

## Mikroalg Bazlı Gıdalara İnovatif Yaklaşımlar 8

Merve Karakurluk<sup>1</sup>

İlkay Buran<sup>2</sup>

### Özet

Sucul organizmalar fonksiyonel gıda bileşenleri sayesinde gıdaları zenginleştirme ve sürdürülebilir kaynaklar olarak hızla tanınmaktadır. Gıda olarak en sık tüketilen mikroalg türleri Dunaliella, Schizochytrium, Spirulina, Chlorella ve Haematococcus olup “Genel Olarak Güvenli Olarak Kabul Edilen” (GRAS) olarak onaylamıştır. Mikroalglerden elde edilen biyoaktif maddelerin fonksiyonel bir bileşen olarak kullanılabileceğine dair araştırmalar, yeni ürünler yaratmaya başlamıştır. Mikroalglerin yetiştirilmesi bir çok alanda sürdürülebilir bir yaklaşımı temsil etmektedir. Mikroalg takviyeleri omega-3 yağ asitleri, protein ve antioksidanlar bakımından besin konsantrasyonu ve biyoyararlanım açısından çok değerlidir. Son araştırmalarda kanser ve bağırsak sendromunu önlemeye yönelik prebiyotikler olarak hizmet eden mikroalg polisakkarit kullanımına ilişkin geniş bir perspektif sunulmaktadır. Mikroalglerden endüstriyel açıdan önemli biyolojik ürünler geliştirme çabaları devam ederken, gıda ve genetik mühendisliği yaklaşımıyla mikroalg bazlı biyoaktif bileşiklerin üretimini artırmak için laboratuvar ölçeğinde çeşitli başarılı girişimlerde bulunulmuştur. Sonuç olarak mikroalgler sürdürülebilir gıda üretimi ve besin takviyesi inovasyonu için fonksiyonel özellikleri artmaktadır.

### 1. GİRİŞ

Algler, dünya çapında birincil gıda zincirindeki üretimin yarısına sahiptir (Spolaore vd., 2006). Tek hücreli ve çok hücreli yapıda olan algler, büyüklüklerine göre mikro ve makro algler şeklinde sınıflandırılmaktadır (Falkowski, 2004). Algler, deniz florasının neredeyse %90-95’ini

1 Diyetisyen, Gıda Toksikolojisi ABD, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye merve78.karakurluk@gmail.com, orcid.org/0009-0002-2301-1282

2 Dr. Öğr. Üyesi, Beslenme ve Diyetetik ABD, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye, ilkayburan@karabuk.edu.tr, https://orcid.org/0000-0001-5089-1284

oluşturmaktadır. Farklı su kaynaklarında kolayca yetişebilme yeteneği olan algler, fotosentez ile besin üretmektedir (El-Sheekh vd., 2006). Alglerin yapısındaki pigmentler ile CO<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub>O'yu kompleks karbonhidratlara dönüştürür. Bu sayede algler bulundukları su ortamında besin seviyesinde artış sağlarken suda çözünmüş O<sub>2</sub> seviyesinde de artış meydana gelmektedir (Oğur, 2016).

0,2-10 µm boyutundaki organizmalar mikroalgler olarak değerlendirilirken, 70 m uzunluğuna kadar ulaşabilen su yosunları ise makroalg olarak değerlendirilmektedir (Koyande vd., 2019; Ścieszka and Klewicka, 2019).

Mikroalgler basit yapıları ile her türlü koşulda yaşam sürdürebilme ve hızlı bir şekilde çoğalabilme özelliğindedir (Sasa vd., 2020; Villarruel vd, 2017). Algler, klorofil içeren tek hücreli ve çok hücreli organizmalardır. Yapısal yönden algler ökaryotik ve prokaryotik olarak iki grupta değerlendirilmektedir. Siyanobakteriler, prokaryotik grupta ele alınmaktadır. Bu grupta değerlendirilen prokaryotik mikroalgler Klorofil-a içermektedir. Mavi-yeşil algler en sık bilinenlerdir.

Okyanuslarda ve göller, havuzlar, nehirler gibi tatlı sularda 50.000'i aşkın çeşitli mikroalg türü bulunmaktadır (Richmond, 2004). Ökaryotik mikrolgler ise Dinophyta (Dinoflagellates, *C. cohnii*); Chlorophyta (yeşil alg, *Chlorella*, *Dunaliella*, *Haematococcus*); Xanthophyta (*Monodus subterraneus*); Rhodophyceae (kırmızı alg, *Porphyridium* türleri); Bacillariophyta (diatomlar, *Nitzschia laevis*); Phaeophyta (kahverengi algler); Chrysophyta (sarı-kahverengi algler, *Ochromonas malhamensis*); Prymnesiophyta (*Isochrysis*, *Prymnesium paruum* ve *Pavlova* suşları) ve Rhaphidophyta (*Fibrocapsa japonica*)'dir (Tomaselli, 2004).

### 1.1.Kimyasal Bileşimi

Mikroalglerin kimyasal yapısı kültür yaşı, kültür şartları ve ortama göre değişkenlik göstermektedir. Bu faktörlere ek olarak ışık yoğunluğu, sıcaklık, besin ortamı benzeri deneysel koşullar, mikroalgin fizyolojik durumu ve bileşimi ölçme esnasında kullanılan yöntem kimyasal bileşimi etkilemektedir (Costard vd., 2012; Paes vd., 2016).

Mikroalgler karbonhidrat, protein, lipit, çoklu doymamış yağ asitleri, esansiyel amino asit, kalorisiz diyet lifi, vitamin ve mineral benzeri yüksek besin değerine sahip bileşenler içermektedir (Sahay vd., 2016). Bazı mikroalglere ait besin bileşimi Tablo 1'de verilmektedir.

**Tablo 1. Mikroalglerin protein, karbonhidrat ve yağ bileşimi (%) (Hudson, 2008; Bishop ve Zubeck, 2012)**

| Bileşen      | <i>Spirulina</i> | <i>Chlorella</i> | <i>Dunaliella</i> | <i>Haematococcus</i> |
|--------------|------------------|------------------|-------------------|----------------------|
| Protein      | 63               | 64.5             | 7.4               | 23.6                 |
| Karbonhidrat | 17.8             | 15.0             | 29.7              | 38.0                 |
| Yağ          | 4.3              | 10.0             | 7.0               | 13.8                 |

Mikroalgler protein içeriği yönünden protein kaynağı olarak nitelendirilmektedir. Mikroalglerden *Spirulina*'nın protein içeriği kuru maddede %60-70 aralığında değişkenlik gösterebilmektedir (Hamed vd., 2015). Ayrıca *Arthrospira* ve *Chlorella* da zengin protein ve aminoasit profiline sahiptir (Raposo vd., 2013).

Mikroalglerin karbonhidrat içeriği kuru ağırlığının ortalama %10'unu oluşturmaktadır. Mikroalglerin bileşiminde en çok bulunan karbonhidrat monomerleri glukoz, rhamnoz, ksiloz ve mannozdur. Fakat mikroalgler disakkarit, oligosakkarit ve polisakkaritleri de bileşimlerinde bulundurmalarına rağmen hemiselüloz ve lignin içermemektedir (Villarruel-Lopez vd., 2017). *Arthrospira*, *Dunaliella*, *Chlorella* ve *Nannochloropsis* gibi mikroalgler bileşimlerindeki oligosakkarit ve polisakkarit sayesinde potansiyel prebiyotik olarak değerlendirilmektedir (Gupta ve ark., 2017; Caporgno ve Mathys, 2018).

Mikroalgler polar ve non-polar lipit sentezine sahiptir. Sentezlenen glikolipid, fosfolipid ve sfingolipidler polar grupta, sterol, serbest yağ asitleri, triağilgliserol ise non-polar grupta yer almaktadır (Kumari ve ark., 2013; Chen ve ark., 2018; Aratboni ve ark., 2019). Genel olarak lipit bileşimi, kuru ağırlığın %20-50'sini oluşturmaktadır (Villarruel-Lopez vd., 2017). Mikroalgler başlıca Omega-3, uzun zincirli çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) olan dokosaheksaenoik asit (DHA) ve eikosapentaenoik asit (EPA) gibi esansiyel besin içeriği oldukça fazladır (Caporgno ve Mathys, 2018).

Mikroalgler vitamin bileşimi bakımından oldukça zengindir. Mikroalgler A, B grubu vitaminler, C, E, biyotin, folik asit ve pantotenik asit kaynağı olarak değerlendirilmektedir. Mineraller yönünden ise mikroalgler Ca, Fe, K, Mg, Na, Zn ve iz elementler içermektedir (Gouveia ve ark., 2008).

Mikroalglerin yapısında klorofil, fikobiliproteinler ve çeşitli karotenoidler bulunmaktadır. Bileşiminde yer alan bu doğal pigmentler sayesinde mikroalgler hem güneşin zararlı etkilerinden korunur hem de güneş ışığı emilimini destekler (Gouveia vd., 2008). Başlıca fotosentetik pigment

olan klorofil, mikroalglerin kuru ağırlığının % 0.5-1.5'ini oluşturmaktadır (Ferruzi ve Blakeslee, 2007).

## 1.2. Biyoaktif Bileşenler

### 1.2.1. Antioksidan Özellik

Algler yapısında bulunan doğal antioksidanlar yönünden zengin bir kaynaktır (Ngo vd., 2010). Askorbik asit, tokoferoller, karotenoidler, retinoidler ve bioflavonoidler alglerde olduğu gibi karasal kaynaklı ürünlerinde antioksidan bileşikleridir (Gökpinar vd., 2006). Güçlü biyolojik antioksidanlardan biri de karotenoidlerdir (Guedes vd, 2011). Ayrıca *Dunaliella salina* biyoması kuru ağırlığının %2,8 w/w seviyesinde karotenoid içeren bir mikroalg türüdür. Buna ek olarak karotenoid grubundan a-karoten, likopen ve lutein de içermektedir (Gökpinar vd., 2006). Örnek olarak *Chlorella vulgaris* ve *Chlorella pyrenoidosa*'dan lutein, astaksantin ve kantaksantin; *Dunaliella salina*'dan  $\beta$ -karoten antioksidan üretiminde kullanılmaktadır (Plaza vd., 2009). Antioksidan etkisi en güçlü olan astaksantin ise en çok *Haematococcus pluvalis* tarafından üretilmektedir (Torzillo vd., 2003).

Vitaminler yönünden oldukça zengin olan mikroalgler, besleyici özelliğini de vitaminlerden almaktadır (Brown vd., 1999). *Chlorella* ekstratı  $\alpha$ -tokoferol ve karotenoid gibi lipofilik antioksidan bileşikleri içermektedir (Gökpinar vd., 2006).

### 1.2.2. Fenolik Bileşikler

Doğrudan aromatik halkaya bağlı olan bir ya da birden fazla hidroksil grubuna sahip olan fenolik bileşikler, fonksiyonel özelliklere sahiptir. Doğal antioksidanlardan biri olarak kabul edilen fenolik bileşikler, alglerde oldukça zengin içeriğe sahiptir (Klejdus ve diğ., 2009; Ferreres ve diğ., 2012; Heffernan ve diğ., 2015). Sekonder metabolitler olan fenolik bileşikler, biyotik (patojen etkileşim) ve abiyotik (UV ışınlanması) strese karşı alg hücresi savunmasında önemli etkiye sahip olduğu gibi pek çok biyolojik özellik ve farmakolojik etki göstermektedir (Zhang vd., 2015).

*Phaeodactylum tricornutum* benzoikasit türevleri (siringik asit, vanilik asit, gallik asit, protokateşik asit), sinnamik asit türevleri (ferulik asit, kafeik asit, sinapik asit o- ve p- kumarik asit ve klorojenik asit) ve hidroksibenzaldehitler (4- hidroksibenzaldehit, 2,5-dihidroksibenzaldehit) içermektedir (Goiris vd., 2014; Rico vd., 2012. Ayrıca yapılan çalışmada sinnamik türevlerinden p-kumarik ve ferulik asit tespit edilmiştir (Goiris vd., 2014).

### 1.3. Gıdalarda kullanımı

Tüketici toplumun yapay katkı maddelerinin kullanımı yerine doğal katkı maddelerine olan ilgisi, mikroalg içerikli bileşenlerin gıdalarda kullanılabilmesi amacıyla yapılan çalışmaları etkilemiştir (Caporgno ve Mathys, 2018). Kaliteli besin bileşimine sahip mikroalgler, gıda firmaları tarafından mikroalg içeren ürünler üretmeye başlamıştır. Fakat genellikle gıda takviyesi formunda satışa sunulmaktadır (Lafarga, 2019).

Ticari açıdan önemli görülen mikroalgler *Spirulina*, *Chlorella*, *Dunaliella*, *Haematococcus*, *Botryococcus*, *Chaetoceros*, *Porphyridium*, *Nitzschia*, *Cryptocodinium*, *Phaeodactylum*, *Isochrysis*, *Tetraselmis*, *Nannochloris*, *Schizochytrium* ve *Skeletonema* türleridir (Sathasivam vd., 2019). İnsan tüketiminde kullanılan mikroalgler protein ve esansiyel bileşenler yönünden zengin olan *Arthrospira*, *Aphanizomenon* ve *Chlorella*; antioksidan karotenoidleri kaynağı olan *Haematococcus* ve *Dunaliella* türleridir (Niccolia vd., 2019). Dünya genelinde en sık üretimi yapılan ve içecek, fırın ürünleri, salata sosları gibi ürünlerine eklenen, protein takviyesi olarak kullanılan *Spirulina* ve *Chlorella* türleridir (Wells vd., 2017). Bazı mikroalgler ve eklendiği gıda ürünleri Tablo 2’de yer verilmiştir.

*Tablo 2. Mikroalgler ve eklendiği gıda ürünleri*

| Mikroalg türü     | Eklendiği gıda |                                      |
|-------------------|----------------|--------------------------------------|
| <i>Spirulina</i>  | Yoğurt         | Malik vd., 2013; Barkallah vd., 2017 |
|                   | Bisküvi        | Singh vd., 2015                      |
|                   | Ekmek          | Ak vd., 2016; Saharan ve Jood, 2017  |
|                   | Makarna        | De Marco vd., 2014                   |
| <i>Dunaliella</i> | Ekmek          | Tertychnaya vd., 2020                |
|                   | Makarna        | El-Baz vd., 2017                     |
| <i>Chlorella</i>  | Peynir         | Tohamy vd., 2018                     |
|                   | Kurabiye       | Sahni vd., 2019                      |

Biyoaktif bileşenler yönünden zengin süt ve süt ürünleri üretimi için, mikroalglerin kullanımı oldukça sıktır. Yapılan çalışmalarda yoğurt ve fermente süt ürünlerine *Arthrospira* mikroalg türü eklenmesi halinde, probiyotik bakterilerinin gelişiminin desteklendiği tespit edilmiştir. Ayrıca yoğurt ve peynire eklenen *Chlorella* türü mikroalgler ile gıdaların biyoaktif özelliklerinin geliştirildiği çalışmalar da mevcuttur (Jeon, 2006).

Peynirde belli oranlarda eklenen *Spirulina platensis* ile peynir örneklerinde  $\beta$ -karoten ve protein içeriklerinin arttığı, antioksidan kapasitesinin ise

geliştiği bildirilmiştir (Darwish, 2017). Ayrıca *Spirulina platensis*'in laktik asit bakterilerinin gelişimini destekleyerek prebiyotik etki ettiği, *Chlorella pyrenoidosa*'nın ise *Candida albicans* ve *Listeria monocytogenes*'in gelişimini engellediği çalışmalarda gösterilmiştir (Gupta vd., 2017).

*Isochrysis galbana* türü mikroalg, özellikle bisküvilerde kullanılmaktadır. Bunun nedeni bu mikroalgin, tahıl grubundaki besinlerde omega-3 yağ asidi miktarını arttırması ve böylece gıdanın sağlığa etkisini geliştirmesi ile ilişkilendirilmektedir (Gouveia vd., 2008). *Spirulina platensis* ise bütün olarak ya da biyokütleden elde edilen fikosiyanın pigmenti kurabiyelerde kullanılmaktadır. Bu mikroalgin kullanım amacı kurabiyede protein ve lif içeriğini zenginleştirme ve sağlık üzerine pozitif etki oluşturmaktır (Singh vd., 2015). Bisküvi ürünleri kadar ekmeklerin de üretimine besinsel özelliklerinin geliştirilmesi için mikroalgler eklenmektedir. Ekmek yapımında beyaz una eklenen *Dunaliella* ve *Spirulina* cinsi mikroalgler, protein takviyesi olarak kullanımını önerilmektedir. *Spirulina* eklenen ekmeğin hem protein içeriği hem de esansiyel amino asit içeriği zenginleşmektedir (Ak vd., 2016).

#### 1.4. Sağlığa faydaları

Algler yapısındaki biyolojik aktivite gösteren biyoaktif moleküller sayesinde, antioksidan, antimikrobiyal, antidiyabet, antikarsinogen benzeri etkiler göstermektedir (Ranga Rao ve Ravishankar, 2018). Bu moleküller mikroalglerdeki pigment ve polifenoller haricindeki uzun zincirli çoklu doymamış yağ asitleri, yüksek lifli bileşenler, protein, sterol, şeker, vitamin, mineral gibi bileşenlerdir (Fernandes ve Pinto, 2019). Kaliteli bileşenlerin diyabet, iltihaplanma, oksidasyon, artan kolesterol, kardiyovasküler hastalıkları önlediği, immün sistemi düzenlediği, obeziteyi engellediği bilinmektedir (Akyl vd., 2016).

Mikroalglerin yapısındaki çoklu doymamış yağ asitleri ve kolesterol benzeri bileşenler ise antibakteriyal aktiviteler üzerinde önemli etkilere sahiptir. Antimikrobiyal etki, yapıdaki zincirin uzunluğuna ve doymamışlık derecesi ile ilişkili olduğundan serbest yağların konsantrasyonu ve kompozisyonu göz önünde bulundurulmalıdır (Akyl vd., 2016). Tablo 3'de alglerin gıda ve sağlık uygulamalarında kullanımı verilmiştir.

Mikroalglerden biri olan *Spirulina* ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. *Spirulina* alerjik rinit, arsenik zehirlenmesi, *Candida* gelişimi gibi pek çok hastalıkta tedavi edici etki göstermektedir. Ayrıca kolesterolü düşürerek damar tıkanıklığı ve kalp krizi riskini azaltıcı, kan basıncını azaltıcı, anemiyi engelleyici, diyabeti önleyici özelliklere sahiptir (Sotiroidis ve Sotiroidis,

2013; Folarin ve Sharma, 2017). Ayrıca *Chlorella* sp.'nin ise kan glukoz ve kolesterolünü düşürücü yönde etki etmektedir (Mimouni vd., 2015).

**Tablo 3. Alglerin gıda ve sağlık uygulamalarında kullanımı (Hallmann, 2007)**

| Alg türleri                                          | Uygulamalar                                                                                                    |
|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Spirulina platensis</i>                           | Fikosiyenin, fikoeritrin ve biyokütle sağlık gıda, ilaç, yem ve kozmetik                                       |
| <i>Chlorella vulgaris</i> ;<br><i>Chlorella spp.</i> | Besin takviyeleri için polisakkaritler, kozmetik için özler; Sağlık gıdası, yem için biyokütle,                |
| <i>Dunaliella salina</i>                             | $\beta$ -karoten sağlık gıdası, yem, besin takviyeleri ve kozmetik                                             |
| <i>Haematococcus pluvialis</i>                       | Astaksantin sağlık gıdası, ilaç ve yem katkı maddeleri                                                         |
| <i>Chlamydomonas Reinhardtii</i>                     | Hayvan sağlığı ve yem için biyokütle; çevresel izleme; Biyoremediasyon, rekombinant protein üretimi proteinler |
| <i>Isochrysis galbana</i>                            | Hayvan beslenmesi için yağ asitleri                                                                            |
| <i>Nannochloropsis oculata</i>                       | Hayvan beslenmesi için lipitler ve yağ asitleri; kozmetik için özler                                           |
| <i>Porphyra spp.</i>                                 | Yem, gıda için biyokütle; kozmetik için özler                                                                  |
| <i>Porphyridium spp.</i>                             | Beslenme, ilaç ve kozmetik için polisakkaritler, ilaç, kozmetik ve gıda için fikocyanin ve fikoeritrin         |
| <i>Phaeodactylum tricornutum</i>                     | Beslenme için lipitler ve yağ asitleri                                                                         |

### 1.5. Gıda güvenliği

Tarladan çatala kadar olan süreçte gıda güvenliği, insanların besinsel ihtiyaçlarını ve gıda tercihlerini karşılayabilecek yeterli miktarda, besleyici ve güvenilir gıdaya ulaşabilmesidir (Kayışoğlu ve Türksoy 2023).

Gıda güvenliği, Avustralya, Kanada, Amerika Birleşik Devletleri, Yeni Zelanda ve Avrupa Birliği dahil olmak üzere gelişmiş bölgelerdeki düzenleyici kurumlar için kritik bir endişe kaynağı olmaya devam etmektedir. Amerika Birleşik Devletleri'nde FDA, mikroalg bazı gıda ürünlerini Gıda Güvenliği ve Uygulamalı Beslenme Merkezi (CFSAN) kapsamında GRAS olarak sınıflandırmaktadır. *Arthrospira*, *Chlorella*, *Dunaliella*, *Haematococcus* ve *Schizochytrium* gibi mikroalg türleri GRAS statüsüne ulaşarak çeşitli gıda ürünlerine dahil edilmelerini kolaylaştırmıştır (Hosseinkhani vd., 2022).

Avrupa Birliği'nde, Gıda Güvenliği Yönetmeliği ve Yeni Gıda ve Yeni Gıda Bileşenleri Yönetmeliği (AB) No. 2015/2283 (Salehipour-Bavarsad vd., 2024) kapsamında çeşitli mikroalg ürünleri onaylanmıştır. Bu düzenleyici çerçeveler, yetkilendirme sürecini kolaylaştırmayı, güvenli ve

yenilikçi gıda ürünlerinin pazara girişini kolaylaştırmayı ve ticaret engellerini azaltmayı amaçlarken, yüksek gıda güvenliği standartlarının korunmasını da sağlamaktadır (Garcia vd., 2017).

## SONUÇ

Gıda endüstrisinde biyoaktif bileşiklerin üretimi için yenilenebilir bir kaynak olarak mikroalglerin kullanımı artmaktadır. Ancak, mikroalg biyokütlesinin, türevlerinin, güvenliğinin ve kalitesinin FDA düzenlemelerine ve diğer ilgili güvenlik standartlarına uygun olarak sağlanması esastır. Mikroalg bazlı ürünlerin güvenli üretiminde ürünün lezzetini ve tüketici kabulünü artırmak için halen optimal mikroalg konsantrasyonu, entegrasyon stratejileri ve sağlık açısından in vitro ve in vivo araştırmalara ihtiyaç vardır. Bu bölümde mikroalglerin biyoaktif bileşikleri, biyolojik aktiviteleri ve gıda endüstrisindeki fonksiyonel uygulamaları sürdürülebilir ve sağlıklı destekleyici bir gıda kaynağı olarak değerlendirilmiştir.

## Kaynakça

- A. K. Koyande, K. W. Chew, K. Rambabu, Y. Tao, D. T. Chu and P. L. Show, "Microalgae: a potential alternative to health supplementation for humans," *Food Science and Human Wellness*, vol. 8, no. 1, pp. 16-24, 2019.
- A. Sasa, F. Şentürk, Y. Üstündağ ve F. Erem, "Alglerin gıda veya gıda bileşeni olarak kullanımı ve sağlık üzerine etkileri," *International Journal of Engineering, Design and Technology*, c. 2, s. 2, ss. 97-110, 2020.
- A. Villarruel-López, F. Ascencio and K. Nuño, "Microalgae, a potential natural functional food source—a review," *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, vol. 67, no. 4, pp. 251-263, 2017.
- Ak B, Avşaroğlu E, Işık O, Özyurt G, Kafkas E, Etyemez M, Uslu, L. "Nutritional and physicochemical characteristics of bread enriched with microalgae *Spirulina platensis*". *International Journal of Engineering Research and Application* 6:30–8, 2016.
- Ak, B., Avşaroğlu, E., Işık, O., Özyurt, G., Kafkas, E., Etyemez, M., Uslu, L. (2016). Nutritional and physicochemical characteristics of bread enriched with microalgae *Spirulina platensis*. *International Journal of Engineering Research and Application*, 6(12): 30-38.
- 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.
- Aratboni, H.A., Rafiei, N., Garcia-Granados, R., Alemzadeh, A., Morones-Ramírez, J.R. (2019). Biomass and lipid induction strategies in microalgae for biofuel production and other applications. *Microbial Cell Factories*, 18: 178-194.
- Barkallah, M., Dammak, M., Louati, I., Hentati, F., Hadrich, B., Mechichi, T., Ayadi M.A., Fendri, I., Attia, H., Abdelkafi, S. (2017). Effect of *Spirulina platensis* fortification on physicochemical, textural, antioxidant and sensory properties of yogurt during fermentation and storage. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, 84: 323-330.
- Bishop WM, Zubeck HM, 2012. Evaluation of microalgae for use as nutraceuticals and nutritional supplements. *J Nutr & Food Sci*, 2: 147.
- Brown, M.R., Mular, M., Miller, I., Farmer, C., & Trenerry, C. (1999). The vitamin content of microalgae used in aquaculture. *Journal of Applied Phycology*, 11: 247-255.
- Caporgno, M.P., Mathys, A. (2018). Trends in microalgae incorporation into innovative food products with potential health benefits. *Frontiers in Nutrition*, 5: 58.

- Caporgno, M.P., Mathys, A. (2018). Trends in microalgae incorporation into innovative food products with potential health benefits. *Frontiers in Nutrition*, 5: 58.
- Chen, Z., Wang, L., Qiu, S., Ge, S. (2018). Determination of microalgal lipid content and fatty acid for biofuel production. *Hindawi BioMed Research International*, <https://doi.org/10.1155/2018/1503126>.
- Costard, G. S., Machado, R. R., Barbarino, E., Martino, R. C., Lourenço, S.O. (2012). Chemical composition of five marine microalgae that occur on the Brazilian coast. *International Journal of Fisheries and Aquaculture*, 4(9): 191-201.
- Darwish, A. "Physicochemical properties, bioactive compounds and antioxidant activity of kareish cheese fortified with *Spirulina platensis*". *World Journal of Dairy & Food Sciences* 12 (2): 71-78, 2017.
- De Marco, E.R., Steffolani, M.E., Martínez, C.S., León, A.E. (2014). Effects of spirulina biomass on the technological and nutritional quality of bread wheat pasta. *LWT-Food Science and Technology*, 58(1): 102-108.
- El-Baz, F.K., Abdo, S.M., Hussein, A.M.S. (2017). Microalgae *Dunaliella salina* for use as food supplement to improve pasta quality. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, 46(2): 45-51.
- El-Sheekh, M. M., Osman, M.E.H., Dyab, M.A., Amer, M.S. "Production and characterization of antimicrobial active substance from the *Cyanobacterium Nostoc muscorum*". *Environmental Toxicology and Pharmacology* 21(1): 42–50, 2006.
- Falkowski PG, Katz ME, Knoll AH, Quigg A, Raven JA, Schofield O, Taylor FJR, 2004. The evolution of modern eukaryotic phytoplankton, *Sci*, 305: 354– 360.
- Fernandes, I., Pinto, R. (2019). Fatty acids polyunsaturated as bioactive compounds of microalgae: Contribution to human health. *Global Journal of Nutrition and Food Science*, 2(1):
- Ferreres, F., Lopes, G., Gil-Izquierdo, A., Andrade, P. B., Sousa, C., Mouga, T., & Valentão, P. (2012). Phlorotannin extracts from fucales characterized by HPLC-DAD-ESI-MSn: approaches to hyaluronidase inhibitory capacity and antioxidant properties. *Marine Drugs*, 10, 2766-2781
- Ferruzi MG, Blakeslee J, 2007. Digestion, absorption, and cancer preventive activity of dietary chlorophyll derivatives, *Nutr. Res*, 27: 1-12.
- Folarin, O., Sharma, L. (2017). Algae as functional food. *International Journal of Home Science*, 3(2): 166-170.
- Garcia, J.L.; De Vicente, M.; Galan, B. 2017. Microalgae, old sustainable food and fashion nutraceuticals. *Microb. Biotechnol.*, 10, 1017–1024.

- Goiris, K., Muylaert, K., Voorspoels, S., Noten, B., De Paepe, D., E Baart, G. J., & De Cooman, L. (2014). Detection of flavonoids in microalgae from different evolutionary lineages. *Journal of Phycology*, 50(3), 483-492.
- Gouveia L, Batista AP, Sousa I, Raymundo A, Bandarra NM, 2008. Microalgae in novel food products. In: Papadoupoulos, K. (Ed.), *Food Chemistry Research Developments*. Nova Science Publishers, New York: 75–112.
- Gouveia, L., Batista, A.P., Sousa, I., Raymundo, A., Bandarra, R.M. (2008). Microalgae in novel food products. In: *Food Chemistry Research Developments*. Papadopoulos, K.N (ed.), Nova Science Publishers, 1-37.
- Gouveia, L., Coutinho, C., Mendonça, E., Batista, A.P., Sousa, I., Bandarra, N.M., Raymundo, A. “Functional biscuits with PUFA- $\omega$ 3 from *Isochrysis galbana*”. *Journal of the Science of Food Agriculture* 88:891–6, 2008.
- Gökpinar, Ş., Koray, T., Akçiçek, E., Göksan, T., & Durmaz, Y. (2006). Algal antioksidanlar. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 2 -Ek (1/1): 85-89.
- Guedes, A., Amaro, H.M., Malcata, F.X., 2011. Microalgae as sources of high added value compounds a brief review of recent work. *Biotechnology Progress* 27(3): 597-613.
- Gupta, S., Gupta, C., Garg, A.P., Prakash, D. (2017). Probiotic efficiency of blue green algae on probiotics microorganisms. *Journal of Microbiology and Experimentation*, 4(4): 00120.
- Gupta, S., Gupta, C., Garg, A.P., Prakash, D. “Probiotic efficiency of blue green algae on probiotics microorganisms”. *Journal of Microbiology and Experimentation*, 4(4): 00120, 2017.
- Hallmann A. 2007. Algae transgenes and biotechnology. *Transgenic Plant Journal*, 1(1): 81-98.
- Hamed I, Özogul F, Özogul Y, Regenstein JM, 2015. Marine Bioactive Compounds and Their Health Benefits: A Review, *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf*, 14: 446-465.
- Heffernan, N., Brunton, N. P., FitzGerald, R. J., & Smyth, T. J. (2015). Profiling of the molecular weight and structural isomer abundance of macroalgae-derived phlorotannins. *Marine Drugs*, 13, 509-528.
- Hosseinkhani, N. vd; 2022. Key challenges for the commercial expansion of ingredients from algae into human food products. *Algal Res.* 64, 102696.
- Hudson E, 2008. Trend watch: Spirulina—healthy, green, versatile. Available from: <http://www.portal.euromonitor.com.simsrad.net.ocs.mq.edu.au/passport/Results List.aspx>.
- Jeon, J.K. “Effect of *Chlorella* addition on the quality of processed cheese” *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition* 35:373–7, 2006.
- Kayısoğlu, Ç., & Türksoy, S. 202). *Tarımda Sürdürülebilirlik ve gıda güvenliği*. Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 37:(1), 289-303.

- Klejdus, B., Kopecký, J., Benešová, L., & Vacek, J. (2009). Solid-phase/supercritical-fluid extraction for liquid chromatography of phenolic compounds in freshwater microalgae and selected cyanobacterial species. *Journal of Chromatography A*, 1216(5), 763-771. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2008.11.096>
- Kumari, P., Kumar, M., Reddy, C.R.K., Cha, B. (2013). Algal lipids, fatty acids and sterols. In: *Functional ingredients from algae for foods and nutraceuticals*. Domíngues, H. (ed.), Woodhead Publishing, 87-134
- Lafarga, T. (2019). Effect of microalgal biomass incorporation into foods: Nutritional and sensorial attributes of the end products. *Algal Research*, 41: 101566.
- Malik, P., Kempanna, C., Murthy, N., Anjum, A. (2013). Quality characteristics of yoghurt enriched with Spirulina powder. *Mysore Journal of Agricultural Science*, 47(2): 354-359.
- Mimouni, V., Ulmann, L., Haimeur, A., Guéno, F., Meskini, N., Tremblin, G. (2015). Marine microalgae used as food supplements and their implication in preventing cardiovascular diseases. *Oilseeds and Fats Crops and Lipids*, 22(4): D409.
- Ngo, D.H., Wijesekara, I., Vo, T.S., Van, Q., Ta, S., Kim, K., 2010. Marine food-derived functional ingredients as potential antioxidants in the food industry: An overview. *Food Research International* 44: 523-529.
- Niccolai, A., Zittelli, G.C., Rodolfi, L., Biondi, N., Tredici, M.R. (2019). Microalgae of interest as food source: Biochemical composition and digestibility. *Algal Research*, 42: 101617.
- Oğur, S. "Kurutulmuş alglerin besin değeri ve gıda olarak kullanımı". *Su Ürünleri Dergisi*, 3(1): 67-79, 2016
- Paes, C.R.P.S., Faria, G.R., Tinoco, N.A.B., Castro, D.J.F.A., Barbarino, E., Lourenço, S.O. (2016). Growth, nutrient uptake and chemical composition of *Chlorella* sp. and *Nannochloropsis oculata* under nitrogen starvation. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 44(2): 275-292.
- Plaza, M., Herrero, M., Cifuentes, A., Ibáñez, E., 2009. Innovative natural functional ingredients from microalgae. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57(16): 7159-7170. Raposo MF, Morais RM, Morais AM, 2013. Health applications of bioactive compounds from marine microalgae, *Life Sci*, 93: 479-486.
- Ranga Rao, A., Ravishankar, G.A. (2018). Algae as source of functional ingredients for health benefits. *Agricultural Research & Technology*, 14(2): 555911.
- Richmond A, 2004. *Handbook of microalgal Culture: biotechnology and applied phyecology*. Blackwell Science Ltd., USA.

- Rico, M., López, A., Santana-Casiano, J. M., González, A. G., & González-Dávila, M. (2012). Variability of the phenolic profile in the diatom *Phaeodactylum tricornutum* growing under copper and iron stress. *Limnology and Oceanography*, 58(1), 144-152.
- S. Ścieszka and E. Klewicka, "Algae in food: a general review," *Critical reviews in food science and nutrition*, vol. 59, no. 21, pp. 3538-3547, 2019.
- Saharan, V., Jood, S. (2017). Vitamins, minerals, protein digestibility and antioxidant activity of bread enriched with spirulina platensis powder. *International Journal of Agricultural Sciences*, 7(3): 1292-1297.
- Sahay, S.M.I., Arunachalam, K., Nair, B.B., Jalayakshmy. (2016). Biochemical characterization of eight marine microalgae grown in batch cultures. *Journal of Algal Biomass Utilization*, 7(3): 19-41.
- Sahni, P., Sharma, S., Singh, B. (2019). Evaluation and quality assessment of defatted microalgae meal of *Chlorella* as an alternative food ingredient in cookies. *Nutrition and Food Science*, 49(2): 221-231.
- Singh, P., Singh, R., Jha, A., Rasane, P., Gautam, A.K. (2015). Optimization of a process for high fibre and high protein biscuit. *Journal of Food Science and Technology*, 52: 1394-1403.
- Singh, P., Singh, R., Jha, A., Rasane, P., Gautam, A.K. "Optimization of a process for high fibre and high protein biscuit". *Journal of Food Science and Technology* 52:1394–403, 2015.
- Sotiroidis, T.G., Sotiroidis, G.T. (2013). Health aspects of *Spirulina* (*Arthrospira*) microalga food supplement. *Journal of The Serbian Chemical Society*, 78(3): 395-405.
- Spolaore P, Joannis-Cassan C, Duran E, Isambert A, 2006. Commercial applications of microalgae, *J Biosci Bioeng*, 101: 87–97.
- Tertychnaya, T.N., Manzhosov, V.I., Andrianov, E.A., Yakovleva, S.F. (2020). New aspects of application of microalgae *Dunaliella Salina* in the formula of enriched bread. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 422: 012021.
- Tohamy, M.M., Ali, M.A., Shaaban, H.A.G., Mohamad, A.G., Hasanain, A.M. (2018). Production of functional spreadable processed cheese using *Chlorella vulgaris*. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 17(4): 347- 358.
- Tomaselli L, 2004. The microalgal cell, 3-20, *Handbook of Microalgal Culture, Biotechnology and Applied Phycology*, Richmond, A. (Ed.), Blackwell Science, UK.
- Torzillo, G., Goksan, T., Faraloni, C., Kopecky, J., & Masojídek, J. (2003). Interplay between photochemical activities and pigment composition in an outdoor culture of *Haematococcus pluvialis* during the shift from the green to red stage, *Journal of Applied Phycology*, 15: 127-136.

- Villarruel-López, A., Ascencio, F., Nuño, K. (2017). Microalgae, a potential natural functional food source – a review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 67(4): 251-263.
- Wells, M.L., Potin, P., Craigie, J.S., Raven, J.A., Merchant, S.S., Helliwell, K.E., Smith, A.G., Camire, M.E., Brawley, S.H. (2017). Algae as nutritional and functional food sources: revisiting our understanding. *Journal of Applied Phycology*, 29: 949-982.
- Zhang, H., Tang, Y., Zhang, Y., Zhang, S., Qu, J., Wang, X., & Liu, Z. (2015). Fucoxanthin: A Promising medicinal and nutritional ingredient. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 1-10.