



Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

Derleme Makalesi

Geleceğin Gıdaları için Mikroalgler: *Spirulina* spp. ve *Chlorella* spp.

 Eda NURKO ^{a,*},  Emine NAKİLCİOĞLU ^b,  Semih ÖTLEŞ ^b

^a Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ege Üniversitesi, İzmir, TÜRKİYE

^b Gıda Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Ege Üniversitesi, İzmir, TÜRKİYE

* Sorumlu yazarın e-posta adresi: nurkoeda.ege@gmail.com

DOI:10.29130/dubited.1146266

Öz

Dünya nüfusunun hızla artmasıyla birlikte enerji krizleri, iklim değişiklikleri, küresel ısınma, gıda yetersizliği ve dengesiz beslenme gibi sorunların beraberinde geleceği tahmin edilmektedir. Bu sorunların öngörülmesiyle birlikte, insanoğlu alternatif gıda kaynaklarına ihtiyaç duymaya başlamıştır. Yüksek besin içerikleri, sağlığa olumlu etkileri ve sürdürülebilirlikleri ile ilgi gören algler, fonksiyonel gıda olmaya aday ürünler olarak değerlendirilmektedir. Deniz florasının yaklaşık %95'ini oluşturan algler, acı, tatlı, tuzlu, alkali sularda ve topraklarda yetişebilmektedir. Ekonomik ve kolay üretime sahip olmaları nedeniyle gelecekte besin ihtiyacının karşılanabileceği kaynaklardır. İmmünomodülatör, antibakteriyel, antioksidan gibi fazla sayıda sağlığa faydalı etkileri ile Alzheimer hastalığı, alerjik hastalıklar, kardiyovasküler hastalıklar gibi birçok hastalığı önleyici etkilere de sahiptir. Özellikle proteinler, lipitler, çoklu doymamış yağ asitleri (ÇDYA), polisakkaritler, pigmentler ve polifenoller bakımından zengin olan algler, mikroalgler ve makroalgler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Bu derleme çalışmasında, mikroalglerden olan *Spirulina* spp. ve *Chlorella* spp. hakkında literatür taraması yapılmış, besin içeriklerine, sağlık etkilerine ve gıda endüstrisinde yapılan zenginleştirme çalışmalarına kısaca değinilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Alternatif gıda, *Chlorella* spp., Mikroalg, *Spirulina* spp., Zenginleştirme

Microalgae for The Food of Future: *Spirulina* spp. and *Chlorella* spp.

ABSTRACT

With the rapid increase in the world population, it is estimated that problems such as energy crises, climate changes, global warming, food insufficiency and unbalanced nutrition will come along. With the prediction of these problems, human beings started to need alternative food sources. Algae, which attracts attention with their high nutritional content, positive effects on health and sustainability, are considered as candidate products to be functional foods. Algae, which make up about 95% of the marine flora, can grow in brackish, fresh, salty, alkaline waters and soils. They are sources where food needs can be met in the future due to their economic and easy production. It has many beneficial effects on health such as immunomodulator, antibacterial, antioxidant, and also has preventive effects on many diseases such as Alzheimer's disease, allergic diseases, cardiovascular diseases. Algae, which are especially rich in proteins, lipids, polyunsaturated fatty acids (PUFA), polysaccharides, pigments and polyphenols, are divided into two as microalgae and macroalgae. In this review study, literature review about *Spirulina* spp. and *Chlorella* spp., which are microalgae, was made, and their nutritional content, health effects and enrichment studies in the food industry were briefly mentioned.

Keywords: Alternative food, *Chlorella* spp., Microalgae, *Spirulina* spp., Enrichment

I. GİRİŞ

2050 yılında, hızla artan dünya nüfusunun 9.8 milyar olacağı ve beraberinde küresel ısınma, iklim değişiklikleri, enerji krizleri ve gıda yetersizliği gibi sorunların geleceği düşünülmektedir [1]. Günümüzde, insanların protein bakımından yetersiz ve yüksek kalorili gıdalar ile beslendiği, obezite, diyabet, tansiyon ve kalp hastalıkları gibi sağlık sorunları yaşadığı ve alternatif doğal beslenme kaynaklarına ihtiyaç duyduğu bilinmektedir [2], [3]. Sağlığa faydalı etkilere ve yüksek besin içeriğine sahip olan algler, çevre açısından sürdürülebilir gıda taleplerini karşılayabilecek, alternatif fonksiyonel gıda adayı olan ürünler arasında yer almaktadır [1], [2]. Alglerin, gelecekte yaşanacak açlık krizinde kullanılacağı öngörülmekte, günümüzde ise Kore, Çin ve Japonya gibi ülkelerde yaygın olarak tüketilmektedirler [4].

Deniz florasının yaklaşık %95'ini oluşturan algler aynı zamanda tatlı sularda da kolaylıkla gelişebilen fotosentetik organizmalar topluluğudur [5]-[6]. Fotosentez ile besin üreten bu mikroorganizmaların ikiye katlanma süreleri oldukça kısadır. Bu nedenle, en hızlı büyüyen canlılar olarak bilinirler [5]. Fotosentez işlemi ile birlikte güneş enerjisi, kimyasal enerjiye dönüşmektedir. Bu kimyasal enerji ise biyoaktif aktivitelere sahip olan kimyasal bileşikler olarak depolanmaktadır [7].

Yaklaşık 3.5 milyar yıl önce keşfedilen, dünyadaki en eski bitkilerden biri olan alglerin morfolojisi ve boyutları farklılık göstermektedir [2], [8]. Okyanuslar, tatlı su gölleri, nehirler, dereler ve su birikintileri gibi geniş yaşama alanına sahip olan algler, basit yapı, ototrof ve genellikle ökaryotik olan canlılardır [4]. Aynı zamanda, iyi gelişmiş bir çekirdeğe, klorofil gibi pigmentleri içeren kloroplasta, hücre duvarına ve bir kamçıya sahiptirler [8]. Yaklaşık 30.000 türü bulunan algler, boyutlarına göre mikroalgler ve makroalgler olarak; içerdikleri pigmentlere göre ise yeşil, kırmızı, kahverengi ve siyanobakteriler olarak sınıflandırılmaktadır [1], [7], [9]. Mikroalgler, 0,2-10 µm boyutlarındaki organizmalardan oluşurken; makroalgler, 70 m uzunluğa kadar ulaşabilen su yosunlarından oluşmaktadır [2], [8]. Makroalgler, gözle görülebilen, çok hücreli, hızlı büyüyen ve içerdikleri pigmentlere göre kırmızı (*Rhodophyta*), kahverengi (*Phaeophyta*) ve yeşil (*Chlorophyta*) olarak sınıflandırılan bir gruptur [1], [10]. Türüne, coğrafi kökenine, hasat mevsimine ve çevresel koşullara göre değişen besin değerlerine sahiptirler. Özellikle kahverengi makroalg türlerinde sindirilemeyen polisakkaritlerin varlığı ile düşük miktarda bulunan protein ve esansiyel amino asit içeriği, besin içeriğini olumsuz yönde etkilemektedir [11].

Mikroskobik canlılar olarak da bilinen mikroalgler ise, basit hücre yapıları sayesinde her koşulda yaşayabilmekte ve hızlıca çoğalabilmektedirler [1], [12]. Aynı zamanda, ışık enerjisi, fosfor, azot, karbondioksit gibi besinleri kullanarak biyoaktif bileşikler sentezlemektedirler [1]. Kendi içlerinde kahverengi, kırmızı, yeşil ve mavi-yeşil algler olarak sınıflandırılan mikroalgler arasındaki prokaryotik olan tek grup siyanobakterilerdir [12], [13]. Protein, β-glukan, β-karoten, dokosaheksaenoik asit (DHA) ve eikosapentaenoik asit (EPA) gibi omega-3 yağ asitleri, mineral, vitamin ve biyoaktif bileşikler açısından zengin olan mikroalgler gıda, kozmetik ve biyoyakıt endüstrisi gibi birçok alanda kullanılmaktadır [2], [6]. Ticari olarak en çok kullanılan mikroalg türleri, *Phaeodactylum*, *Dunaliella*, *Haematococcus*, *Botryococcus*, *Spirulina* ve *Chlorella*'dır [12]. Aynı zamanda mikroalgler, Avrupa ülkelerinde, Asya ülkelerinde, Avustralya'da ve Amerika'da yetiştirilmekte ve insan tüketimine sunulmaktadır [14].

Besin içerikleri ve biyoaktif bileşikleri ile gıda olarak tüketilen alglerin, antioksidan, antiviral, antifungal, antiinflamatuvar, antikanserojen, antidiyabetik ve immünomodülatör etkileri bulunmaktadır [1], [8]. Bu derleme çalışmasında, mikroalglerden olan *Spirulina* ve *Chlorella* türlerinin bileşimi, sağlığa etkileri ve gıda endüstrisinde kullanımına ait son yıllarda yapılan çalışmalar incelenmiştir.

II.SPIRULİNA VE SAĞLIK ETKİLERİ

Spirulina, yüzyıllar boyunca farklı popülasyonlar için besin olarak kullanılan, mavi-yeşil alg olarak bilinen bir siyanobakteridir [15], [16]. Yaklaşık 3.6 milyar yıl önce keşfedilen, dünyanın en eski bitkilerinden biridir ve oksijen atmosferini oluşturan ilk fotosentetik yaşam formudur [17], [18]. Filamentli ve çok hücreli bir siyanobakteri olan *Spirulina*, dünyada en çok yetiştirilen mikroalgdır [19], [21]. Aynı zamanda, *Arthrospira* spp.'nin ticari olarak adlandırılmış halidir [16], [21], [22]. *Arthrospira* spp., farklı ortamlara uyum sağlayarak, alkali su ortamlarında, tuzlu ve tatlı sularda, acı sularda ve toprakta yetişebilmektedir. [18], [23], [24]. *Spirulina*'nın en önemli türleri *Spirulina plantensis* ve *Spirulina maxima*'dır [17]. Karbondioksit fiksasyonu ve nitrifikasyon için yararlı, çevre dostu ve sürdürülebilir bir mikroalg olan *Spirulina*, ticari olarak büyük açık havuzlarda ve kontrollü koşullar altında üretilmektedir [19], [25]. Yüksek protein ve vitamin içeriği ile bilinen *Spirulina*, fonksiyonel bir gıda olarak ön plana çıkmış ve gıda sektöründe, su ürünleri yetiştiriciliğinde, tarım, ilaç ve sağlık sektöründe popüler hale gelmiştir [17], [22], [26].

Gıda endüstrisinde sürdürülebilir ve doğal alternatif gıda kaynaklarına olan talebi karşılamak için protein, biyoaktif bileşik, lipit ve karbonhidrat kaynağı olan bazı mikroorganizmaların kullanılabilmesi öne sürülmüştür [27]. *Spirulina* ise, soya fasulyesi gibi birçok gıdaya göre yüksek miktarda protein, mineral ve vitamin içerdiğinden, uzun zamandır diyet takviyesi olarak kullanıma sahiptir [28]. Zengin besin içeriğine sahip olan *Spirulina*, Dünya Sağlık Örgütü tarafından insanlığın en iyi sağlık ürünü olarak tanımlanırken; UNESCO tarafından, geleceğin en ideal besini olarak ifade edilmiştir [17], [28]. Aynı zamanda, Avrupa Uzay Ajansı ve NASA, uzun süreli uzay yolculuklarında yetiştirilebilecek başlıca besinlerden biri olarak *Spirulina*'yı onaylamışlardır [17]. Ek olarak, kolay sindirilebilirliğe sahip olan *Spirulina* suşlarının ürettiği metabolitler, insan sağlığına zararlı olmadığından Genel Olarak Güvenli (GRAS) oldukları Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından onaylanmıştır [21], [29]. *Spirulina* yüksek besin içeriğinin yanı sıra çoklu doymamış yağ asitleri (omega-3, omega-6 ve γ -linolenik asit-GLA), glikolipidler, polisakkaritler, karotenoidler ve diğer biyoaktif bileşikler bakımından da zengindir [15], [20], [30]-[32]. Fikosiyanın, fikoeritrin ve alfofikosiyanın gibi önemli pigment maddelerini içeren *Spirulina*'nın protein içeriği, kuru ağırlığın yaklaşık %70'i kadardır [20], [24], [33]. E vitamini, A vitamini ve özellikle B vitaminleri bakımından zengin olan *Spirulina*, K, Fe, Na, Se, Mn, Zn ve Mg gibi mineralleri de yapısında barındırmaktadır [20], [24]. Ek olarak, içerdiği karotenoid, klorofil ve C-fikosiyanın gibi renk pigmentleri sayesinde gıda sektöründe ilgi görmektedir [27], [33].

Süper besin olarak da bilinen *Spirulina*, immünomodülatör, antibakteriyel, antidiyabetik, antioksidan, antiviral, antiinflamatuvar, antikanser, antihipertansif ve antioksidan etkileri ile insan sağlığı üzerinde önemli role sahiptir [26], [28], [34]. Hücrel antioksidan enzimleri aktive etmesinin yanı sıra, serbest radikalleri temizleme, lipit peroksidasyonunu ve DNA hasarını önleme gibi işlevlere de sahiptir [22]. Vücut yağını, iştahı ve vücut kitle indeksini azaltmaya yardımcı olmakta ve kan lipitlerini iyileştirmektedir [18]. Antikor üretimini de uyardığı bilinen *Spirulina*, antiinflamatuvar ve immünomodülatör yanıtları indüklemek için sitokin kodlayan genlerin ekspresyonunu düzenleyebilmektedir [22]. Patojenik bakterilere, koronavirüs gibi RNA virüslerine ve mantarlara karşı vücudun bağışıklığını arttıran *Spirulina*'nın cilt sağlığına da iyi geldiği belirtilmektedir [33]. Fikosiyanınlar, polisakkaritler ve fenoller gibi fonksiyonel bileşikler içermesi ve nutrasötik gıda takviyesi olarak da kullanılmasının yanı sıra, yaşlılık, sinir sistemi, nörolojik ve nörodejeneratif hastalıklarda nöroprotektif etkiye sahip olduğu bilinmektedir [24]. Hayvanlar üzerinde yapılan çalışmalarda, oksidatif stres kaynaklı semptomları iyileştirdiği, tümörü baskıladığı, toksisiteyi azalttığı ve bağışıklığı güçlendirdiği gözlemlenmiştir [32]. Alzheimer ve Parkinson hastalığının önlenmesine de etkisi bulunan *Spirulina*, doğal ilaç olarak kabul edilmektedir [24].

III. CHLORELLA VE SAĞLIK ETKİLERİ

Chlorella, hem tatlı hem de deniz suyunda bulunan tek hücreli yeşil bir mikroalg türüdür [35]-[36]. Belirli bir morfolojik özelliği olmayan *Chlorella*'nın sınıflandırılması, hücre duvarının glukoz ve

mannoz bileşimine bağlıdır [37]. Yüksek fotosentez yapan ve ökaryotik olan *Chlorella* spp., *Chlorophyta*, *Chlorellales*, *Trebouxiophyceae* ve *Chlorellaceae* olarak sınıflandırılmaktadır [37], [39]. *Chlorophyta* sınıfına ait, *Chlorella vulgaris*, *Chlorella kessleri*, *Chlorella sorokiniana* ve *Chlorella lobophora* olmak üzere dört türünün olduğu belirtilmiştir [36], [37]. *Chlorella*, yüksek ışınım toleransına sahiptir ve 3-30 °C aralığındaki sıcaklıklara uyum sağlayabilmektedir. Aynı zamanda, tatlı ve tuzlu suya ek olarak alkali ortamlarda, göletlerde, toprakta, kaplıcalarda ve kutuplarda planktonik formda bulunabilmektedir [39], [40]. Küresel şekle sahip olan bu mikroalg, 2-10 µm aralığında değişen çapa sahiptir [38], [39]. Aynı zamanda, kitin ve selülozdan oluşan, sindirilemeyen, katı ve kalın (100-200 nm) bir hücre duvarına sahiptir [38], [41]. Hücre duvarının yapısından dolayı, *Chlorella*'nın hasat edildikten sonra hücre duvarının kırılması ve işlenmesi gerekmektedir [41]. *Chlorella*'nın proteinler, karbohidratlar, lipitler, mineraller, vitaminler ve pigmentlerden oluşan biyokütlenin eldesinde, karbondioksiti serbest oksijene dönüştüren, güneş ışığına dayalı fabrikalar olduğu düşünülmektedir [37], [40]. Hızlı ekim, kolayca kültürlenebilme ve yüksek biyokütle gibi ekonomik değerlere sahip olan *Chlorella* spp. sağlıklı, besleyici ve fonksiyonel özellikleri ile ilgi görmekte; gıda, ilaç, kozmetik ve tıp alanlarında kullanılmaktadır [35], [36], [38], [42]-[43]. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından ise "yeşil sağlıklı gıda" olarak adlandırılan *Chlorella*, Amerika Birleşik Devletleri, Doğu Asya ve Avrupa'da her yıl tonlarca üretilmektedir [36]. Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından uygun hijyen ve iyi üretim süreci ile yetiştirilip insan tüketimi için güvenli hale gelen *Chlorella*, GRAS sertifikasına sahiptir. Aynı zamanda, insan vücuduna günlük 3-10 gram aralığında alınmasının olumlu sağlık etkileri olduğu belirtilmiştir [38].

Chlorella spp. temel besin maddelerine sahip olduğu ve yüksek miktarda protein içerdiği için potansiyel bir gıda kaynağıdır [40]. %0.4 lif, % 1-4 klorofil, %4-5 nükleik asit, %9-18 diyet lifi, %12-17 karbonhidrat, %14-22 lipit ve %51-58 aralığında değişen protein içeriğine sahiptir [35], [38]. *Chlorella* spp.'nin kuru ağırlığı ise yaklaşık %38 protein, %24.3 kül ve %5.1 yağ içermektedir [44]. Protein içeriği, heterotrof organizmalar için gerekli tüm amino asitleri barındırmaktadır [35]. Protein içeriğinin %60'ı amino asitlerden oluşan *Chlorella*, insan vücudu tarafından doğrudan emilebilmektedir [38]. Temel amino asit bileşimi ise, %2-2.4 histidin, %2.2 metionin, %3.8-6.7 izolösin, %4.7-4.8 treonin, %5 fenilalanin, %5.5-6.1 valin ve %8.8-9.2 aralığında lösenden oluşmaktadır [45]. Aynı zamanda, magnezyum, demir, çinko, kalsiyum ve potasyum gibi eser elementler bakımından zengin olan *Chlorella*, yüksek miktarda folat ve B₁₂ vitaminini de içermektedir [41], [46]. %13-19 aralığında değişen, galaktoz, arabinoz, ksiloz, fukoz, glukoz, mannoz ve ramnoz gibi şekerlerden oluşan, suda çözünür polisakkarit içeriğine sahiptir [38]. Omega-3 ve omega-6 yağ asitleri gibi antioksidan etki gösteren birçok metaboliti üretmekte ve %5.5 klorofil ile %0.5 karotenoid olmak üzere önemli pigmentleri yapısında barındırmaktadır [38], [47]. Karotenoid bileşimi *Chlorella* türlerine göre değişebilmektedir [38]. Yaygın bulunan karotenoidler arasında, zeaksantin, violaksantin, neoksantin, kantaksantin, astaksantin, lutein, α-karoten ve β-karoten yer almaktadır [37], [38]. Ek olarak, çoklu doymamış yağ asitleri (ÇDYA), askorbik asit, β-1,3-glukan, α-tokoferol ve fenolik bileşikler gibi doğal bileşikler içermektedir [35], [38], [40]. *Chlorella*, türlerine göre değişimle birlikte, ferulik asit, p-kumarik asit, kafeik asit, floroglusinol, apigenin ve sinnamik asit gibi fenolik bileşiklerin de kaynağıdır [38].

Yüksek besin içeriğine ve biyoaktif bileşenlere sahip olan *Chlorella*, antioksidan, antiinflamatuvar, antitümör, antimikrobiyal, immünomodülasyon ve nöroproteksiyon gibi etkilere sahiptir [36], [38]. Yapısında bulunan pigmentler ile kolesterolü düzenleyici, kardiyovasküler hastalıklardan koruyucu, retina dejenerasyonuna karşı koruyucu ve bağışıklık sistemini güçlendirici etkileri olduğu bilinmektedir [37]. Yüksek kan basıncını ve hipertansiyonu önemli ölçüde azaltan *Chlorella*, bileşimindeki omega-3 yağ asitleri ile kanser hastalıkları ve nörolojik problemler üzerine de olumlu etki göstermektedir [42], [48], [49]. İçeriğindeki lutein ile, katarakt önleyici özellikler göstermekte ve yaraların iyileşmesini hızlandırmaktadır [35]. Anemi, kabızlık, mide ülseri ve alerjik reaksiyonları azaltan *Chlorella*, serbest radikalleri de temizlemektedir [35], [36], [41]. Düşük toksisiteye sahip olmasının yanı sıra, DNA hasarını indüklemekte, kolorektal ve karaciğer kanser hücreleri üzerinde antiproliferatif etki göstermektedir [38], [46].

IV. GIDA ENDÜSTRİSİNDE *Spirulina* spp. ve *Chlorella* spp.'NİN KULLANIMI

Dünya nüfusunun artmasıyla birlikte gıda endüstrisinde doğal, sürdürülebilir ürünlere ve alternatif kaynaklara olan talep gün geçtikçe artmaktadır [27]. Bu talebi karşılamak için zengin besin içeriği, antioksidan aktivitesi ve sağlık açısından olumlu etkileri olan mikroalgler potansiyel bir bileşen olarak görülmektedir [27]-[28], [50]. Fonksiyonel gıdaların geliştirilmesinde kullanılma potansiyeli olan mikroalgler ile zenginleştirilmiş makarna, un, kurabiye gibi çeşitli ürünler mevcuttur [21], [50]. Aşağıdaki kısımda mikroalglerden olan *Spirulina* spp. ve *Chlorella* spp. ile zenginleştirilmiş, son yıllarda yapılan gıda alanındaki çalışmalardan bazılarını kısaca değinilmiştir.

Sadeghi vd. [51] tarafından yapılan çalışmada, farklı konsantrasyonlarda (%0.05, %0.125 ve %0.25 g/g) *Spirulina platensis* ilave edilerek sporcu içeceği hazırlanmıştır. *Spirulina* biyokütlesi su, etanol ve etanollü su ile ekstrakte edilerek formülasyona dahil edilmiştir. 4°C'de 20 günlük depolamadan sonra, ürünün askorbik asit, toplam şeker gibi kimyasal özellikleri ve antioksidan aktiviteleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, toplam şekerin en düşük olduğu örnek kontrol numunesi iken, en yüksek olduğu örnek %0.25 ekstrakt içeren numune olmuştur. 21 günlük depolamadan sonra, numunelerde etanol, su ve etanollü su ile ekstrakte edilen ve %0.25 ekstrakt içeren numunelerde toplam şekerin sırasıyla %40, %27.25 ve %38 oranlarında azaldığı görülmüştür. Kontrol numunelerine kıyasla, zenginleştirilmiş ürünlerde askorbik asit içeriğinin önemli ölçüde yüksek olduğu belirtilmiştir. En yüksek askorbik asit içeriği %0.25 ekstrakt içeren spor içeceklerinde elde edilmiş ve depolama süresinde 1.3 mg/100 ml'ye kadar azaldığı gözlemlenmiştir. Zenginleştirilmiş ürünlerin antioksidan aktivitesi artmıştır. 21 günlük depolamadan sonra, numunelerde etanol, su ve etanollü su ile ekstrakte edilen ve %0.05 ekstrakt içeren numunelerde sırasıyla %18.31, %23.33 ve %22.11 olacak şekilde DPPH radikal süpürme etkisi olduğu belirtilmiştir. Sonuç olarak, sporcu içeceklerinin *Spirulina* ekstraktı ile zenginleştirilmesinin antioksidan aktiviteyi ve besin değerini önemli ölçüde artırdığı, *Spirulina*'nın iyi bir biyoaktif bileşik kaynağı olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

Shobha vd. [52] yaptıkları çalışmada, *Spirulina* tozu ile zenginleştirilmiş ve Glutensiz Kaliteli Protein Mısır (QPM) içeren makarnanın formülasyonunu standart hale getirmek için besin değerini, fiziksel özelliklerini ve pişirme özelliklerini değerlendirmeyi amaçlamışlardır. QPM makarnası, %50, %60, %70 ve %80 QPM unu, siyah mercimek unu, yağı alınmış soya unu, guar zamkı ve %2, %4, %6, %8 ve %10 oranlarında *Spirulina* eklenerek standardize edilmiştir. Makarna için en iyi kombinasyon, %60 QPM unu, %30 siyah mercimek unu, %6 *Spirulina*, %2 yağı alınmış soya unu, %2 guar zamkı olarak kabul edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, zenginleştirilmiş glutensiz makarnanın şişme indeksi 1.3 g/g, yığın yoğunluğu 0.54 kg/m³ ve pişmiş ağırlığı 11 g olarak elde edilmiştir. Aynı zamanda, besin içeriğinde, %44 mg kalsiyum, %21.6 protein, %8.6 mg demir, 100 g proteinde 3.1 g lisin ve 0.81 g triptofan olduğu belirtilmiştir. Ek olarak, *Spirulina* ilavesi, karotenoid içeriğinin 16 kat artmasına neden olmuştur. *Spirulina* tozu ve zenginleştirilmiş QPM'den oluşan glutensiz makarna formülasyonun, gluten intoleransı olan her yaşta insana uygun olduğu belirtilmiştir.

Farklı konsantrasyonlarda *Spirulina platensis* tozu (SPP) ve süt proteini konsantrasyonu (MPC) ilave edilerek, biyoaktif bileşik açısından zenginleştirilmiş yoğurt üretmek ve yoğurdun mikrobiyolojik, fizikokimyasal ve fonksiyonel özelliklerini araştırmak Mesbah vd. [53] tarafından amaçlanmıştır. Yapılan çalışmada, kontrol grubu T1 yağsız süt tozu (%2 SMP), T2 (%0.5 SPP+%1.5 MPC), T3 (%1 SPP+%1 MPC) ve T4 (%1.5 SPP+%0.5 MPC) olmak üzere dört farklı formülasyon birbirleriyle karşılaştırılmıştır. *Spirulina* tozunun bileşimi incelendiğinde, %62.40 protein, %7.12 yağ, 840.60 mg GAE/100 g toplam fenolik madde, 482.50 mg RE/100 g karotenoid, 680.60 mg/100 g flavonoid ve 1244 mg/100 g klorofil pigmenti içerdiği tespit edilmiştir. *Spirulina* tozunun pH değeri ise 6.29 olarak ölçülmüştür. Yapılan analizler sonucunda protein miktarı, kontrol numunesinde %3.92, T2 için ise %4.62 olarak belirlenmiştir. En yüksek antioksidan değerleri T4 örneğinde, DPPH ile %57.25 ve ABTS ile %51.14 olacak şekilde elde edilmiştir. Mikrobiyal analiz sonuçları incelendiğinde ise, en yüksek laktik asit bakteri değerlerinin T4 numunesinde elde edildiği ve 10.12^{log10} olduğu görülmüştür.

Numuneler duyuşsal olarak değerlendirildiğinde ise, %1 SPP ve %1 MPC içeren T3 numunesinin daha kabul edilebilir olduğu belirtilmiştir.

Atik vd. [54] yaptıkları çalışmada, farklı oranlarda (%0, %0.25 ve %0.50) *Spirulina platensis* ile zenginleştirilmiş, soya ve badem sütünden vegan kefir üretmeyi amaçlamışlardır. Zenginleştirilmiş vegan kefir örneklerinin fizikokimyasal özellikleri ve antioksidan aktivitelere incelenmiştir. Yapılan analizler sonucunda, *Spirulina platensis* konsantrasyonu arttıka, laktobasillerin ve laktokokların sayısı artmıştır. En yüksek laktokok sayılarının %0.50 *Spirulina platensis* ile zenginleştirilmiş soya sütü örneklerinde bulunduğu belirtilmiştir. Toplam fenolik içeriğinin, badem sütü kontrol numunesinde en düşük (6.09 mg GAE/kg), %0.50 *Spirulina platensis* tozu ile zenginleştirilmiş soya sütünde ise en yüksek (112.76 mg GAE/kg) olduğu grlmştir. Aynı zamanda *Spirulina platensis* ilavesinin kontrol grubuna kıyasla tüm numunelerde toplam fenolik içeriğini önemli ölçüde arttırdığı belirtilmiştir. 21 günlük soğuk depolama sırasında su tutma kapasitelerinin badem sütü kefir örneklerinde %13.35 ile %22 arasında, soya sütü kefir örneklerinde ise %15.30 ile %21.85 arasında değiştiği grlmştir. Sonuç olarak, *Spirulina platensis*'in, vegan ürünlerin biyoaktif ve besleyici özelliklerini geliştirmek için gıda takviyesi olarak kullanılabileceği dşnlmektedir.

Almeida vd. [55] tarafından yapılan çalışmada, farklı oranlarda (%0, %2, %3 ve %4) *Spirulina* spp. biyokütlesini ile zenginleştirilmiş fonksiyonel bir sos geliştirmek ve 45 günlük depolama boyunca duyuşsal, fizikokimyasal, mikrobiyolojik özelliklerini ve antioksidan aktivitelere değerlendirmek amaçlanmıştır. Konsantrasyonlar arasında en iyi özellikleri gösteren, %4 *Spirulina* spp. biyokütlesini içeren formülasyonun kontrole kıyasla önemli ölçüde artan tekli doymamış yağ asidi (%240), mineral (%192), lif (%57), kül (%40) ve protein (%34) içeriğine sahip olduğu grlmştir. Antioksidan aktivite 12 kat, fenolik içerik ise 2 kat artmıştır. Aynı zamanda, 45 günlük depolamadan önce ve sonra yapılan mikrobiyolojik analizlerde *Salmonella* sp., maya, küf, koagülaz pozitif *Staphylococcus* ve koliform görülmemiştir. Kontrol grubuna göre daha iyi özellikler sunan zenginleştirilmiş sosun, işlenmiş gıdaları tüketen insanların aldıkları besin değerini iyileştirmek için uygun bir seçenek olabileceği dşnlmektedir.

Garzon vd. [56] yaptıkları çalışmada, hamur asitliği ve mikroalg düzeyinin, ekmek kalitesi ve ekmeğin antioksidan özellikleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Kabul edilebilir ekmek kalitesini korumak ve kullanılabilecek maksimum *Chlorella vulgaris* tozu miktarını belirlemek için farklı konsantrasyonlarda (%1, %2 ve %3) mikroalg formülasyona dahil edilmiştir. Ekmekler, ekmek mayası ile hazırlanan referans ekmek hamurları, ekşi hamur içeren ekmek hamurları ve farklı oranlarda mikroalg tozu içeren kimyasal olarak asitlendirilmiş ekmek hamurları olarak hazırlanmıştır. Yapılan analizler sonucunda, %3'e kadar *Chlorella vulgaris* ile zenginleştirilen ekmeklerde, kontrol ekmeğine kıyasla daha düşük dilim alanı, yoğun yeşil renk tonu ve daha yüksek kırıntı sertliği olduğu karakterize edilmiştir. Aynı zamanda, hamur asitlenmesi ekmeklerin daha yumuşak olmasına ve *Chlorella vulgaris* ile zenginleştirilen ekmeklerin antioksidan kapasitesinin artmasına neden olmuştur. %2 ve %3 oranında *Chlorella vulgaris* içeren ekmeklerde toplam fenolik içeriğinin önemli ölçüde arttığı grlmştir. Aynı zamanda, hamur tipi ise toplam fenolik içeriğini, asitlendirilmiş hamur > ekşi hamur > referans hamur olacak şekilde etkilemiştir. Ek olarak, *Chlorella vulgaris* ile zenginleştirilmiş ekmeklerin kül ve protein içeriklerinin arttığı, ekşi hamurlarla yapılan veya kimyasal olarak asitlendirilmiş, mikroalg ile zenginleştirilmiş ekmeklerin daha yüksek toplam fenolik içeriğe ve antioksidan aktiviteye sahip olduğu belirtilmiştir. Sonuç olarak, *Chlorella vulgaris*'in sağlığa faydalı etkileri bulunduğu ve kimyasal olarak veya ekşi maya ile hazırlanan hamurlarla yapılan ekmeklerde kullanılması uygun grlmştir.

Sentetik boyalar yerine *Chlorella sorokiniana* biyokütlesini ile zenginleştirilen makarna formülasyonunu geliştirmek ve kalite parametrelerini incelemek Bazarnova vd. [57] tarafından amaçlanmıştır. Zenginleştirilmiş rn lipit, protein, karotenoid ve klorofil içeriği bakımından incelenmiştir. *Chlorella sorokiniana* un karışımının %5'ini oluşturacak şekilde bir fito katkı maddesi olarak formülasyona dahil edilmiştir. %5'ten fazla miktarda mikroalg eklenmesi ile makarnada balık aromasının gözlemlendiği belirtilmiştir. %5 *Chlorella sorokiniana* ikamesini ile protein içeriğinde yaklaşık %15.7, lipit içeriğinde ise yaklaşık %4.1 artış olduğu grlmştir. Ek olarak, mikroalg ile zenginleştirilmiş makarnanın klorofil içeriği (52.1 g/100 g) ve karotenoid içeriği (3.5 g/100 g) artmıştır. Sonuç olarak, yeşil

mikroalglerin un ürünlerine dahil edilmesi, sentetik katkı maddeleri kullanılmadan da doğal bir ürünle renklendirmenin yapılabileceği belirtilmiştir.

Ziaziabari ve Fadaei [58] tarafından yapılan çalışmada, yumurta yerine farklı oranlarda (%0, %1, %2.5 ve %4) *Chlorella protothecoides*'in krem karamel formülasyonuna dahil edilmesinin ürünün besin içeriğine olan etkileri incelenmiştir. %4 *Chlorella protothecoides* içeren krem karamel numunesinin, maksimum karotenoid, protein, kalsiyum, fosfor, D ve E vitamini içerdiği belirtilmiştir. Aynı zamanda bu numunenin, minimum şeker ve maksimum linoleik, linolenik ve oleik yağ asitlerine sahip olduğu görülmüştür. Diğer numunelere göre daha yüksek genel kabul edilebilirliğe sahip olan %4 mikroalg içeren numunede maksimum viskozite elde edilmiştir. Ek olarak, *Chlorella protothecoides* içeriğinin %2.5'ten %4'e yükselmesi ile krem karamel tatlısındaki protein içeriğinin %1.76 arttığı belirtilmiştir.

Tian vd. [59]'nın yaptıkları çalışmada, buğday unu ve farklı oranlarda (%0.5, %1, %1.5, %2, %2.5 ve %3) *Chlorella pyrenoidosa* tozu ilave edilen hamurun temel bileşenleri, kalite parametreleri, fermentasyon özellikleri ve reolojik özellikleri incelenmiştir. Yapılan analizler sonucunda, buğday unu ve *Chlorella pyrenoidosa* tozu kullanılarak hazırlanan hamur renklerinin belirgin ve çekici bir yeşil tonuna sahip olduğu belirtilmiştir. Farklı oranlarda *C. pyrenoidosa* tozuna sahip bütün örneklerin, kontrol örneğine kıyasla protein içeriklerinin önemli ölçüde arttığı gözlemlenmiştir. Aynı zamanda, %1'den fazla *Chlorella* tozu kullanımının, diğer unlara kıyasla kül içeriğini önemli ölçüde arttırdığı görülmüştür. Formülasyona ilave edilen *C. pyrenoidosa* tozunun artmasıyla birlikte gluten indeksi ve hamurun esnekliği azalmıştır. %1 *Chlorella pyrenoidosa* tozu ilavesinin hamur fermentasyon özellikleri için nispeten uygun olduğu ve gluten ağının güçlendiği, diğer formülasyonlara göre daha düşük mukavemetli ve daha uzayabilme kabiliyetine sahip hamur elde edildiği belirtilmiştir. *Chlorella pyrenoidosa* tozunun, bisküvi ve erişte gibi unlu mamüllerde kullanılabileceği düşünülmektedir.

Tohamy vd. [60] yaptıkları çalışmada *Chlorella vulgaris*'in, işlenmiş peynir karışımlarında besleyici ve sağlıklı bir takviye olarak kullanılabilirliğini araştırmışlardır. İşlenmiş peynir karışımlarına, Ras peyniri, olgun kaşar peyniri, yağsız süt tozu, tereyağı, emülsifiye tuzlar (K-2394, S9S ve S4) ve *Chlorella vulgaris* (dondurularak kurutulmuş ve bulamaç olmak üzere iki farklı formda) formülasyona dahil edilmiştir. Peynir karışımları, %2, %4 ve %6 oranlarında dondurularak kurutulmuş *Chlorella vulgaris* tozu ve %4 oranında *Chlorella vulgaris* bulamacı ile zenginleştirilmiştir. Zenginleştirilen ürünlere, kimyasal, duyuşsal ve reolojik analizler yapılmıştır. Mikroalg ile zenginleştirilmiş peynirler duyuşsal olarak incelendiğinde, %2 *Chlorella vulgaris* ilavesinin en iyi sonucu verdiği, ardından %4 ilavesinin geldiği, fakat %6 oranında ilave edilmesinin tüketiciler tarafından kabul edilmediği belirtilmiştir. *Chlorella vulgaris* ile zenginleştirilen peynirlerin, selenyum, demir, potasyum, çinko ve magnezyum içeriklerinin ve antioksidan aktivitenin kontrol örneğine göre arttığı görülmüştür. Emülsifiye edici tuzlar karşılaştırıldığında, hem S9S hem de S4'ün kullanılabilir olduğu ve S4'ün eritilebilirlik ve yağlama bakımından en iyi sonuçları verildiği belirtilmiştir. Ek olarak, *Chlorella vulgaris* bulamaç halinde kullanıldığında, peynir karışımlarının granüler dokusunun tamamen kaybolduğu gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, %2'lik kurutulmuş toz *Chlorella vulgaris* ile %4'lük bulamaç formundaki *Chlorella vulgaris*'in işlenmiş peynir formülasyonuna dahil edilebileceği uygun görülmüş ve S4 emülsifiye tuzlarının peynir üretiminde kullanılabileceği belirtilmiştir.

V. SONUC

Dünyada yaşayan en yaygın fotosentetik organizmalardan olan algler, morfolojisi ve boyutu açısından oldukça değişkendir. İyi gelişmiş bir çekirdeğe, klorofil ve diğer pigmentleri içeren bir kloroplasta, hücre duvarına ve bir kamçıya sahip olan algler, mikroalgler ve makroalgler olarak ikiye ayrılmaktadır. Proteinler, lipitler, karbonhidratlar ve polifenoller gibi değerli besin içeriğine sahip olan alglerin protein içeriği, buğday, fasulye ve pirinç gibi diğer bitki kaynaklarından üstündür. Antiinflatuar, prebiyotik, antidiyabetik, antibakteriyel, antioksidan ve antikanser gibi sağlığa faydalı birçok etkisi bulunan algler, doğa dostu ve uygun maliyetli olduğu için kozmetik, ilaç, sağlık ve gıda gibi birçok endüstride kullanılmaktadır. Gıda endüstrisinde, sütlü tatlılarda, yoğurtta, peynirde, fermente ürünlerde ve diğer işlenmiş gıdalarda kullanılabilmektedir. Mikroalglerden olan, *Spirulina* spp. ve *Chlorella* spp. ile

zenginleştirilmiş gıda alanındaki çalışmalar incelendiğinde, protein, vitamin ve mineral gibi besin içeriklerinin, toplam fenolik maddenin ve pigmentlerin arttığı gözlemlenmiştir. Zenginleştirilecek gıda için uygun formülasyonun optimize edilmesi, besin içeriği bakımından ve duyuşal açıdan kabul edilebilir ürünler oluşturulması için daha fazla çalışma yapılması gerektiği düşünölmektedir.

VI. KAYNAKLAR

- [1] A. Sasa, F. Şentürk, Y. Üstündağ ve F. Erem, “Alglerin gıda veya gıda bileşeni olarak kullanımı ve sağılık üzerine etkileri,” *International Journal of Engineering, Design and Technology*, c. 2, s. 2, ss. 97-110, 2020.
- [2] 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.
- [3] Y. Torres-Tiji, F. J. Fields and S. P. Mayfield, “Microalgae as a future food source,” *Biotechnology advances*, vol. 41, pp. 107536, 2020.
- [4] A. Ü. Alçay, K. Bostan, E. Dinçel ve C. Varlık, “Alglerin insan gıdası olarak kullanımı,” *Aydın Gastronomy*, c. 1, s. 1, ss. 47-59, 2017.
- [5] N. Sharma and P. Sharma, “Industrial and biotechnological applications of algae: a review,” *Journal of Advances in plant biology*, vol. 1, no. 1, 2017.
- [6] Z. Nale, “Yenilikçi gıda ürünlerinin geliştirilmesinde alternatif bir kaynak: mikroalgler,” *Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, c. 4, s. 1, ss. 80-90, 2021.
- [7] M. B. Ariede, T. M. Candido, A. L. M. Jacome, M. V. R. Velasco, J. C. M. de Carvalho and A. R. Baby, “Cosmetic attributes of algae-a review,” *Algal research*, vol. 25, pp. 483-487, 2017.
- [8] 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.
- [9] S. Uzuner ve A. Haznedar, “Fonksiyonel gıda için sağılıklı takviye: mikroalgler,” *Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, c. 5, s. 2, ss. 212-226, 2020.
- [10] E. Jacob-Lopes, M. M. Maroneze, M. C. Deprá, R. B. Sartori, R. R. Dias and L. Q. Zepka, “Bioactive food compounds from microalgae: an innovative framework on industrial biorefineries,” *Current Opinion in Food Science*, vol. 25, pp. 1-7, 2019.
- [11] M. Överland, L. T. Mydland and A. Skrede, “Marine macroalgae as sources of protein and bioactive compounds in feed for monogastric animals,” *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 99, no. 1, pp. 13-24, 2018.
- [12] 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.
- [13] R. Dineshkumar, R. Narendran, P. Jayasingam and P. Sampathkumar, “Cultivation and chemical composition of microalgae *Chlorella vulgaris* and its antibacterial activity against human pathogens,” *Journal of Aquaculture & Marine Biology*, vol. 5, no. 3, pp. 00119, 2017.
- [14] A. Niccolai, G. C. Zittelli, L. Rodolfi, N. Biondi and M. R. Tredici, “Microalgae of interest as food source: biochemical composition and digestibility,” *Algal Research*, vol. 42, pp. 101617, 2019.

- [15] J. A. Ragaza, M. S. Hossain, K. A. Meiler, S. F. Velasquez and V. Kumar, "A review on Spirulina: alternative media for cultivation and nutritive value as an aquafeed," *Reviews in Aquaculture*, vol. 12, no. 4, pp. 2371-2395, 2020.
- [16] S. Grosshagauer, K. Kraemer and V. Somoza, "The true value of Spirulina," *Journal of agricultural and food chemistry*, vol. 68, no. 14, pp. 4109-4115, 2020.
- [17] R. A. Soni, K. Sudhakar and R. S. Rana, "Spirulina—from growth to nutritional product: a review," *Trends in food science & technology*, vol. 69, pp. 157-171, 2017.
- [18] J. J. DiNicolantonio, A. G. Bhat and J. O'Keefe, "Effects of spirulina on weight loss and blood lipids: a review," *Open heart*, vol. 7, no. 1, pp. e001003, 2020.
- [19] D. Wan, Q. Wu and K. Kuča, *Nutraceuticals*, R. C. Gupta ed., Boston: Academic Press, 2016, ch. 42, pp. 569-583.
- [20] F. Matufi and A. Choopani, "Spirulina, food of past, present and future," *Health Biotechnology and Biopharma*, vol. 3, no. 4, pp. 1-20, 2020.
- [21] T. Lafarga, J. M. Fernández-Sevilla, C. González-López and F. G. Acien-Fernández, "Spirulina for the food and functional food industries," *Food Research International*, vol. 137, pp. 109356, 2020.
- [22] Q. Wu, L. Liu, A. Miron, B. Klímová, D. Wan and K. Kuča, "The antioxidant, immunomodulatory, and anti-inflammatory activities of Spirulina: an overview," *Archives of toxicology*, vol. 90, no. 8, pp. 1817-1840, 2016.
- [23] T. Lafarga, A. Sánchez-Zurano, S. Villaró, A. Morillas-España and G. Acien, "Industrial production of spirulina as a protein source for bioactive peptide generation," *Trends in Food Science & Technology*, vol. 116, pp. 176-185, 2021.
- [24] T. Trotta, C. Porro, A. Cianciulli and M. A. Panaro, "Beneficial effects of spirulina consumption on brain health," *Nutrients*, vol. 14, no. 3, pp. 676, 2022.
- [25] A. Finamore, M. Palmery, S. Bensehaila and I. Peluso, "Antioxidant, immunomodulating, and microbial-modulating activities of the sustainable and ecofriendly spirulina," *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2017.
- [26] J. Reboleira, R. Freitas, S. Pinteus, J. Silva, C. Alves, R. Pedrosa and S. Bernardino, *Nonvitamin and nonmineral nutritional supplements*, S. M. Nabavi and A. S. Silva ed., India: Academic Press, 2019, ch. 3.39, pp. 409-413.
- [27] D. P. Jaeschke, I. R. Teixeira, L. D. F. Marczak and G. D. Mercali, "Phycocyanin from Spirulina: a review of extraction methods and stability," *Food Research International*, vol. 143, pp. 110314, 2021.
- [28] F. Jung, A. Krüger-Genge, P. Waldeck and J. H. Küpper, "Spirulina platensis, a super food?," *Journal of Cellular Biotechnology*, vol. 5, no. 1, pp. 43-54, 2019.
- [29] J. A. V. Costa, B. C. B. Freitas, G. M. Rosa, L. Moraes, M. G. Morais and B. G. Mitchell, "Operational and economic aspects of Spirulina-based biorefinery," *Bioresource technology*, vol. 292, pp. 121946, 2019.
- [30] S. Ötleş and R. Pire, "Fatty acid composition of Chlorella and Spirulina microalgae species," *Journal of AOAC international*, vol. 84, no. 6, pp. 1708-1714, 2001.

- [31] W. Shao, R. Ebaid, M. El-Sheekh, A. Abomohra and H. Eladel, "Pharmaceutical applications and consequent environmental impacts of Spirulina (Arthrospira): an overview," *Grasas y Aceites*, vol. 70, no. 1, pp. e292, 2019.
- [32] P. Han, J. Li, H. Zhong, J. Xie, P. Zhang, Q. Lu, ... and W. Zhou, "Anti-oxidation properties and therapeutic potentials of spirulina," *Algal Research*, vol. 55, pp. 102240, 2021.
- [33] I. Ragusa, G. N. Nardone, S. Zanatta, W. Bertin and E. Amadio, "Spirulina for skin care: a bright blue future," *Cosmetics*, vol. 8, no. 1, pp. 7, 2021.
- [34] S. Hu, X. Fan, P. Qi and X. Zhang, "Identification of anti-diabetes peptides from Spirulina platensis," *Journal of functional foods*, vol. 56, pp. 333-341, 2019.
- [35] J. Matos, C. Cardoso, N. M. Bandarra and C. Afonso, "Microalgae as healthy ingredients for functional food: a review," *Food & function*, vol. 8, no. 8, pp. 2672-2685, 2017.
- [36] Q. Yuan, H. Li, Z. Wei, K. Lv, C. Gao, Y. Liu and L. Zhao, "Isolation, structures and biological activities of polysaccharides from Chlorella: a review," *International Journal of Biological Macromolecules*, vol. 163, pp. 2199-2209, 2020.
- [37] I. A. Ibrahim and Z. I. Elbaily, "A review: importance of chlorella and different applications," *Alexandria Journal for Veterinary Sciences*, vol. 65, no. 1, pp. 16-34, 2020.
- [38] D. Widyaningrum and A. D. Prianto, "Chlorella as a source of functional food ingredients: short review," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 794, no. 1, pp. 012148, 2021.
- [39] W. Q. C. Lung, H. Y. Yeh, S. J. Yang, C. Y. Huang, F. H. Nan and M. C. Lee, "Delayed signs of UV-C damage to Chlorella sp. observed through fluorescent staining," *Diversity*, vol. 14, no. 5, pp. 376, 2022.
- [40] T. Dahril, A. Mulyadi and Eddiwan, "The growth, production and chemical compounds of Chlorella sp. in various concentrations of palm oil wastewater in laboratory culture media," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 749, no. 1, pp. 012004, 2021.
- [41] G. Tang and P. M. Suter, "Vitamin A, nutrition, and health values of algae: Spirulina, Chlorella, and Dunaliella," *Journal of Pharmacy and Nutrition Sciences*, vol. 1, no. 2, pp. 111-118, 2011.
- [42] R. Ahmad Raus, N. S. Adzahar, D. F. Basri, E. S. Latif and N. J. Sallehudin, "In vitro and in vivo cytotoxic effects of Chlorella against various types of cancer," *IIUM Medical Journal Malaysia*, vol. 20, no. 1, 2021.
- [43] G. Dragone, "Challenges and opportunities to increase economic feasibility and sustainability of mixotrophic cultivation of green microalgae of the genus Chlorella," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 160, pp. 112284, 2022.
- [44] I. B. Hismayasari, Ernawati, A. S. Abadi and A. W. Puspitasari, "The growth of Chlorella sp. with varying nutrient concentration," *Jurnal Airaha*, vol. 10, no. 02, pp. 295-301, 2021.
- [45] N. Hosseinkhani, J. I. McCauley and P. J. Ralph, "Key challenges for the commercial expansion of ingredients from algae into human food products," *Algal Research*, vol. 64, pp. 102696, 2022.
- [46] A. Dawczak-Dębicka, J. Kufel-Grabowska, M. Bartoszkiewicz, A. Perdyan and J. Jassem, "Complementary and alternative therapies in oncology," *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 19, no. 9, pp. 5071, 2022.

- [47] R. Rasheed, I. Saadaoui, T. Bounnit, M. Cherif, G. Al Ghazal and H. Al Jabri, "Sustainable food production and nutraceutical applications from Qatar desert *Chlorella* sp.(chlorophyceae)," *Animals*, vol. 10, no. 8, pp. 1413, 2020.
- [48] M. Shimada, T. Hasegawa, C. Nishimura, H. Kan, T. Kanno, T. Nakamura and T. Matsubayashi, "Anti-hypertensive effect of γ -aminobutyric acid (GABA)-rich *Chlorella* on high-normal blood pressure and borderline hypertension in placebo-controlled double blind study," *Clinical and Experimental Hypertension*, vol. 31, no. 4, pp. 342-354, 2009.
- [49] R. Sivaramakrishnan and A. Incharoensakdi, "Plant hormone induced enrichment of *Chlorella* sp. omega-3 fatty acids," *Biotechnology for biofuels*, vol. 13, no. 1, pp. 1-14, 2020.
- [50] M. Igual, Z. N. Uribe-Wandurraga, P. García-Segovia and J. Martínez-Monzó, "Microalgae-enriched breadsticks: analysis for vitamin C, carotenoids, and chlorophyll a," *Food Science and Technology International*, vol. 28, no. 1, pp. 26-31, 2021.
- [51] T. Sadeghi, M. M. Marvizadeh, F. Ebrahimi, S. Mafi, O. Foughani and A. M. Nafchi, "Assessment of nutritional and antioxidant activity of sport drink enriched with *Spirulina platensis*," *Journal of Chemical Health Risks*, vol. 12, no. 0, pp. 0-0, 2022.
- [52] U. K. Veena, D. Shobha, N. Joshi, M. B. Darshan and P. S. Benherlal, "Spirulina enriched gluten free quality protein maize (QPM) pasta as functional food," *Emirates Journal of Food and Agriculture*, vol. 34, no. 4, pp. 279-288, 2022.
- [53] E. E. Mesbah, A. A. Matar and A. A. K. Karam-Allah, "Functional properties of yoghurt fortified with *Spirulina platensis* and milk protein concentrate," *Journal of Food and Dairy Sciences*, vol. 13, no. 1, pp. 1-7, 2022.
- [54] D. S. Atik, B. Gürbüz, E. Bölük and İ. Palabıyık, "Development of vegan kefir fortified with *Spirulina platensis*," *Food Bioscience*, vol. 42, pp. 101050, 2021.
- [55] L. M. R. Almeida, L. F. da Silva Cruz, B. A. S. Machado, I. L. Nunes, J. A. V. Costa, E. de Souza Ferreira, ... and C. O. de Souza, "Effect of the addition of *Spirulina* sp. biomass on the development and characterization of functional food," *Algal Research*, vol. 58, pp. 102387, 2021.
- [56] R. Garzon, A. Skendi, M. A. Lazo-Velez, M. Papageorgiou and C. M. Rosell, "Interaction of dough acidity and microalga level on bread quality and antioxidant properties," *Food Chemistry*, vol. 344, pp. 128710, 2021.
- [57] J. Bazarnova, L. Nilova, E. Trukhina, M. Bernavskaya, Y. Smyatskaya and T. Aktar, "Use of microalgae biomass for fortification of food products from grain," *Foods*, vol. 10, no. 12, pp. 3018, 2021.
- [58] F. Ziabiabari and V. Fadaei, "Characterization of a traditional egg-free crème caramel dessert containing *Chlorella protothecoides*," *Journal of Food Biosciences and Technology*, vol. 12, no. 2, pp. 1-14, 2022.
- [59] S. Tian, F. Wang, M. Luo, F. Yan, D. Ke, H. Chen and S. Gao, "Effect of *Chlorella pyrenoidosa* powder on rheological properties and fermentation characteristics of dough," *Journal of Food Processing and Preservation*, vol. 46, no. 4, pp. e16446, 2022.
- [60] M. M. Tohamy, M. A. Ali, H. A. G. Shaaban, A. G. Mohamad and A. M. Hasanain, "Production of functional spreadable processed cheese using *Chlorella vulgaris*," *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, vol. 17, no. 4, pp. 347-358, 2018.