi özütün kahverengi bir alg olan *E. radiata* olduğunu ve balık yağında antioksidan madde olarak makroalg özütlerinin sentetik antioksidanlar yerine kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Moroney ve ark. [82], kahverengi makroalgden (*Laminaria digitata*) elde edilen laminarin (%9.3) ve fukoidan (%7.8) içeren püskürtmeli kurutucu ile kurutulan özütler %0.01, %0.1 ve %0.5 oranlarında domuz kıymasına eklemişlerdir. Taze ve pişirilmiş domuz kıyması, %80 O<sub>2</sub>: %20 CO<sub>2</sub> ve %70 N<sub>2</sub>: %30 CO<sub>2</sub> içeren modifiye atmosferde paketlenerek 14 gün 4 °C'de depolanmışlardır. Taze ve pişmiş domuz köftelerinin lipid oksidasyon düzeyleri TBARS yöntemi ile belirlenmiş ve depolama süresince tüm gruplarda TBARS değeri yükselmiştir. Taze domuz köftelerinde TBARS değerindeki artış; %0.5 laminarin/fukoidan (L/F) içeren grup > %0.1 L/F içeren grup > Kontrol > %0.01 L/F içeren grup > çay kateşini içeren grup olarak belirlenmiştir. Depolama günlerinde kontrol grupları (kontrol ve çay kateşini içeren pozitif kontrol) ve özüt muamele grupları (%0.1 L/F ve %0.01 L/F) arasında istatistiki olarak herhangi bir farklılık gözlenmemiştir. Çay kateşini içeren domuz köftelerinin lipid oksidasyon düzeyinin en düşük grup olduğu tespit edilmiştir. %0.5 L/F içeren taze domuz köftelerinin her ölçüm gününde en yüksek TBARS değerine sahip olarak lipidler üzerinde pro-oksidan etkiye neden olduğu saptanmıştır. Pro-oksidan etki eşit düzeyde tuz içeren domuz köftelerinde de gözlenmiştir. %0.5 L/F grubunda sodyum varlığının taze domuz köftelerinde lipid oksidasyonun katalizinden sorumlu olabileceği düşünülmektedir. L/F özütleri aynı zamanda et ürünlerinde lipid oksidasyonunu arttırdığı bilinen demir (250 mg/kg kuru madde üzerinden) ve bakır (20 mg/kg kuru madde üzerinden) gibi mineral maddeleri de içermektedir [82]. Özellikle demir gibi geçişli metaller direkt ya da diğer başlangıç faktörlerinin oluşumunu kolaylaştırarak dolaylı olarak lipid oksidasyonunu başlatabilir. Metaller aynı zamanda lipid hidroperoksitlerin yıkımını katalizleyerek lipid oksidasyonunun yayılımında rol oynamaktadır ve demir, et ürünlerinde oksidatif ransiditenin temel katalizörüdür [82]. L/F özütlerinde bulunan mineral maddelerin, taze domuz köftelerinde lipid oksidasyonunun katalizörlüğünden sorumlu olabileceği bildirilmektedir [82]. Özütlerde bulunan pro-oksidan bileşenler (sodyum, bakır ve demir) lipid oksidasyonu üzerine pro-oksidan bir etki yaptığı belirtilmektedir. Bununla birlikte, %0.01 düzeyinde L/F özütleri içeren grup diğer muamele gruplarının tersine domuz köftelerinin kabul edilebilirliği, tekstürü, rengi ve lipid oksidasyonunu olumlu yönde etkilediği belirlenmiştir. Et ürünlerinde rafine edilmiş ya da saflaştırılmış laminarin ve fukoidanın etkilerini incelemek için daha fazla araştırma yapma gerekliliğinin olduğu bildirilmektedir [82].

Wang ve ark. [83], doğal orjinli potansiyel antioksidan aktiviteye sahip olan bileşiklerin gıdalarda oksidatif yıkımın geciktirilmesi, gıda güvenliğinin artırılması bakımından kullanılabileceğini belirtmektedirler. Ancak, hayvan ya da gıda modelleri kullanılarak *in vivo* yolla mekanizmanın tanımlanması ve aktif bileşiklerin

karakterizasyonu, saflaştırılması, fraksiyonları ve detaylı olarak araştırılıp, açıklığa kavuşturulmasının ekstraksiyonun optimizasyonu gibi konuların gelecekte gerekli olduğunu belirtmektedirler [3].

Tablo 3. Deniz kaynaklı makroalg özütlerinin gıda ve gıda model sistemlerinde kullanımı

Gıdalarda Makroalg Özütlerinin Kullanımı	Sonuç	Kaynaklar
Ferrotiyosiyanat reaktifini içeren bir ortamda linoleik asidin oksidasyonu üzerine <i>Kappaphycus alvarezii</i> özütünün antioksidan etkisi araştırılmıştır.	<i>K. alvarezii</i> özütünün pozitif kontrol olarak kullanılan BHT'den daha yüksek engelleyici bir etki gösterdiği tespit edilmiştir.	[33]
Linoleik asit emülsiyon modelinde, dulce ( <i>Palmaria palmata</i> ) metanol özütünün antioksidan etkisi araştırılmıştır.	Dulce özütünün lipit oksidasyon ürünlerinin (TBARS ve konjuge-dien gibi) üretimini engellenmesinde etkili olduğu bildirilmektedir.	[10]
16 farklı makroalg özütünün gerçek gıda sistemlerinde (balık yağı, yağ-su emülsiyonları ve balık kıyması) antioksidan aktivitelerini test etmişlerdir.	<i>Fucus</i> türleri ve <i>Polysiphonia fucoides</i> türü <i>in vitro</i> testlerde en yüksek antioksidan ve fenolik içeriği göstermiştir. Bununla birlikte, <i>Fucus serratus</i> özütünün test edilen gerçek gıda sistemlerinin tümünde başarısız olduğu ancak sürpriz bir şekilde <i>P. fucoides</i> özütünün test edilen tüm gıda sistemlerinde ve balık yağının, 60 °C sıcaklık ve yüksek oksijen basıncına rağmen oksidasyonu önlemede etkili olduğu tespit edilmiştir.	[84]
Balık yağı ile zenginleştirilmiş mayonezlere lipit oksidasyonu engellemek için <i>Fucus vesiculosus</i> 'un 4 farklı (aseton, etanol ve 2 farklı su) özütü eklenmiştir.	Aseton ve etanol özütlerinin gıdalarda kullanılan sentetik antioksidanların yerine kullanılması konusunda umut verici sonuçlar bulunmuştur.	[85]
Morina balığı yan ürünlerinden enzimatik hidrolizle hazırlanan balık protein hidrolizatlarına <i>Fucus vesiculosus</i> özütleri eklenmiş ve tiyobarbitürik asit reaktif madde (TBARS) ve lipit hidroperoksidaz analiz yöntemleri ile lipit oksidasyonu üzerine etkileri araştırılmıştır.	Oksidasyon ve antioksidan analiz sonuçları, makroalg özütlerinin işleme sırasında koruma etkisi gösterdiği belirlenmiştir. Kahverengi makroalgden elde edilen polifenollerin kombinasyonu ile hazırlanan balık protein hidrolizatının, fonksiyonel gıda ve nutrasötik bileşenler olarak hayli uygun olduğu ve bu yöntemle düşük değerli olan hidrolizatların yüksek değerli hale getirildiği belirtilmektedir.	[86]
<i>Fucus serratus</i> ve <i>Polysiphonia fucoides</i> makroalglerinden saf etanol, %50 etanol ve su özütleri elde edilmiştir. Suyun içerisinde %5 yağ içeren emülsiyonlarda demir varlığında ve yokluğunda algal özütlerin antioksidan aktivitesini araştırmışlardır.	<i>P. fucoides</i> 'in %50 etanol özütünün demirin varlığında ve yokluğunda <i>in vitro</i> testlerde en yüksek aktiviteyi gösterdiği, analizlerin bazılarında çok yüksek antioksidan aktivite ve fenolik madde içermesine rağmen her iki makroalgden saf etanol özütlerinin pro-oksidan etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak; <i>P. fucoides</i> 'in %50 etanolik özütün BHT gibi sentetik antioksidanlara benzer antioksidan aktiviteye sahip olduğu ve doğal antioksidanların potansiyel kaynağı olabileceği rapor edilmiştir.	[87]
<i>Fucus vesiculosus</i> makroalginden ekstrakte edilen su özütü ve etil asetat fraksiyonlarının antioksidan aktivitesi balık yağı ile zenginleştirilmiş gıdalarda (süt ve mayonez) değerlendirilmiştir.	<i>F. vesiculosus</i> 'un özütlerinin gıdalarda antioksidan olarak kullanımının gıda sistemlerine bağlı olarak farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Aynı zamanda antioksidan etkinin konsantrasyona bağlı olarak değiştiği, yüksek fenolik madde ve karotenoid madde içeriği, metal şelatlama aktivitesi, radikal süpürme aktivitesiyle ilgili olduğu bildirilmektedir.	[88]
Deniz kaynaklı gıda model sistemlerinde oksidasyonu önlemek için <i>Fucus vesiculosus</i> özütü ve morina protein hidrolizatının yeterliliğini tahmin etmek için <i>in vitro</i> antioksidan analizlerinin verimi araştırılmıştır. Bunun için yıkanmış morina kıymaları ve demir içeren morina karaciğer yağı emülsiyonunun lipit oksidasyonuna karşı <i>Fucus vesiculosus</i> 'un etil asetat özütü ve morina hidrolizatı eklenmiştir.	Balık yağı emülsiyonları için protein hidrolizatlarının, morina kıymaları için ise <i>F. vesiculosus</i> özütlerinin lipit oksidasyonuna karşı antioksidan madde olarak mükemmel bir potansiyele sahip olduğu rapor edilmiştir.	[89]
<i>Fucus serratus</i> ve <i>Polysiphonia fucoides</i> makroalglerinden sağlanan saf etanol, %50 etanol ve su özütleri uskumru kıymasına eklenerek lipit ve protein oksidasyonu üzerine etkileri incelenmiştir.	En iyi antioksidatif etkiyi <i>P.fucoides</i> 'in %50 etanol özütünün gösterdiği saf etanol özütlerinin her iki türde de pro-oksidan etki gösterdiği ve su özütlerinin düşük fenolik içeriğinden dolayı antioksidan aktivite göstermediği bildirilmiştir.	[90]

## SONUÇ

Gıda içerisinde bulunan yağlarda meydana gelen oksidasyon önemli kimyasal kalite parametrelerinden biridir. Oksidasyona uğramış yağlar sadece istenmeyen lezzet ve kokunun oluşmasına yol açmaz aynı zamanda canlı vücut sistemlerinde istenmeyen hastalıklara da neden olabilmektedir. Yağ oksidasyonunun engellenmesi gıdaların raf ömrünün uzaması ve insanlarda

hastalıkların önlenmesinde yardımcı bir etken olmasından dolayı önemlidir. Günümüzde, gıdalarda doğal ve sentetik antioksidan maddelerin kullanımı, ilgili otoriteler tarafından yasal sınırlamalar getirilerek maksimum limitleri belirlenmiştir. Son zamanlarda, tüketicilerin daha da bilinçlenmesi ve tükettikleri gıdanın içerisinde bulunan koruyucu maddelerin sentetik mi yoksa doğal mı olduğunu sorgulamaya başlamasından ve sentetik antioksidan maddelerin sağlık açısından



zararlı olabileceği şüphesi ile gıda sektöründe doğal antioksidan maddelerin kullanımına yönelik eğilimler artmaktadır. Bu nedenle; makroalg özütlerinde var olan bu doğal antioksidan bileşenler üzerine saflaştırma çalışmaları ya da ham özütün kullanılabilirliği, özellikleri, kimyasalın etki mekanizması ve uygulamalı sistemlerde mekanizması, makroalglerin antioksidan kapasitelerini ve gıdalarda kullanımını daha iyi anlamamızı sağlayacaktır. Şu ana kadar yapılan çalışmaların gelecek için umut verici sonuçlarına dayanarak, deniz kaynaklı makroalg özütlerinin antioksidan maddelerin doğal bir kaynağı olarak gıdalarda kullanımının yaygınlaşacağı kanaatindeyiz.

## KAYNAKLAR

- [1] Song, H., Zhang, Q., Zhang, Z., Wang, J. (2010). *In vitro* antioxidant activity of polysaccharides extracted from *Bryopsis plumosa*. *Carbohydrate Polymers* 80(4), 1057-1061.
- [2] O'sullivan, A.M., O'callaghan, Y.C., O'grady, M.N., Queguineur, B., Hanniffy, D., Troy, D.J., Kerry, J.P., O'brien, N.M. (2011). *In vitro* and cellular antioxidant activities of seaweed extracts prepared from five brown seaweeds harvested in spring from the west coast of Ireland. *Food Chemistry*, 126(3), 1064-1070.
- [3] Samaraweera, A.M., Vidanarachchi, J.K., Kurukulasuriya, M.S. (2012). Industrial Applications of Macroalgae. In: Handbook of Marine Macroalgae. Biotechnology and Applied Phycology, Edited by Kim, S.K., Wiley-Blackwell Publishing Ltd., pp. 500-521, Oxford, United Kingdom.
- [4] Ganesan, P., Kumar, C.S., Bhaskar, N. (2008). Antioxidant properties of methanol extract and its solvent fractions obtained from selected Indian red seaweeds. *Bioresource Technology*, 99(8), 2717-2723.
- [5] Ngo, D.H., Wijesekara, I., Vo, T.S., Ta, Q.V., Kim, S.K. (2011). Marine food-derived functional ingredients as potential antioxidants in the food industry: an overview. *Food Research International*, 44(2), 523-529.
- [6] Venugopal, V. (2009). Marine products for healthcare. Functional and bioactive nutraceutical compounds from the ocean. CRS press, Taylor and Francis group, pp. 527, Boca Raton, FL.
- [7] Pokorny, J. (1991). Natural antioxidants for food use. *Trends in Food Science and Technology*, 2, 223-227.
- [8] Kitts, D.D. (1996). Toxicity and safety of fats and oil. In: Baileys Industrial Oil and Fat Products, Edited by Hui, Y.H., 5<sup>th</sup> Edition, Vol. 1, Wiley-Interscience, p. 215-280, New York, USA.
- [9] Wijesekara, I., Pangestuti, R., Kim, S.K. (2011). Biological activities and potential health benefits of sulfated polysaccharides derived from marine algae. *Carbohydrate Polymers*, 84(1), 14-21.
- [10] Yuan, Y.V., Bone, D.E., Carrington, M.F. (2005). Antioxidant activity of dulse (*Palmaria palmata*) evaluated *in vitro*. *Food Chemistry*, 91(3), 485-494.
- [11] Akyıl, S., İlter, I., Koç, M., Kaymak-Ertekin, F., 2016. Alglerden Elde Edilen Yüksek Değerlikli Bileşiklerin Biyoaktif/Biyolojik Uygulama Alanları. *Akademik Gıda*, 14(4), 418-423.
- [12] Bergman, M., Perelman, A., Dubinsky, Z., Grossman, S. (2003). Scavenging of reactive oxygen species by a novel glucuronated flavonoid antioxidant isolated and purified from spinach. *Phytochemistry*, 62(5), 753-762.
- [13] Sabeena Farvin, K.H., Jacobsen, C. (2013). Phenolic compounds and antioxidant activities of selected species of seaweeds from Danish coast. *Food Chemistry*, 138(2-3), 1670-1681.
- [14] O'sullivan, A.M., O'callaghan, Y.C., O'grady, M.N., Hayes, M., Kerry, J.P., O'brien, N.M. (2013). The effect of solvents on the antioxidant activity in CaCO<sub>2</sub> cells of Irish brown seaweed extracts prepared using accelerated solvent extraction (ASE). *Journal of Functional Foods*, 5(2), 940-948.
- [15] Cox, S., Turley, G.H., Rajauria, G., Abu-Ghannam, N., Jaiswal, A.K. (2014). Antioxidant potential and antimicrobial efficacy of seaweed (*Himantalia elongata*) extract in model food systems. *Journal of Applied Phycology*, 26(4), 1823-1831.
- [16] Balboa, E.M., Conde, E., Moure, A., Falque, E., Dominguez, H. (2013). *In vitro* antioxidant properties of crude extracts and compounds from brown algae. *Food Chemistry*, 138(2-3), 1764-1785.
- [17] Duan, X.J., Zhang, W.W., Li, X.M., Wang, B.G., (2006). Evaluation of antioxidant property of extract and fractions obtained from a red alga, *Polysiphonia urceolata*. *Food Chemistry*, 95(1), 37-43.
- [18] Dinh, T.V., Saravana, P.S., Woo, H.C., Chun, B.S., (2018). Ionic liquid-assisted subcritical water enhances the extraction of phenolics from brown seaweed and its antioxidant activity. *Separation and Purification Technology*, 196, 287-299.
- [19] Jimenez-Escrig, A., Jimenez-Jimenez, I., Pulido, R., Saura-Calixto, F. (2001). Antioxidant activity of fresh and processed edible seaweeds. *Journal of Science of Food and Agriculture*, 81, 530-534.
- [20] Ye, H., Wang, K., Zhou, C., Liu, J., Zeng, X. (2008). Purification, anti-tumor and antioxidant activities *in vitro* of polysaccharides from the brown seaweed *Sargassum pallidum*. *Food Chemistry*, 111, 428-432.
- [21] Wang, B.G., Zhang, W.W., Duan, X.J., Li, X.M., 2009a. *In vitro* antioxidative activities of extract and semi-purified fractions of the marine red alga, *Rhodomela confervoides* (Rhodomelaceae). *Food Chemistry*, 113(4), 1101-1105.
- [22] Zubia, M., Payri, C., Deslandes, E. (2008). Alginate, mannitol, phenolic compounds and biological activities of two range-extending brown algae, *Sargassum mangarevense* and *Turbinaria ornata* (Phaeophyta: Fucales), from Tahiti (French Polynesia). *Journal of Applied Phycology*, 20(6), 1033-1043.
- [23] Yuan, Y.V., Westcott, N.D., Hu, C., Kitts, D.D. (2009). Mycosporine-like amino acid composition of the edible red alga, *Palmaria palmata* (dulse) harvested from the west and east coasts of Grand Manan Island, New Brunswick. *Food Chemistry*, 112(2), 321-328.

- [24] Nakai, M., Kageyama, N., Nakahara, K., Miki, W., (2006). Phlorotannins as radical scavengers from the extract of *Sargassum ringgoldianum*. *Marine Biotechnology*, 8(4), 409-414.
- [25] Wang, T., Olafsdottir, G., Jonsdottir, R., Kristinsson, H.G., Johannsson, R. (2011). Functional and nutraceutical ingredients from marine macroalgae. In: Handbook of Seafood Quality, Safety and Health Applications, Edited by Alasalvar, C., Miyashita, K., Shahidi, F. and Wanasundara, U., Wiley-Blackwell Publishing Ltd., pp. 508-521, Oxford, UK.
- [26] Lim, S.N., Cheung, P.C.K., Ooi, V.E.C., Ang, P.O. (2002). Evaluation of antioxidative activity of extracts from a brown seaweed, *Sargassum siliquastrum*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(13), 3862-3866.
- [27] Huang, H.L., Wang, B.G. (2004). Antioxidant capacity and lipophilic content of seaweed collected from the Qingdao coastline. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(16), 4993-4997.
- [28] Koyanagi, S., Tanigawa, N., Nakagawa, H., Soeda, S., Shimeno, H. (2003). Oversulfation of fucoidan enhances its anti-angiogenic and anti-tumor activities. *Biochemical Pharmacology*, 65(2), 173-179.
- [29] Yan, X., Chuda, Y., Suzuki, M., Nagata, T. (1999). Fucoxanthin as the major antioxidant in *Hijikia fusiformis*, a common edible seaweed. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 63(3), 605-607.
- [30] Ruperez, P., Ahrazem, O., Leal, J.A. (2002). Potential antioxidant capacity of sulfated polysaccharides from the edible marine brown seaweed *Fucus vesiculosus*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(4), 840-845.
- [31] Senevirathne, M., Kim, S.H., Siriwardhana, N., Ha, J.H., Lee, K.W., Jeon, Y.J. (2006). Antioxidant potential of *Ecklonia cava* on reactive oxygen species scavenging, metal chelating, reducing power and lipid peroxidation inhibition. *Food Science and Technology International*, 12, 27-38.
- [32] Keyrouz, R., Abasq, M.L., Le Bourvellec, C., Blanc, N., Audibert, L., Argall, E., Hauchard, D. (2011). Total phenolic contents, radical scavenging and cyclic voltammetry of seaweeds from Brittany. *Food Chemistry*, 126(3), 831-836.
- [33] Kumar, K.S., Ganesan, K., Rao, P.V.S. (2008). Antioxidant potential of solvent extracts of *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty - an edible seaweed. *Food Chemistry*, 107(1), 289-295.
- [34] Zaragoza, M.C., Lopez, D., Saiz, M.P., Poquet, M., Perez, J., Puig-Parellada, P., Marmol, F., Simonetti, P., Gardana, C., Lerat, Y., Burtin, P., Inisan, C., Rousseau, I., Besnard, M., Mitjavila, M.T. (2008). Toxicity and antioxidant activity *in vitro* and *in vivo* of two *Fucus vesiculosus* extracts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(17), 7773-7780.
- [35] Devi, K.P., Suganthy, N., Kesika, P., Pandian, S.K. (2008). Bioprotective properties of seaweeds: *in vitro* evaluation of antioxidant activity and antimicrobial activity against food borne bacteria in relation to polyphenolic content. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 8, 38.
- [36] Ren, B., Chen, C., Li, C., Fu, X., You, L., Liu, R.H. (2017). Optimization of microwaveassisted extraction of *Sargassum thunbergii* polysaccharides and its antioxidant and hypoglycemic activities. *Carbohydrate Polymers*, 173, 192-201.
- [37] Palanisamy, S., Vinosha, M., Marudhupandi, T., Rajasekar, P., Prabhu, N.M. (2017). Isolation of fucoidan from *Sargassum polycystum* brown algae: Structural characterization, *in vitro* antioxidant and anticancer activity. *International Journal of Biological Macromolecules*, 102, 405-412.
- [38] Costa, L.S., Fidelis, G.P., Cordeiro, S.L., Oliveira, R.M., Sabry, D.A., Camara, R.B.G., Nobre, L.T.D.B., Costa, M.S.S.P., Almeida-Lima, J., Farias, E.H.C., Leite, E.L., Rocha H.A.O. (2010). Biological activities of sulfated polysaccharides from tropical seaweeds. *Biomedicine and Pharmacotherapy*, 64(1), 21-28.
- [39] Zhang, Z., Wang, F., Wang, X., Liu, X., Hou, Y., Zhang, Q. (2010). Extraction of the polysaccharides from five algae and their potential antioxidant activity *in vitro*. *Carbohydrate Polymers*, 82(1), 118-121.
- [40] Khalafu, S.H.S., Aida, W.M.W., Lim, S.J. Maskat, M.Y. (2017). Effects of deodorisation methods on volatile compounds, chemical properties and antioxidant activities of fucoidan isolated from brown seaweed (*Sargassum* sp.). *Algal Research*, 25, 507-515.
- [41] Souza, M.C.R.D., Marques, C.T., Dore, C.M.G., Silva, F.R.F.D., Rocha, H.A.O., Leite, E.L. (2007). Antioxidant activities of sulfated polysaccharides from brown and red seaweeds. *Journal of Applied Phycology*, 19(2), 153-160.
- [42] Ayyad, S.E.N., Ezmirly, S.T., Basaif, S.A., Alarif, W.M., Badria, A. F., Badria, F.A. (2011). Antioxidant, cytotoxic, antitumor, and protective DNA damage metabolites from the red sea brown alga *Sargassum* sp. *Pharmacognosy Research*, 3, 160-165.
- [43] Ragubeer, N., Limson, J.L., Beukes, D.R. (2012). Electrochemistry-guided isolation of antioxidant metabolites from *Sargassum elegans*. *Food Chemistry*, 131, 286-290.
- [44] Cahyana, A.H., Shuto, Y. And Kinoshita, Y. (1992). Pyropheophytin a as an antioxidative substance from the marine algae, arame (*Eisenia bicyclis*). *Bioscience Biotechnology and Biochemistry*, 56(10), 1533-1535.
- [45] Nakamura, T., Nagayama, K., Uchida, K., Tanaka, R. (1996). Antioxidant activity of phlorotannins isolated from the brown alga *Eisenia bicyclis*. *Fisheries Science*, 62, 923-926.
- [46] Yan, X.J., Li, X.C., Zhou, C.X., Fan, X. (1996). Preservation of fish oil rancidity by phlorotannins from *Sargassum kjellmanianum*. *Journal of Applied Phycology*, 8, 201-203.
- [47] Ahn, G.N., Kim, K.N., Cha, S.H., Song, C.B., Lee, J., Heo, M.S., Yeo, I.K., Lee, N.H., Jee, Y.H., Kim, J.S., Heu, M.S., Jeon, Y.J. (2007). Antioxidant activities of phlorotannins purified

- from *Ecklonia cava* on free radical scavenging using ESR and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-mediated DNA damage. *European Food Research Technology*, 226, 71-79.
- [48] Shibata, T., Ishimaru, K., Kawaguchi, S., Yoshikawa, H., Hama, Y., 2008. Antioxidant activities of phlorotannins isolated from Japanese Laminariaceae. *Journal of Applied Phycology*, 20(5), 705-711.
- [49] Li, Y., Qian, Z.J., Ryu, B., Lee, S.H., Kim, M.M., Kim, S.K., 2009. Chemical components and its antioxidant properties *in vitro*: An edible marine brown alga, *Ecklonia cava*. *Bioorganic and Medicinal Chemistry*, 17, 1963-1973.
- [50] De La Coba, F., Aguilera, J., Figueroa, F.L. De Galvez, M.V., Herrera, E. (2009). Antioxidant activity of mycosporine-like amino acids isolated from three red macroalgae and one marine lichen. *Journal of Applied Phycology*, 21, 161-169.
- [51] Yoshiki, M., Tsuge, K., Tsuruta, Y., Yoshimura, T., Koganemaru, K., Sumi, T., Matsui, T., Matsumoto, K. (2009). Production of new antioxidant compounds from mycosporine-like amino acid, porphyra-334 by heat treatment. *Food Chemistry*, 113, 1127-1132.
- [52] Arulkumar, A., Rosemary, T., Paramasivam, S., Rajendran, R.B. (2018). Phytochemical composition, *in vitro* antioxidant, antibacterial potential and GC-MS analysis of red seaweeds (*Gracilaria corticata* and *Gracilaria edulis*) from Palk Bay, India. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 15, 63-71.
- [53] Huang, D., Ou, B., Prior, R.L. (2005). The chemistry behind antioxidant capacity assays. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(6), 1841-1856.
- [54] Diaz-Rubio, M.E., Perez-Jimenez, J. Saura-Calixto, F. (2009). Dietary fiber and antioxidant capacity in *Fucus vesiculosus* products. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 60, 23-34.
- [55] Cofrades, S., Lopez-Lopez, I., Bravo, L., Ruiz-Capillas, C., Bastida, S., Larrea, M.T., Jimenez-Colmenero, F. (2010). Nutritional and antioxidant properties of different brown and red Spanish edible seaweeds. *Food Science and Technology International*, 16, 361-370.
- [56] Sachindra, N.M., Airanthi, M.K.W.A., Hosokawa, M., Miyashita, K. (2010). Radical scavenging and singlet oxygen quenching activity of extracts from Indian seaweeds. *Journal of Food Science Technology*, 47(1), 94-99.
- [57] Demirel, Z., Yılmaz-Koz, F.F., Karabay-Yavaşoğlu, U.N., Özdemir, G., Sukatar, A., 2009. Antimicrobial and antioxidant activity of brown algae from the Aegean Sea. *Journal of Serbian Chemical Society*, 74(6), 619-628.
- [58] Boonchum, W., Peerapornpisal, Y., Kanjanapothi, D., Pekkoh, J., Pumas, C., Jamjai, U., Amornlerdpison, D., Noiraksar, T., Vacharapiyasophon, P. (2011). Antioxidant activity of some seaweed from the Gulf of Thailand. *International Journal of Agriculture and Biology*, 13, 95-99.
- [59] Cotellet, N., Bernier, J.L., Catteau, J.P., Pommery, J., Wallet, J.C., Gaydou, E.M. (1996). Antioxidant properties of hydroxy-flavones. *Free Radical Biology and Medicine*, 20(1), 35-43.
- [60] 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 and Emerging Technologies*, 12(1), 73-78.
- [61] Kang, K., Park, Y., Hwang, H.J., Kim, S.H., Lee, J.G., Shin, H.C., 2003. Antioxidative properties of brown algae polyphenolics and their perspectives as chemopreventive agents against vascular risk factors. *Archives of Pharmacol Research* 26(4): 286-293.
- [62] Kuda, T., Kunii, T., Goto, H., Suzuki, T., Yano, T. (2007). Varieties of antioxidant and antibacterial properties of *Ecklonia stolonifera* and *Ecklonia kurome* products harvested and processed in the Noto Peninsula, Japan. *Food Chemistry*, 103(3), 900-905.
- [63] Kuda, T., Tsunekawa, M., Goto, H., Araki, Y. (2005a). Antioxidant properties of four edible algae harvested in the Noto Peninsula, Japan. *Journal of Food Composition and Analysis*, 18(7), 625-633.
- [64] Zahra, R., Mehrnaz, M., Farzaneh, V., Kohzad, S. (2007). Antioxidant activity of extract from a brown alga, *Sargassum boveanum*. *African Journal of Biotechnology*, 6, 2740-2745.
- [65] Zubia, M., Fabre, M.S., Kerjean, V., Lann, K.L., Stiger-Pouvreau, V., Fauchon, M., Deslandes, E. (2009). Antioxidant and antitumoural activities of some Phaeophyta from Brittany coasts. *Food Chemistry*, 116(3), 693-701.
- [66] Cho, M.L., Lee, H.S., Kang, I.J., Won, M.H., You, S.G., 2011. Antioxidant properties of extract and fractions from *Enteromorpha prolifera*, a type of green seaweed. *Food Chemistry* 127(3): 999-1006.
- [67] Prior, R.L., Hoang, H., Gu, L., Wu, X., Bacchiocca, M., Howard, L., Hampsch-Woodill, M., Huang, D., Ou, B., Jacob, R. (2003). Assay for hydrophilic and lipophilic antioxidant capacity (oxygen radical absorbance capacity (ORAC<sub>FL</sub>)) of plasma and other biological and food samples. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(11), 3273-3279.
- [68] Kindleysides, S., Quek, S.Y., Miller, M.R. (2012). Inhibition of fish oil oxidation and the radical scavenging activity of New Zealand seaweed extracts. *Food Chemistry*, 133, 1624-1631.
- [69] Price, J.A., Sanny, C.G., Shevlin, D. (2006). Application of manual assessment of oxygen radical absorbent capacity (ORAC) for use in high throughput assay of "total" antioxidant activity of drugs and natural products. *Journal of Pharmacological and Toxicological Methods*, 54(1), 56-61.
- [70] Wang, T., Jonsdottir, R., Olafsdottir, G. (2009b). Total phenolic compounds, radical scavenging and metal chelation of extracts from Icelandic seaweeds. *Food Chemistry*, 116(1), 240-248.

- [71] Plaza, M., Amigo-Benavent, M., Del Castillo, M.D., Ibanez, E., Herrero, M. (2010). Facts about the formation of new antioxidants in natural samples after subcritical water extraction. *Food Research International*, 43(10), 2341-2348.
- [72] Yangthong, M., Hutadilok-Towatana, N., Phromkunthong, W. (2009). Antioxidant activities of four edible seaweeds from the Southern coast of Thailand. *Plant Foods for Human Nutrition*, 64, 218-223.
- [73] Lin, H., Tsai, W., Chiu, T. (2012). Antioxidant properties of seven cultivated and natural edible seaweed extracts from Taiwan. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 21(3), 248-264.
- [74] Moon, J-K., Shibamoto, T. (2009). Antioxidant assays for plant and food components. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(5), 1655-1666.
- [75] Heo, S.J., Park, E.J., Lee, K.W., Jeon, Y.J. (2005). Antioxidant activities of enzymatic extracts from brown seaweed. *Bioresource Technology*, 96(14), 1613-1623.
- [76] Yuan, H., Song, J. (2005). Preparation, structural characterization and *in vitro* anti-tumor activity of kappa-carrageenan oligosaccharide fraction from *Kappaphycus striatum*. *Journal of Applied Phycology*, 17(1), 7-13.
- [77] Athukorala, Y., Lee, K.W., Song, C., Ahn, C.B., Shin, T.S., Cha, Y.J., Shahidi, F., Jeon, Y.J., (2003a). Potential antioxidant activity of marine red algae *Grateloupia filicina* extracts, *Journal of Food Lipids*, 10(3), 251-265.
- [78] Athukorala, Y., Lee, K.W., Shahidi, F., Heu, M.S., Kim, H.T., Lee, J.S., Jeon, Y.J. (2003b). Antioxidant efficacy of extracts of an edible red alga (*Grateloupia filicina*) in linoleic acid and fish oil. *Journal of Food Lipids*, 10(4), 313-327.
- [79] Kuda, T., Tsunekawa, M., Hishi, T., Araki, Y. (2005b). Antioxidant properties of dried kayamonori, a brown alga *Scytosiphon lomentaria* (*Scytosiphonales*, *Phaeophyceae*). *Food Chemistry*, 89(4), 617-622.
- [80] El-Baky, H.H.A., El-Baz, F.K., El-Baroty, G.S. (2009). Natural preservative ingredient from marine alga *Ulva lactuca* L. *International Journal of Food Science and Technology*, 44(9), 1688-1695.
- [81] Santoso, J., Yoshie-Stark, Y., Suzuki, T. (2004). Anti-oxidant activity of methanol extracts from Indonesian seaweeds in an oil emulsion model. *Fisheries Science*, 70(1), 183-188.
- [82] Moroney, N.C., O'grady, M.N., O'doherty, J.V., Kerry, J.P. (2013). Effect of a brown seaweed (*Laminaria digitata*) extract containing laminarin and fucoidan on the quality and shelf-life of fresh and cooked minced pork patties. *Meat Science*, 94(3), 304-311.
- [83] Wang, H., Chiu, L.C.M., Ooi, V.E.C., Ang Jr, P.O. (2010). A potent antitumor polysaccharide from the edible brown seaweed *Hydroclathrus clathratus*. *Botanica Marina*, 53(3), 265-274.
- [84] Sabeena Farvin, K.H., Jacobsen, C. (2012). New natural antioxidants for protecting omega-3 rich products. *Lipid Technology*, 24(3), 59-62.
- [85] Honold, J.P., Jacobsen, C., Jonsdottir, R., Kristinsson, H.G., Hermund, D.B. (2016). Potential seaweed-based food ingredients to inhibit lipid oxidation in fish-oil-enriched mayonnaise. *European Food Research and Technology*, 242, 571-584.
- [86] Halldorsdottir, S.M., Sveinsdottir, H., Gudmundsdottir, A., Thorkelsson, G., Kristinsson, H.G. (2014). High quality fish protein hydrolysates prepared from by-product material with *Fucus vesiculosus* extract. *Journal of Functional Foods*, 9, 10-17.
- [87] Sabeena Farvin, K.H., Jacobsen, C. (2015). Antioxidant activity of seaweed extracts: *in vitro* assays, evaluation in 5% fish oil-in-water emulsions and characterization. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 92, 571-587.
- [88] Hermund, D., Iltas, B., Honold, P., Jónsdóttir, R., Kristinsson, H., Jacobsen, C. (2015). Characterisation and antioxidant evaluation of Icelandic *F. vesiculosus* extracts *in vitro* and in fish-oil-enriched milk and mayonnaise. *Journal of Functional Foods*, 19, 828-841.
- [89] Jónsdóttir, R., Geirsdóttir, M., Hamaguchi, P.Y., Jamnik, P., Kristinsson, H.G., Undeland, I. (2016). The ability of *in vitro* antioxidant assays to predict the efficiency of a cod protein hydrolysate and brown seaweed extract to prevent oxidation in marine food model systems. *Journal of Science of Food and Agriculture*, 96(6), 2125-2135.
- [90] Babakhani, A., Farvin, K.H.S., Jacobsen, C. (2016). Antioxidative effect of seaweed extracts in chilled storage of minced atlantic mackerel (*Scomber scombrus*): effect on lipid and protein oxidation. *Food Bioprocess and Technology*, 9, 352-364.