

Derleme Makalesi - Review Article

Siyanobakterilerin Gıda ve Gıda Bileşeni Olarak Kullanımı

Use of Cyanobacteria as Food and Food Component

Merve Karakurluk^{1*}, Tuğba Demiriz Yücer²

Geliş / Received: 22/08/2024

Revize / Revised: 25/10/2024

Kabul / Accepted: 27/10/2024

ÖZ

Mikroalgler zengin biyokimyasal bileşimleri sayesinde hem fonksiyonel kalite hem de besin değeri özelliğiyle geleceğin sürdürülebilir bir gıda kaynağı olarak görülmektedir. Karbonhidrat, lipit, kaliteli protein, vitamin, mineral bileşimi ile çeşitli besinlere göre daha zengin bir içeriğe sahiptir. Buna bağlı olarak antitümör, antihipertansif, antiinflamatuvar, antioksidan, antibakteriyal, antiviral, ürünlerin zengin biyoaktif bileşimi gibi faydalı etkiler göstermektedir. Mikroalglerin kullanımı insan gıdalarında bisküvi, atıştırmalık gibi ürünlerde besleyici değerini artırma, gıdanın yapısını geliştirme; hayvansal ürünlerde ise yemlerin yapısına eklenerek verimliliği artırma alanlarıdır. Bazı durumlarda ise mikroalglerden elde edilen lipit, protein, vitamin gibi besin bileşenleri toz hale getirilerek besin takviyeleri formunda, pigmentasyon özelliği ile makyaj malzemelerinde yararlanılmaktadır. Bu derlemenin amacı mikroalglerin gıdalarda kullanım alanlarının incelenmesidir.

Anahtar kelimeler- *Siyanobakteri, Mikroalg, Nütrasötik, Biyoteknoloji, Fonksiyonel Gıda*

ABSTRACT

Microalgae are seen as a sustainable food source of the future with both functional quality and nutritional value thanks to their rich biochemical composition. It has a richer content than various nutrients, with its carbohydrate, lipid, quality protein, vitamin and mineral composition. Accordingly, it shows beneficial effects, such as antitumor, antihypertensive, anti-inflammatory, antioxidant, antibacterial, antiviral, and the rich bioactive composition of the products. The use of microalgae in human foods, such as biscuits and snacks, increases the nutritional value and improves the structure of the food; In animal products, they are areas of increasing productivity by adding them to the structure of feed. In some cases, nutritional components such as lipids, proteins and vitamins obtained from microalgae are pulverized and used in the form of nutritional supplements or in make-up materials with their pigmentation properties. The aim of this review is to examine the uses of microalgae in foods.

Keywords- *Cyanobacteria, Microalgae, Nutraceuticals, Biotechnology, Functional Food*

^{1*}Sorumlu yazar iletişimi: merve78.karakurluk@gmail.com (<https://orcid.org/0009-0002-2301-1282>)

Gıda Toksikolojisi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

²İletişim: tugbayucer@karabuk.edu.tr (<https://orcid.org/0000-0002-2494-4511>)

Beslenme ve Diyetetik, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

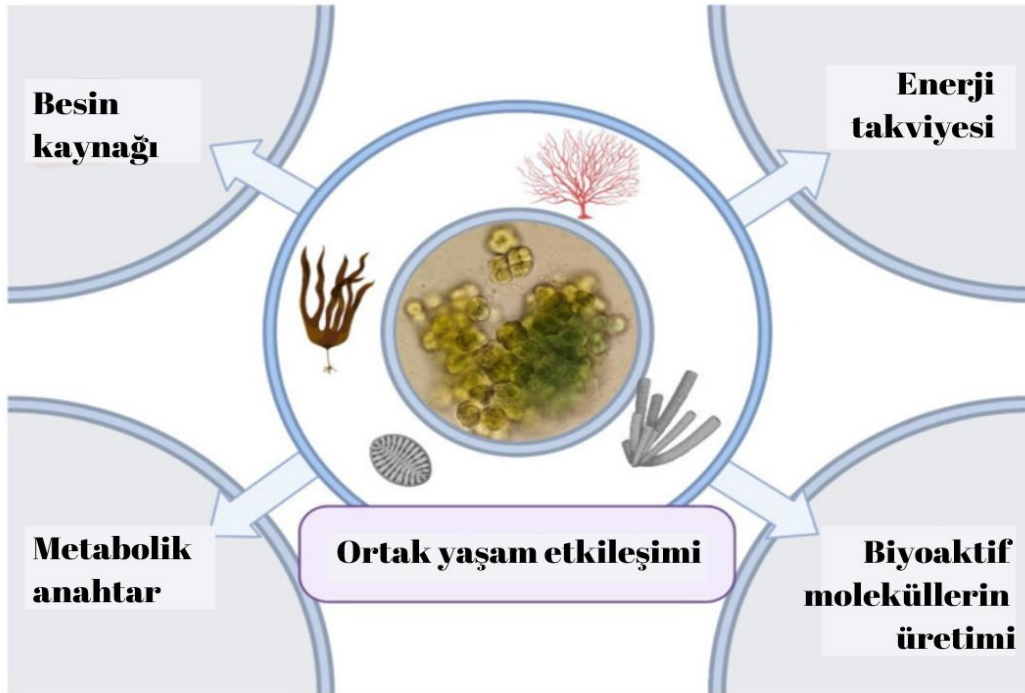
I. GİRİŞ

Siyanobakteriler tatlı su gölleri, okyanuslar, sıcak jeotermal kaynaklar ve karasal ortamlarda bulunan fotosentetik mikroorganizmalardır [1,2]. Mikroalgler, hızlı bir şekilde çoğalabilme ve tek hücreli veya basit çok hücreli yapıları sayesinde olumsuz şartlarda bile yaşayabilmektedir [3]. Mikroalgler, genellikle ototrofik olarak yaşarlar ve pigmentlerini kullanarak fotosentez yaparlar. Fotosentez yaparak, karbondioksit, su ve güneş ışığını biyokütleye dönüştürürler [4]. Mikroalgler *Cyanophyta*, *Chlorophyta*, *Rhodophyta*, *Glaucoephyta*, *Euglenophyta*, *Chlorarachniophyta*, *Charophyta*, *Cryptophyta*, *Haptophyta*, *Heterokontophyta* ve *Dinophyta* olmak üzere on bir şubeye ayrılmıştır [5].

Mikroalgler koruyucu ve pigmentasyon, gıdaların besin içeriğini geliştirme ve ürünlerin teknolojik kullanımını geliştirme özelliklerine sahiptir [6]. En önemlisi, organik madde üretme becerilerinden dolayı yaygın kullanıma sahiptir [7]. Mikroalgler antioksidan benzeri yararlı biyoaktif bileşenler ve toksin olarak nitelendirilen bazı bileşikler de dâhil ikincil metabolitler sentezlemektedir. Siyanobakterilerden 200'den fazla metabolit elde edilmektedir [5].

Siyanobakteriler genel olarak içme suyunda istenmeyen tat ve kokulara sebep olan sosyo-ekonomik değere sahip bileşikler ve aynı zamanda toksinler üretmeleri ile tanınmaktadır [8]. Meydana gelen siyanotoksinler insan sağlığına zararlı etkilere neden olmaktadır [9,10]. Örneğin hepatotoksinler karaciğeri etkiler, dermatotoksinler ciltte tahrişe sebep olur ve nörotoksinler ise sinir sistemine etki etmektedir [11,12].

Siyanobakteriler insan fizyolojisi üzerinde önemli etkilere sahiptir [13]. Siyanobakteriler ve konakçı arasında sinyaller, reseptörler ve kimyasalların etkileşimine bağlı olarak fizyolojik rol oynar [14]. Siyanobakteriler, konağı koruyucu etki gösteren savunma mekanizmalarına sahiptir. Mikrobiyota bileşimi, gelişimi, davranışı, biyoaktif moleküllerin üretimi gibi oluşan bu etkileşimler Şekil 1'de görülmektedir.



Şekil 1. Siyanobakterilerin ortak yaşam etkileşimi [15]

II. MİKROALGLERİN BİYOKİMYASAL BİLEŞİMİ

Mikroalglerin biyokimyasal bileşimi karbonhidratlar, proteinler, lipitler, vitaminler ve minerallerden oluşmaktadır. Siyanobakteriler veya bunların biyomolekülleri önemli vitamin, mineral, protein, çoklu doymamış yağ asiti kaynakları olarak kullanılabilir [16, 17]. Aynı zamanda siyanobakteriler ve ökaryotik mikroalgler antioksidanlar gibi potansiyel açıdan faydalı biyoaktif maddeler ve metabolitleri de sentezlemektedir [18].

Örneğin mikroalg türlerinden olan *Arthrospira*, yüksek kalite protein, linoleik asit içeriği sayesinde antikanser, antioksidan ve antiinflamatuvar özelliğe sahiptir. *Chlorella* cinsindeki yeşil algler, amino asit, nükleik asit, vitamin, mineral ve büyüme faktörü sağladığı yapılan çalışmalarda görülmüştür. Tüm bileşimler ile

antioksidan, antibakteriyal ve antitümör etki sergilemektedir. Fakat tüketimine bağlı alerji, mide bulantısı, kusma gibi yan etkilerinden dolayı dikkat edilmesi gerekmektedir [5].

A. Protein

Mikroalglerdeki protein içeriği geleneksel protein kaynaklarına göre kıyaslanabilecek derecededir. Çeşitli siyanobakterilerin protein içeriği %42-70 oranında değişiklik göstermektedir. Mikroalglerdeki proteinlerin kalitesi ise memelilerin sentezleyemediği temel amino asitleri içermektedir. Yumurta albümini ve soya gibi yüksek kalite profiline sahip besinlerdeki amino asit profiline benzerdir [5]. Mikroalgler, diğer proteinli gıdalar ile kıyaslandığı zaman daha yüksek verimlilikte çeşitli protein ürünleri üretmek için metabolik veya genetik olarak tasarlanabilir [19]. Bakteriler, mantarlar, mikroalgler ve yüksek bitkiler, DHA (Dokosaheksaenoik Asit) ve EPA (Eikosapentaenoik Asit)'nin ticari üretimi için potansiyel alternatif kaynaklardır.

B. Karbonhidrat

Mikroalgler glikoz ve nişasta gibi enerji depolama ürünleri ve hücre duvarı yapısal bileşenleri sentezler [5, 19]. Mikroalgler karbonhidratların kaynağı açısından faydalı karbonhidratlar içermektedir. Fakat gıdalardaki kullanımı ise oldukça kısıtlıdır [5]. Mikroalg türlerinden *Prymnesium parvum*, *Scenedesmus quadricauda* yüksek karbonhidrat içeriğine sahiptir. Ayrıca alglerdeki karbonhidrat metabolizması ve bileşimi türden türe farklılık gösterebilmektedir.

C. Lipit

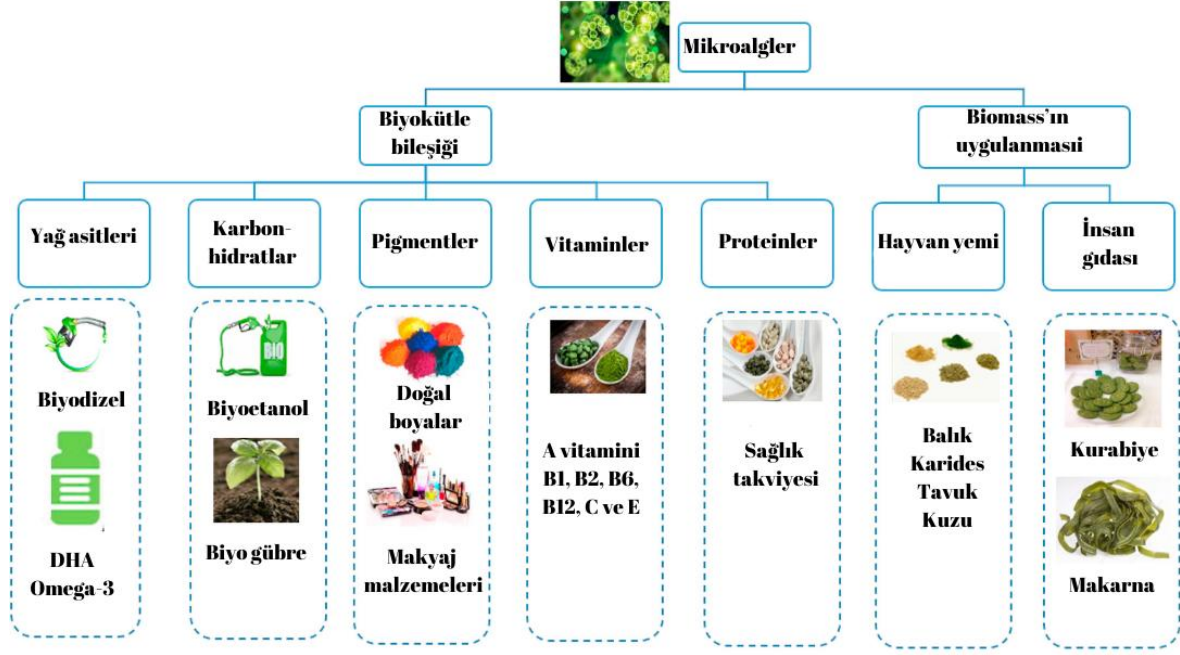
Çoklu doymamış yağ asitleri (omega yağ asitleri) ticari amaçlarla nutrasötikler olarak ve bebek formülasyonlarında zenginleştirici olarak kullanılmaktadır. Mikroalglerin kuru biyokütlesinin %20-50'si lipitlerden oluşmaktadır. Lipit üretimi mikroalg türlerine göre, sentez sırasındaki ışık, pH, sıcaklık, besin mevcudiyeti gibi durumlara göre değişkenlik göstermektedir. Mikroalglerin lipit profili esas olarak asilgliseroller, serbest yağ asitlerini ve karotenoidleri (örneğin, β -karoten) içeren nötr lipitlerden ve çeşitli fosfolipitler ve galaktolipidler gibi polar lipitlerden oluşur. Mikroalglerin yağ asidi profili genellikle C16 ve C18 doymuş ve doymamış yağ asitleri ve ayrıca birçok omega yağ asidi ile de karakterize edilir. Mikroalgler ayrıca DHA ve EPA ile birlikte alfa-linolenik asit (ALA), gama-linolenik asit (GLA), linoleik asit (LA) ve araşidonik asit (ARA) gibi diğer esansiyel yağ asitlerini de üretir [5].

D. Vitaminler

İnsan vücudu makro elementler (karbonhidrat, protein, yağ) kadar mikro elementlere de (vitamin, mineral) ihtiyaç duymaktadır. Vitaminler bağışıklık, enerji metabolizması, antioksidan etki gösterdiği gibi, eksikliğinde ise iskorbüt, beriberi gibi hastalıklar meydana gelmektedir. Mikroalgler önemli bir vitamin kaynağıdır. *Spirulina* sp. benzeri mikroalgler, bitki veya hayvan bazlı gıda kaynaklarıyla kıyaslandığında daha yüksek B12 vitamini içermektedir. B12 eksikliği halsizlik, yorgunluk belirtileri ile karakterize olan megaloblastik anemiye neden olmaktadır. Bir başka mikroalg olan *Euglena gracilis*, E vitamini türü olan a-tokoferol içeriğine sahiptir. E vitamini kanser, göz, kalp sağlığı için büyük öneme sahiptir. Kahverengi mikroalg olan *Eisenia arborea* ise C vitamini kaynaklarından birisidir. C vitamininin ise antioksidan görevi dışında büyümü, immün sistemi güçlendirme özellikleri de bulunmaktadır [19].

III. MİKROALGLERİN KULLANIM ALANLARI

Mikroalglerin kullanım alanının en çok olduğu ürünler pigmentler ve yağ asitleridir. Ticari olarak büyük öneme sahip karotenoid olan astaksantin, tatlı su yeşil algi olan *Haematococcus pluvialis*'den elde edilmektedir. Ayrıca mikroalglerden dokosaheksaenoik asit (DHA) sentezlenmekte ve bebek mamalarında besin takviyesi olarak kullanımı oldukça yaygındır [5].



Şekil 2. Algal biyokütleden elde edilen biyoürünler ve uygulamaları [19]

Mikroalglerin kullanım alanları Şekil 2’de belirtilmiştir. Örneğin biyoteknolojik uygulamalar ile atık su biyoremediasyonu, besin takviyeleri, gıda bileşeni, kozmetik sanayii ve biyodizel üretimi gibi pek çok alanında kullanılmaktadır [20, 21]. Son zamanlarda ise mikroalgler nutrasötikler ve fonksiyonel gıdalarda sağlık açısından faydalı ürünler üretilmesinde kullanımı yaygın hale gelmiştir [22]. Nutrasötik üretim amacıyla mikroalglerin işlenmesi gerekmektedir [23].

Mikroalg üretiminde ekim ve yoğunlaştırma işlemlerinden sonra hasat işlemi yapılmaktadır. Hasat, yetiştirilen mikroalgal biyokütlenin sonraki kurutma, yağ ekstraksiyonu vb. işlemler için hazırlanmasıdır. İstenilen mikroalg konsantrasyonuna ulaşmak için bir veya iki hasat uygulaması gerçekleştirilebilir. Mikroalgal hasat prosesi, hasattan sonraki işlemler için zararlı olmamalı ve kontaminasyona sebep olmamalıdır [24]. Ekstraksiyon işlemi, bir maddeyi veya bileşeni bir fazdan diğerine aktarma işlemidir. Mikroalglerde ekstraksiyon işlemlerinde mekanik ve kimyasal yöntemler kullanılmaktadır [25]. Mekanik yöntemler, mikrodalga yardımıyla ekstraksiyon, ultrasonik esaslı ekstraksiyon ve mekanik sıkıştırıcı kullanılarak gerçekleştirilen ekstraksiyon işlemleridir. Kimyasal yöntemler, solvent yardımıyla yapılan ekstraksiyon, süperkritik CO₂ esaslı ekstraksiyon ve iyonik sıvılar kullanılarak yapılan ekstraksiyon işlemleridir [26]. Mikroalg biyokütle üretim proses aşaması Şekil 3’ de gösterilmektedir.

Elde edilen mikroalg biyokütlesi, pek çok Asya ülkesinde tablet, kapsül, sıvı ve toz şeklinde gıda ürünlerinin üretiminde ticari amaçla kullanılmaktadır [27]. Ayrıca mikroalg biyokütleleri çeşitli içecek, tahıl, erişte, atıştırmalık, şarap gibi gıdalarda da kullanılabilir [28]. Mikroalg türlerinden elde edilen biyokütlerdeki değerli bileşenler, kullanılan mikroalglerin çeşitliliği ile ilişkilidir [29].



Şekil 3. Mikroalg biyokütle üretiminin proses akış diyagramı [29]

Çeşitli mikroalg türleri arasında *Chlamydomonas* sp., *Scenedesmus* sp., *Porphyridium* sp. [30], *Chlorella vulgaris*, *Spirulina platensis*, *Spirulina maxima*, *Haematococcus pluvialis*, *Dunaliella salina*, *Chlorella pyrenoidosa*, *Cryptocodinium cohnii* ve *Schizochytrium aggregatum* gibi en bilinen türler gıda katkı maddeleri ve sağlık takviyeleri üretimi amacıyla ticari olarak kullanılmaktadır [31, 32].

Mikroalglerden elde edilen çeşitli metabolitlere karotenoidler, omega-3 yağ asitleri, polifenoller örnek verilebilir [33, 34]. Bu ve benzeri metabolitlerden bir kısmı, zengin antioksidan, antiinflamatuvar, antikanser, antiaging, antiviral, nöroprotektif ve immün sistemi destekleyici etkilere sahiptir [35-37]. Bu özellikleri nedeniyle mikroalgler ve türevi olan mikroorganizmalar, yapay besin takviyelerinden ziyade sürdürülebilir doğal ürünler oluşturma ve vücuttaki çeşitli anormallikleri engelleme, yönetme ve tedavi amacıyla beslenmeye takviye olarak kullanımı önemli bir etkiye sahiptir [38].

Siyanobakteriler, endüstriyel koşullarda hem beslenme hem de gıda üretiminde zamanla daha yaygın bir şekilde kullanılır hale gelmiştir. Makroalglerin gıda amaçlı kullanımı Asya ülkelerinde yüzyıllardır devam etmektedir [39]. Siyanobakteri ve diğer mikroalglerin, insan beslenmesindeki kullanımı geçmişe dayanmaktadır. [40]. Mikroalg ve siyanobakteriyel biyoteknolojik gelişmelerin modern çağı 1940'ların başında başlamıştır. 1960'lı yıllarda ise mikroalglerden biri olan *Chlorella* sp. gıda katkı maddesi olarak kullanılmıştır. İlerleyen yıllarda ise *Spirulina* sp. ve *Chlorella* sp. başta olmak üzere mikroalglerin endüstriyel olarak üretimi Çin, ABD, Tayvan, Hindistan, İsrail, Almanya, Avustralya'ya yayılmıştır [41]. Günümüzde ise 70'den fazla ülkede siyanobakterilerden elde edilen besinlerin ticareti yapılmaktadır [42].

Gıda olarak kullanılan mikroalglerin fonksiyonel değeri, proteinlerin, çoklu doymamış yağ asitlerinin, polisakkaritlerin, pigmentlerin, vitaminlerin, minerallerin, fenolik bileşiklerin, uçucu bileşiklerin ve sterollerin yüksek içeriğinden kaynaklanmaktadır [41]. Siyanobakterilerin büyük kısmı protein ve diğer besin bileşenlerinden oluşmaktadır. Örneğin *Arthrospira* %50-70 proteine ulaşır ve çoklu doymamış yağ asitleri (%1,5-2), lipitler (%5-6) ve çeşitli vitaminler üretmektedir [40].

Siyanobakterilerden *Spirulina*, içeriğinde çeşitli vitamin ve mineral bulundurmasından dolayı oldukça değerlidir. Mineraller arasında kalsiyum, potasyum, magnezyum, selenyum, demir, çinko, aynı zamanda vitaminlerden de B grubu vitaminleri bakımından zengindir. Mikroalglerin kullanımında ortaya çıkan çeşitli zorlukları (renk, tat) önlemek için kapsülleme yöntemi kullanılmaktadır [43]. Bu şekilde yoğurtta kullanılan siyanobakterilerin, antioksidan, antiinflamatuvar, stabilite oranlarının daha yüksek olduğu, homojen bir görünüm sağladığı bildirilmiştir [44].

Mikroalglerin koyulaştırıcı ve jelleştirici özellikleri sayesinde gıda sektöründe gıda katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Bu özelliği sağlayan ise yapısındaki ekzopolisakkaritlerdir (EPS). Eps'nin antioksidan, antitümör, antihiperlipidemi, antibakteriyel özellikleri de vardır. Yapısındaki sterol sayesinde, insanlarda LDL kolesterolü düşürücü etki göstererek antiinflamatuvar, antiaterojenik özelliğe sahiptir [45].

Nutrasötik üretimi amacıyla güncelde kullanılan doğal gıdaların yerini daha iyi besin kalitesi, çeşitliliği ve miktarı sağlayan mikroalglerin alması gündemdedir [45].

Son zamanlarda tüketicilerin 'sağlıklı gıda' veya 'sağlıklı' ürünlere karşı merakı giderek artmaktadır. Sağlığın önemine sahip bireyler, daha sağlıklı olmayı, yaşam süresini uzatmayı ve çeşitli hastalıkların oluşumunu

önlemeyi amaçlayan ürünlere olan talep ve ilgiyi artırmaktadır. Bu nedenle mikroalgler ve ürünlerinin kullanımı gıda sektöründe yenilikçi bir yaklaşımı beraberinde getirmektedir. Bu alanda en sık kullanılan alg *Spirulina* türüdür [46].

A. Hayvan Yemi

Karbonhidrat, lipit, protein, vitamin ve mineral içeriğiyle hayvan yemlerinde kullanımı değişiklik göstermektedir. Kullanılan bu yem hayvanın fizyolojik yapısına, yeme uyumuna ve yemin antibakteriyal gibi özelliklerine göre değerlendirilmelidir. Yemin tüketimine bağlı olarak hayvanlarda mikrobiyal protein üretimi, hayvanlardan elde edilen ürünlerin verimliliği, ürünlerin sağlığa olumlu etkisinde iyileşmeler gözlenmiştir [47].

B. İnsan Besini

İnsanların tüketim alanında çoğunlukla *Chlorella*, *Dunaliella*, *Haematococcus*, *Schizochytrium* ve *Spirulina* kullanılmaktadır. Mikroalglerdeki protein, lipit, vitamin benzeri besin bileşiklerinin kurutulması ile toz halde tüketime sunulabilmektedir [44]. Makarna, şekerleme, bisküvi gibi tüketilen gıdaların içeriğine eklenerek piyasada yer verilmektedir. Böylece gıdaların besleyici değerlerin zenginleştirilmesine katkı sağlamaktadır [22].

Dünya nüfusunun her geçen gün artış göstermesi ve bununla birlikte doğal kaynak kullanımı ve tüketimine yönlendirme, siyanobakteriler ekilebilir arazileri kullanmadan büyüyebilme yetenekleri ve endüstriyel atık ürünlerini kullanma özellikleri sebebiyle yaygınlaşmış uygulamalar için umut verici adaylardır [48]. Metabolik özellikleri ile, sürdürülebilir üretim amacıyla gıda ve besin üretimi gibi biyomühendislik uygulamalarında ilgi çekici hale gelmiştir [49]. Ayrıca siyanobakterilerin üretmiş olduğu metabolitler, gıda katkı maddeleri, farmasötikler ve diğer endüstriyel işlemlerde ticari değeri olan bileşiklerin üretiminde kullanılmaktadır [50].

IV. SONUÇ

Mikroalgler, yıllardır kullanılmasına karşın günümüzde dikkat çekici hale gelmiştir. Yalnızca besin maddesi olarak kullanılmazken, kozmetik endüstrisi, hayvan yemleri, sağlık ile ilişkili faydaları, besin takviyeleri, biyodizel gibi geniş kullanım alanlarına sahiptir. Özellikle gıdaların bileşiminde kullanılarak sağlık üzerine olan etkisi değerlendirilmektedir. Mikroalgleri yararlı karbonhidrat, kaliteli protein, lipit, C, B ve E vitaminleri gibi besin bileşikleri yönünden önemli bir kaynak olması gıda endüstrisinde kullanımına teşvik etmektedir. Mikroalgler içeriğindeki değerli besin bileşimi sayesinde antikanser, antioksidan, antibakteriyal, antiinflamatuvar etki göstermektedir. Bu nedenle mikroalglerin gıda alanındaki kullanım alanlarının daha fazla incelenip genişletilmesi, alternatif gıda olarak kullanılması ve gelecekteki gıda krizinin engellenmesi için önemli bir girişimdir. Şu ana kadar yapılan çalışmalar, mikroalglerin detaylı incelenmesi ve değerlendirilmesi adına yeterli olmaması nedeniyle daha fazla çalışmaya ihtiyaç olduğu görülmüştür.

KAYNAKLAR

- [1] Metcalf, J.S., Banack, S.A., Richer, R., & Cox, P.A. (2015). Neurotoxic amino acids and their isomers in desert environments. *Journal of Arid Environments*, 112, 140-144
- [2] Carmichael, W.W., & Boyer, G.L. (2016). Health impacts from cyanobacteria harmful algae blooms: Implications for the North American Great Lakes. *Harmful Algae*, 54, 194-212.
- [3] Lafarga, T., Fernández-Sevilla, J. M., González-López, C., & Acién-Fernández, F. G. (2020). *Spirulina* for the food and functional food industries. *Food Research International* (Ottawa, Ont.), 137, 109356.
- [4] Pragma N., Pandey K.K., & Sahoo P.K. (2013). A review on harvesting, oil extraction and biofuels production technologies from microalgae. *Renewable Sustainable Energy Reviews*, 24, 159-171.
- [5] Barkia, I., Saari, N., & Manning, S. R. (2019). Microalgae for High-Value Products Towards Human Health and Nutrition. *Marine Drugs*, 17(5), 304.
- [6] Barba, F. J., Grimi, N., & Vorobiev, E. (2015). New approaches for the use of non-conventional cell disruption technologies to extract potential food additives and nutraceuticals from microalgae. *Food Engineering Reviews*, 7, 45-62.
- [7] Spolaore, P., Joannis-Cassan, C., Duran, E., & Isambert, A. (2006). Commercial applications of microalgae. *Journal Of Bioscience And Bioengineering*, 101(2), 87-96.
- [8] Falconer, I. R. (1999). An overview of problems caused by toxic blue-green algae (cyanobacteria) in drinking and recreational water. *Environmental Toxicology: An International Journal*, 14(1), 5-12.
- [9] Drobac, D., Tokodi, N., Simeunović, J., Baltić, V., Stanić, D., & Svirčev, Z. (2013). Human exposure to cyanotoxins and their effects on health. *Arhiv Za Higijenu Rada I Toksikologiju*, 64(2), 119-130. <https://doi.org/10.2478/10004-1254-64-2013-2320>
- [10] Zanchett, G., & Oliveira-Filho, E. C. (2013). Cyanobacteria and cyanotoxins: from impacts on aquatic ecosystems and human health to anticarcinogenic effects. *Toxins*, 5(10), 1896-1917.
- [11] Griffiths, D. J., & Saker, M. L. (2003). The Palm Island mystery disease 20 years on: a review of research on the cyanotoxin cylindrospermopsin. *Environmental Toxicology: An International Journal*, 18(2), 78-93.

- [12] Kuiper-Goodman, T., Falconer, I., & Fitzgerald, J. (1999). Human health aspects. In: Chorus, I. & Bartram, J., Eds., *Toxic Cyanobacteria in Water: A Guide to their Public Health Consequences, Monitoring, and Management*. E & FN Spon, London, UK, 112–153.
- [13] Vandenkoornhuyse, P., Quaiser, A., Duhamel, M., Le Van, A., & Dufresne, A. (2015). The importance of the microbiome of the plant holobiont. *New Phytologist*, 206(4), 1196-1206.
- [14] Mutalipassi, M., Fink, P., Maibam, C., Porzio, L., Buia, MC, Gambi, MC, Patti, F. P., Scipione, M. B., Lorent, M., & Zupo, V. (2020). Ocean acidification alters the responses of invertebrates to wound-activated infochemicals produced by epiphytes of the seagrass *Posidonia oceanica*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 530, 151435.
- [15] Mutalipassi, M., Riccio, G., Mazzella, V., Galasso, C., Somma, E., Chiarore, A., de Pascale, D., & Zupo, V. (2021). Symbioses of Cyanobacteria in Marine Environments: Ecological Insights and Biotechnological Perspectives. *Marine Drugs*, 19(4), 227.
- [16] Chouhan, P. K., & Kumawat, D. K. (2014). Screening of Cyanobacteria from Black Cotton soil and evaluate their potential to survive under wet and dry condition for biofertilizer production. *Sch J Agric Vet Sci*, 1(2), 90-99.
- [17] Minocheherhomji, F.P., & Pradhan, A. (2016). Evaluation of total protein production by soil cyanobacteria in culture filtrate at various incubations periods. *International Journal of advances in Pharmacy, Biology and Chemistry*, 5:346, 349
- [18] Vasconcelos, V., Leao, P., & Campos, A. (2015). Cyanobacterial toxins. *Phycotoxins: Chemistry and Biochemistry*, Spain, 225-238.
- [19] Kusmayadi, A., Leong, Y. K., Yen, H. W., Huang, C. Y., & Chang, J. S. (2021). Microalgae as sustainable food and feed sources for animals and humans - Biotechnological and environmental aspects. *Chemosphere*, 271, 129800.
- [20] Demirbaş, A., & Demirbaş, MF (2011). Biyodizel kaynağı olarak alg yağının önemi. Enerji dönüşümü ve yönetimi, 52 (1), 163-170.
- [21] Craggs, R. J., Adey, W. H., Jenson, K. R., John, M. S. S., Green, F. B., & Oswald, W. J. (1996). Phosphorus removal from wastewater using an algal turf scrubber. *Water Science and Technology*, 33(7), 191-198.
- [22] Borowitzka, M. A. (2013). High-value products from microalgae—their development and commercialisation. *Journal of Applied Phycology*, 25, 743-756.
- [23] Rocca, S., Agostini, A., Giuntoli, J., & Marelli, L. (2015). Biofuels from algae: technology options, energy balance and GHG emissions. *JRC Available at: http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC98760/algae_biofuels_report_21122015.pdf*.
- [24] Elcik, H., & Çakmakçı, M. (2017). Mikroalglerden Yenilenebilir Biyoyakıt Üretimi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 32(3), 795-820.
- [25] Halim, R., Danquah, M. K., & Webley, P. A. (2012). Extraction of oil from microalgae for biodiesel production: A review. *Biotechnology advances*, 30(3), 709–732.
- [26] Mubarak M., Shaija A., & Suchithra T. V. (2015) A review on the extraction of lipid from microalgae for biodiesel production. *Algal Research*, 7, 117-123.
- [27] Raja, R., Hemaiswarya, S., Kumar, N. A., Sridhar, S., & Rengasamy, R. (2008). A perspective on the biotechnological potential of microalgae. *Critical Reviews in Microbiology*, 34(2), 77-88.
- [28] Sathasivam, R., Radhakrishnan, R., Hashem, A., & Abd Allah, E. F. (2019). Microalgae metabolites: A rich source for food and medicine. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 26(4), 709-722.
- [29] Tan, K. Y., Low, S. S., Manickam, S., Ma, Z., Banat, F., Munawaroh, H. S. H., & Show, P. L. (2023). Prospects of microalgae in nutraceuticals production with nanotechnology applications. *Food Research International*, 169, 112870.
- [30] Bishop, W. M., & Zubeck, H. M. (2012). Evaluation of microalgae for use as nutraceuticals and nutritional supplements. *Journal of Nutrition & Food Sciences*, 2(5), 1-6.
- [31] Silva, S. C., Ferreira, I. C., Dias, M. M., & Barreiro, M. F. (2020). Microalgae-derived pigments: A 10-year bibliometric review and industry and market trend analysis. *Molecules*, 25(15), 3406.
- [32] Man, C. H., Shimura, Y., & Suzuki, I. (2022). Identification of extracellular proteases induced by nitrogen-limited conditions in the thraustochytrids *Schizochytrium aggregatum* ATCC 28209. *Marine Biotechnology*, 24(1), 243-254.
- [33] Goiris, K., Muylaert, K., Fraeye, I., Foubert, I., De Brabanter, J., & De Cooman, L. (2012). Antioxidant potential of microalgae in relation to their phenolic and carotenoid content. *Journal of Applied Phycology*, 24, 1477-1486.
- [34] Haimeur, A., Ulmann, L., Mimouni, V., Guéno, F., Pineau-Vincent, F., Meskini, N., & Tremblin, G. (2012). The role of *Odontella aurita*, a marine diatom rich in EPA, as a dietary supplement in dyslipidemia, platelet function and oxidative stress in high-fat fed rats. *Lipids in Health and Disease*, 11(1), 1-13.

- [35] Galasso, C., Gentile, A., Orefice, I., Ianora, A., Bruno, A., Noonan, D. M., Sansone, C., Albini, A., & Brunet, C. (2019). Microalgal derivatives as potential nutraceutical and food supplements for human health: A focus on cancer prevention and interception. *Nutrients*, 11(6), 1226.
- [36] Xia, S., Gao, B., Li, A., Xiong, J., Ao, Z., & Zhang, C. (2014). Preliminary characterization, antioxidant properties and production of chrysolaminarin from marine diatom *Odontella aurita*. *Marine Drugs*, 12(9), 4883-4897.
- [37] Lauritano, C., Andersen, J. H., Hansen, E., Albrigtsen, M., Escalera, L., Esposito, F., Helland, K., Hanssen, K., Romano, G., & Ianora, A. (2016). Bioactivity screening of microalgae for antioxidant, anti-inflammatory, anticancer, anti-diabetes, and antibacterial activities. *Frontiers in Marine Science*, 3, 68.
- [38] Beetul K., Gopeechund A., Kaullysing D., Mattan-Moorgawa S., Puchooa D., & Bhagooli R. (2016). Challenges and Opportunities in the Present Era of Marine Algal Applications. In: Thajuddin N., Dhanasekaran D., editors. *Algae-Organisms for Imminent Biotechnology*, 237–276.
- [39] Hur, S. B., Bae, J. H., Youn, J. Y., & Jo, M. J. (2015). KMMCC-Korea marine microalgae culture center: list of strains. *Algae*, 30(sup), 1-188.
- [40] Grosshagauer, S., Kraemer, K., & Somoza, V. (2020). The True Value of *Spirulina*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 68(14), 4109-4115.
- [41] Andrade, L. M., Andrade, C. J., Dias, M., Nascimento, C., & Mendes, M. A. (2018). *Chlorella* and *Spirulina* microalgae as sources of functional foods. *Nutraceuticals, and Food Supplements*, 6(1), 45-58.
- [42] Chittora, D., Meena, M., Barupal, T., & Swapnil, P. (2020). Cyanobacteria as a source of biofertilizers for sustainable agriculture. *Biochemistry and Biophysics Reports*, 22, 100737.
- [43] da Silva, S. C., Fernandes, I. P., Barros, L., Fernandes, Â., Alves, M. J., Calhelha, R. C., Pereira, C., Barreira, J., Manrique, Y., Colla, E., Ferreira, I., & Barreiro, M. F. (2019). Spray-dried *Spirulina platensis* as an effective ingredient to improve yogurt formulations: Testing different encapsulating solutions. *Journal of Functional Foods*, 60, 103427.
- [44] Chacón-Lee, T.L., & González-Mariño, G.E. (2010). Microalgae for “Healthy” Foods—Possibilities and Challenges. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9: 655-675.
- [45] García, J. L., de Vicente, M., & Galán, B. (2017). Microalgae, old sustainable food and fashion nutraceuticals. *Microbial Biotechnology*, 10(5), 1017–1024.
- [46] Sorrenti, V., Castagna, D. A., Fortinguerra, S., Buriani, A., Scapagnini, G., & Willcox, D. C. (2021). *Spirulina* Microalgae and Brain Health: A Scoping Review of Experimental and Clinical Evidence. *Marine Drugs*, 19(6), 293.
- [47] Ekmay, R., Gatrell, S., Lum, K., Kim, J., & Lei, X. G. (2014). Nutritional and metabolic impacts of a defatted green marine microalgal (*Desmodesmus* sp.) biomass in diets for weanling pigs and broiler chickens. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(40), 9783-9791.
- [48] Graham, A. E., & Ledesma-Amaro, R. (2023). The microbial food revolution. *Nature Communications*, 14(1), 2231.
- [49] Liu, D., Liberton, M., Hendry, L.I., Aminian-Dehkordi, J., Maranas C.D., & Pakrasi H.B. (2021). Engineering biology approaches for food and nutrient production by cyanobacteria. *Current Opinion in Biotechnology*, 67, 1-6.
- [50] Watson, S., Monis, P., Baker, P., & Giglio, S. (2016) Biochemistry and genetics of taste- and odor-producing cyanobacteria. *Harmful Algae*, 54, 112-127.