



Fonksiyonel Bir Gıda Katkısı Olarak *Spirulina platensis**

Çağrı GÜLER^{1,a}  Zehra TÜRKÖĞLU^{1,b}  Mehmet Ali SALIK^{2,c}  Özgenur TÜRKMEN^{1,d} 
Ayla ARSLANER^{1,e**} 

¹Bayburt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Bayburt, Türkiye

²Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Erzurum, Türkiye

**Sorumlu yazar e-mail: aylaarslaner@bayburt.edu.tr

doi: 10.17097/ataunizfd.896473

Geliş Tarihi (Received): 15.03.2021 Kabul Tarihi (Accepted): 15.09.2021 Yayın Tarihi (Published): 26.09.2021

ÖZ: Yetersiz ve dengesiz beslenme endişesi ve artan sağlık problemlerinin gıda katkı maddeleri ile ilişkilendirilmesi, tüketicilerin sağlıklı ve minimal işlenmiş fonksiyonel ürünlere olan ilgisini her geçen gün artırmaktadır. Diğer taraftan geri kalmış ve gelişmekte olan ülkelerde açlık sınırında yaşayan ve açlıkla mücadele eden milyonlarca insanın varlığına rağmen, endüstriyel toplumlarda büyük ölçüde önlenemeyen gıda israfı ve gıda kaynaklarında azalma devam etmektedir. Bu durum alternatif gıda arayışında büyük etkiye sahiptir. Denizlerde, göllerde, tatlı sularda doğal olarak yetişmeleri ve zengin besin bileşimleri nedeniyle dünyanın pek çok yerinde mikroalgler uzun yıllardır insanların temel besin ve geçim kaynaklarından biri olmuştur. *Spirulina platensis*, genellikle tek hücreli bir protein olarak kullanılan ve mavi-yeşil alg olarak bilinen iplikli bir siyanobakteridir. Gıda sektöründe değerlendirilen hammaddelerle karşılaştırıldığında *Spirulina*, zengin protein, esansiyel yağ asidi ve aminoasit, karotenoid, vitamin ve mineral içeriği yanında veriminin yüksek oluşu ile dikkat çekmektedir. Zengin fitokimyasal içeriğine bağlı olarak karaciğer, sinir sistemi ve böbrek koruyucu etkileri yanında; antitümör, antiinflamatuvar, antioksidan, hipoglisemik ve hipolipidemik fonksiyonlara sahip olduğu bildirilmektedir. Bu çalışmada, *S. platensis*'in bazı fizikokimyasal nitelikleri, insan sağlığına etkileri ve gıda teknolojisinde kullanım potansiyelinden bahsedilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Spirulina*, Mikroalg, Fonksiyonel Gıda, Beslenme, Sağlık

Spirulina platensis as A Functional Food Additive

ABSTRACT: The concerns about inadequate and unbalanced nutrition and the increase in health problems associated with food additives increase the interest of consumers in healthy and minimally-processed functional food products. Despite the millions of people living and trying to survive in hunger in underdeveloped and developing countries, food wastage and reduction in food resources still continue in industrial societies and cannot be prevented to a great extent. This case has a major impact on the search for alternative foods. Due to their natural growth in seas, lakes and fresh waters and their rich nutritional composition, microalgae have been one of the main foods and source of income for people for years. *Spirulina platensis*, a filamentous cyanobacterium known as blue-green algae, is often used as a single-celled protein. Compared with the raw materials evaluated in the food industry, *Spirulina* is drawn attention due to its rich protein, essential fatty acids and amino acids, carotenoids, vitamin and mineral content, and also having higher yield. It also has a high yield. In addition to its protective effects on liver, nervous system and kidney thanks to its rich phytochemical content, it has been reported to possess antitumor, anti-inflammatory, antioxidant, hypoglycemic and hypolipidemic properties. In this review, the physicochemical properties of *S. platensis*, its effects on human health and its potential in food technology will be discussed.

Keywords: *Spirulina*, Microalgae, Functional Food, Nutrition, Health

Bu makaleye atıfta bulunmak için / To cite this article: Güler, Ç., Türkoğlu, Z., Salık, M.A., Türkmen, Ö., Arslaner, A., 2021. Fonksiyonel Bir Gıda Katkısı Olarak *Spirulina platensis*. Atatürk Univ. Ziraat Fak. Derg., 52 (3): 351-360. doi: 10.17097/ataunizfd.896473

^aORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9512-9912> ^bORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6449-5669>

^cORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4727-9830> ^dORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6251-3704>

^eORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2777-9697>

*Bu çalışma, 1. Uluslararası Malatya Uygulamalı Bilimler Kongresi (20-22 Aralık 2019, Malatya, Türkiye)'nde sözlü bildiri olarak sunulan "Fonksiyonel Bir Gıda Katkısı Olarak *Spirulina platensis*" başlıklı çalışma genişletilerek hazırlanmıştır.



GİRİŞ

Günümüzde içeriğinde pek çok aktif fitokimyasal bulunan doğal kaynaklı preparatlar dünyanın birçok yerinde alternatif tıp tedavilerinde ya da gıda takviyesi şeklinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Ernst and Banks, 2002). *Arthrospira*, çok hücreli, silindirik ve filamentöz bir siyanobakteri cinsidir. Ekonomik olarak, en önemli iki türü olan *Arthrospira platensis* ve *Arthrospira maxima* sıklıkla *Spirulina* adı altında toz, tablet ve kapsül gibi farklı formlarda gıda takviyesi olarak pazarlanmaktadır (Ciferri, 1983). Günümüzde *Spirulina* kapalı fotobiyoreaktörler veya açık göletlerde yetiştirilmektedir. Filtrasyon, santrifüjleme veya yüzdürme yoluyla hasadı gerçekleştirilen biyokütle; kurutulmuş, parçacık boyutu 200-800 nm'ye ulaşmaya kadar öğütüldükten sonra toz ya da preslenmiş tablet formunda ambalajlanmaktadır (Sudhakar et al., 2014; Soni et al., 2017).

Ticari değere sahip olan ve üzerinde yoğun araştırmaların yapıldığı *Spirulina platensis*'in Aztek uygarlığı döneminden bu yana Meksikalılar ve Çad gölü etrafında yaşayan yerliler tarafından bin yılı aşkın süredir yiyecek olarak tüketildiği, yüzlerce yıldır halk hekimliğinde birçok hastalığın tedavisinde kullanıldığı belgelenmiştir. Eski çağlardan bu yana besin olarak kullanılan *S. platensis* ilk kez 1963 yılında Fransız Petrol Araştırma Enstitüsü tarafından bilimsel çalışmalara konu olmuş ve ticari anlamda üretimi gerçekleştirilmiştir (Ciferri, 1983).

S. platensis; zengin protein, esansiyel yağ asidi, aminoasit, karotenoid, vitamin ve mineral içeriği yanında veriminin yüksek oluşuyla da dikkat çekmiş ve NASA (National Aeronautics and Space Administration) ile ESA (European Space Agency) tarafından uzay yolculuklarında esas yiyecek olarak kullanılmıştır (Asghari et al., 2016). Birleşmiş Milletler ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından bu besinin hem çocuklar hem de yetişkinler için oldukça faydalı bir gıda takviyesi olduğu beyan edilmiştir (Michaelsen et al., 2009). Ülkemizde ise 2000'li yılların başında ilk defa Ege Üniversitesi tarafından üretimi gerçekleştirilmiştir (Gökpinar et al., 2013). *S. platensis*'in güvenilirliği birçok toksikolojik çalışmayla ispatlanarak, 2012 yılında FDA (Food and Drug Administration) tarafından GRAS (Generally Recognised As Safe) listesine alınmış ve sağlık için günlük 3-10 g tüketilmesi önerilmiştir (FDA, 2012; Seyidoğlu et al., 2017).

Diyette yer alan diğer gıdalar gibi su ürünlerinin de ağır metal kontaminasyonu açısından ciddiyetle takibinin yapılması tüketici güvenliği açısından önemlidir. *Spirulina* besin takviyelerinde bakır, kurşun, civa ve arsenik kontaminasyonu ile ilgili risk bulunabileceği, bu tehlikenin üretim şartlarının iyileştirilmesi ve denetimle ortadan kaldırılabileceği ifade edilmektedir (Jung et al., 2019; Rzymiski et al., 2019).

Bu çalışmada; gıda katkı maddesi olarak unlu mamuller, süt ürünleri, emülsiyon et ürünleri ve tatlılar gibi gıda sanayinin birçok dalında kullanıma potansiyeline sahip olan ve ülkemizde ticari olarak üretimi gerçekleştirilen *S. platensis*'in bazı fizikokimyasal nitelikleri, insan sağlığına etkileri ve gıda sanayinde kullanım potansiyeli ele alınmıştır.

***Spirulina platensis*'in bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri**

S. platensis yaklaşık %70 protein içermekle birlikte (Saranraj and Sivasakth, 2014), bileşiminde özellikle A, B₂, B₃ ve B₁₂ gibi vitaminler ile demir, magnezyum, kalsiyum ve potasyum gibi mineralleri yoğun olarak bulundurmaktadır. *Spirulina*'nın içeriğinde kuru ağırlığın yaklaşık %20'sini oluşturan fikosiyanın gibi aktif fitokimyasallar da yüksek oranda bulunmaktadır. Ayrıca bu doğal ürünün yüksek konsantrasyonda çoklu doymamış yağ asidi ve gamma linolenik asit içerdiği de bilinmektedir (El-Baz et al., 2013).

Spirulina mikroalginin genel kimyasal kompozisyonu birçok çalışmaya konu olmuştur. Çizelge 1'de *Spirulina*'nın pH, kurumadde, protein, yağ, kül, karbonhidrat, ham lif ve enerji oranlarının belirlendiği çalışmalardan derlenen veriler yer almaktadır. Bildirilen bu değerlerden *Spirulina* mikroalginin gıda bileşenleri açısından iyi ve dengeli bir kaynak olduğu anlaşılmaktadır.

Spirulina mikroalginin mineral kompozisyonunun araştırıldığı bazı çalışmalardan derlenen bulgular Çizelge 2'de sunulmuştur. Araştırma bulguları arasında varyasyonlar olduğu görüldüğü de *Spirulina*'nın bazı makro ve mikro mineraller açısından zengin bir kaynak olduğu açıktır. *S. platensis*'in ilave edildiği ürünlerde kalsiyum, demir, selenyum, potasyum ve çinko miktarlarının arttığı rapor edilmiştir (Özbal, 2020).

Çizelge 1. *Spirulina* mikroalginin bazı fizikokimyasal özellikleri (%)**Table 1.** *Some physicochemical properties of Spirulina microalgae (%)*

pH	KM	Nem	Protein	Yağ	Kül	KH	Ham Lif	Enerji (kcal)	Referanslar
-	93-97	3-7	55-70	6-8	7-13	15-25	8-10	-	Belay (1997)
-	88.08	11.92	58.20	2.60	8.44	-	0.78	428.6	Alvarenga et al. (2011)
6.84	95.36	4.74	62.84	6.93	7.47	3.56	8.12	-	Sharoba (2014)
-	92.39	7.61	55.21	7.34	10.13	15.84	3.88	-	Marrez et al. (2014)*
7.81	94.58	5.42	60.32	7.28	6.88	17.63	-	369.28	Bensehailaet al. (2015)
-	93.49	6.51	58.72	4.0	1.70	27.0	-	410.0	Gün (2019)
-	93.53	6.47	66.67	1.07	0.17	22.24	-	347.96	Özbal (2020)

KM: Kurumadde, KH: Karbonhidrat, *İlgili çalışmada bildirilen değerlerin ortalamasına ait veriler.

Çizelge 2. *Spirulina* mikroalginin mineral kompozisyonu**Table 2.** *Mineral composition of Spirulina microalgae*

Mineraller (mg/100g)	Belay (1997)	Sharoba (2014)	Marrez et al. (2014)*	Özbal (2020)	Lafarga et al. (2020)
P	800	2191.71	124.18	1100	118.0
Na	900	1540.46	350	1167	1000
K	1400	2085.28	68.68	2000	1400
Ca	700	922.28	424.35	466.7	-
Mg	400	1.19	5.7	766.7	195.0
Fe	100	273.20	22.81	300	28.5
Zn	3.0	3.62	1.50	3.3	2.0
Cu	1.2	1.22	2.53	0.7	6.1
Mn	5.0	5.66	3.60	0.013	1.9
Cr	0.28	0.33	-	2.17	-
Se	-	0.04	-	-	0.0072

*İlgili çalışmada bildirilen değerlerin ortalamasına ait veriler.

Spirulina'nın vitamin kompozisyonunun araştırıldığı bazı çalışma sonuçlarından derlenen sonuçlar Çizelge 3'te verilmiştir. İnsan ve hayvanlarda vitamin ihtiyacının düşük miktarlarda mikroalg tüketimi ile karşılanabileceği bildirilmiştir (Folarin and Sharma, 2017). *Spirulina*'nın genel kimyasal

kompozisyonu, mineral ve vitamin değerleri ile ilgili araştırma sonuçları arasındaki varyasyonların, farklı ülkelerde ve bölgelerdeki farklı su ortamlarından (deniz, göl, tatlı su, tuzlu su, havuz) elde edilmiş mikroalglerle çalışılmış olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 3. *Spirulina* mikroalginin vitamin kompozisyonu**Table 3.** *Vitamin composition of Spirulina microalgae*

Vitaminler (mg/100g)	Belay (1997)	Sharoba (2014)	Lafarga et al. (2020)
B ₁ (Tiamin)	3.50	5.80	2.4
B ₂ (Riboflavin)	4.0	4.65	3.7
B ₃ (Niasin)	14.0	15.35	12.8
B ₆ (Pridoksin)	0.80	0.94	0.4
B ₁₂ (Kobalamin)	0.32	0.18	-
Folik asit (Folisin)	0.01	9.92	-
Pantotenik asit	0.10	0.11	-
Biotin (H vitamini)	0.005	0.008	-
Provitamin A	140 IU	-	570 IU
Vitamin K	2.20	1.10	-
Vitamin E	5.0	9.86	5.0

***Spirulina platensis*'in insan sağlığına etkisi**

Yosun biyoteknoloji ürünleri ve bunların gıda ve ilaç endüstrilerindeki uygulamaları konu alan çalışmalarda, biyoteknolojide çok çeşitli mikroalg uygulamalarının var olduğu ve tıpta çeşitli biyoteknolojik uygulamalar için zengin mikroalg kaynaklardan daha fazla yararlanma potansiyelinin bulunduğu belirtilmiştir. Bunların, yeni nesil ilaçların keşfedilmesine yol açabilecek yüksek değerli ürünlerin potansiyel kaynakları olduğu raporlanmıştır (Dabija, 2020).

Spirulina'nın beslenme ve tedavi potansiyeli üzerine yapılan araştırmalarda, gıda takviyesi amacıyla en yaygın kullanılan türlerinin *S. platensis* ve *Spirulina maxima* olduğu, zengin fitokimyasal içeriğine bağlı olarak karaciğer, sinir sistemi ve böbrek koruyucu etkileri yanında; antitümör, antienflamatuar, antijenotoksik, antioksidan, hipoglisemik ve hipolipidemik fonksiyonlara sahip olduğu bildirilmektedir (Belay, 1997, Sotiroudis and Sotiroudis, 2013). *Spirulina*'nın deney hayvanlarında ve diyabetik hastalarda lipid profilini düzeltme aktivitesi gösterdiği, Herpes virüsü, sitomegalovirüs, grip virüsü ve HIV dâhil olmak üzere birçok zarflı virüse karşı etkili olduğunu belirlenmiştir (Khan et al., 2005).

S. platensis'in içeriğinde bulunan antioksidan özellikli fitokimyasalların miktarının fazla olması bu preparatın, tıbbi amaçlı kullanılmasına yönelik çalışmaların artmasına da neden olmuştur. *S. platensis*'in biyokütlesinde bulunan fikobiliprotein, fikosiyanın ve allofosiyanın gibi bileşenlerin antioksidan aktivitesi gösterdiği bildirilmiştir (Estrada et al., 2001). Ayrıca *S. platensis*'in su ekstraktının gallik asit (%54) ve klorojenik asitten (%56) daha fazla antioksidan etkiye sahip olduğu da bildirilmiştir (Zhi-gang et al., 1997; Kulshreshtha et al., 2008). Mallikarjun Gouda et al. (2015), yürüttükleri çalışmada dünyanın çeşitli yerlerinde sağlıklı gıda olarak kullanılan *Spirulina*'nın süper kritik ekstraktında α -glukozidaz ve Anjiyotensin-1 dönüştürücü enzim inhibitör aktiviteleri gösterdiğini, kısaca önemli antihipertansif, antidiyabetik, antioksidan ve antimikrobiyal aktivitelere sahip olduğunu ve *Spirulina* biyokütlesinin tamamının, gıda takviyesi olarak kullanılabilceğini rapor etmişlerdir.

S. platensis'in antilipidemik ve antidiyabetik etkisini gösteren birçok klinik çalışma mevcuttur (Finamore et al., 2017). Parikh et al. (2001), Tip 2 diyabet hastası olan 15 kişiye 2 ay süreyle verilen *Spirulina* takviyesinin açlık kan şekeri seviyesini ve yemek sonrası glikozu önemli ölçüde azalttığını bildirilmişlerdir. Mavi-yeşil alglerin diyabetik sıçanlarda ve farelerde glikoz seviyeleri üzerindeki etkisini ölçen çalışmalarda, *Spirulina*'nın suda çözünen fraksiyonunun hem açlık hem de tokluk kan

şekeri seviyesini düşürmede etkili olduğu bulunmuştur (Rodriguez-Hernandez et al., 2001; Kulshreshtha et al., 2008). Ravi et al. (2020) tarafından yapılan çalışmada, %16 *Spirulina* içeren gıda takviyesi alınmasının kandaki toplam kolesterol, LDL, VLDL ve fosfolipidlerin artışı önemli ölçüde düşürerek, lipid profilini düzenlediği belirtilmiştir.

Spirulina'nın bağışıklık sistemini güçlendirdiği fareler, tavuklar, hindiler, kediler ve balıklar üzerinde yapılan çalışmalarla kanıtlanmıştır. *Spirulina*'nın bağışıklık sistemini uyarıcı etkisinin yanında vücudun yeni kan hücreleri üretme yeteneğini artırdığı da bildirilmiştir (Capelli and Cysewski, 2010). *Spirulina*'nın yaşlılarda anemi ve bağışıklık sistemini iyileştirebileceğinin varsayıldığı bir çalışmada, anemi öyküsü olan 50 yaş ve üstü 40 gönüllü deneğe 12 hafta boyunca *Spirulina* takviyesi verilmiş ve kapsamlı diyet uygulanıp, çalışma sırasında beslenme rejimlerini belirlemek için anketler yapılmıştır. Sonuç olarak; her iki cinsiyetten deneklerde ortalama korpüsküler hemoglobün değerlerinde artış olduğu gözlenmiş ve "*Spirulina*, yaşlı kişilerde anemi ve yaşlanmaya bağlı bağışıklık sisteminin zayıflamasını iyileştirebilir." kanısına varılmıştır (Selmi et al., 2011).

Spirulina'nın bileşiminde fazla miktarda bulunan fikosiyanın deneysel modellerde antienflamatuar aktivite sergilediği görülmüştür. Yapılan klinik çalışmalarda fikosiyanın, fare kulaklarındaki iltihaplanmayı önlediği (Romay et al., 1999) ve iltihaplı bağırsak hastalığının tedavisi açısından potansiyel taşıdığı belirtilmiştir (Kulshreshtha et al., 2008). Jensen et al. (2015) tarafından *Spirulina*'nın, hem fikosiyanın fraksiyonu, hem de fikosiyanın içermeyen fraksiyonlarının *in vitro* çalışmada kan pıhtılaşması üzerinde olumsuz bir etki olmaksızın antioksidan özelliklere ve anti-enflamatuar etkilere katkıda bulunduğu ifade edilmiştir.

Harvard Tıp Fakültesi'nde yapılan bir çalışmada, *Spirulina*'nın sulu ekstraktının, HIV1 virüsünün insan T-hücre dizilerinde çoğalmasını engellediğini keşfetmişlerdir. Araştırma bulgularına göre viral üremenin yaklaşık %50 oranında azaldığı görülmüştür (Ayehunie et al., 1998). Sülfatlanmış polisakkaritlerin bir ekstraktı olarak, rhamnoz, riboz, mannoz, fruktoz, galaktoz, ksiloz, glukoz, glukuronik asit, galakturonik asit ve kalsiyum sülfattan oluşan Ca-SP (Kalsiyum-*Spirulina*)'nın HIV, herpes simpleks virüsü, insan sitomegalovirüsü, grip A virüsü, kabakulak virüsü ve kızamık virüsüne karşı aktivite gösterdiği de bildirilmiştir (Saranraj and Sivasakthi, 2014).

S. platensis'ten alınan polisakkarit özütü, kemo-protektif ve radio-protektif kapasiteye sahiptir ve kanser tedavisine yardımcı olma potansiyeli taşımaktadır (Zhang et al., 2001). Ayrıca *Spirulina*'nın

bağışıklık sistemi üzerindeki uyarıcı etkisi ile DNA onarımı ve reaktif oksijen türleri üzerine antioksidan etkisi sonucu kansere karşı koruyucu etkisi olduğu düşünülmektedir. *Spirulina*'nın kanser hücrelerinin oluşumunu engellediğinin düşünüldüğü bir başka mekanizma da enzimatik aktiviteleri engellediği yönündedir. *Spirulina*'da bulunan C-fikosiyanin'in siklooksigenaz-II (COX2) enzimini inhibe ettiği düşünülmektedir (Kulshreshtha et al., 2008). *S. platensis* sulu ekstraktının, insan kolon karsinom hücrelerinde ve hepatosellüler karsinom hücrelerinde antiproliferatif özellikler gösterdiği, sonuç olarak mavi-yeşil alglerden yeni ümit verici antikanserojen doğal ürünlerin elde edilebileceği bildirilmiştir (Zaid et al., 2015).

***Spirulina platensis*'in gıda teknolojisinde kullanım potansiyeli**

Mavi yeşil mikroalg *S. platensis*; gübre, reklendirici, yem sanayi ve kozmetik ürünler olmak üzere birçok alanda kullanılmasının yanı sıra protein, çoklu doymamış yağ asitleri, vitaminler ve ayrıca mineraller, pigmentler ve enzimler içermesi nedeniyle insan beslenmesinde önemli bir kaynaktır (Hosseini et al., 2013a). Süt sığırlarının beslenmesinde kullanıldığında, kısa vadede herhangi bir yan etkiye neden olmadan sütteki besin bileşenlerini zenginleştirdiği ve umut verici bir protein kaynağı olduğu da belirtilmiştir (Manzocchi et al., 2020). *S. platensis*'in muhtemelen karakteristik tat, koku ve renk özelliklerinin ürünlerde duyuşal nitelikleri zayıflatabileceği endişesiyle gıda sektöründe hak ettiği ilgiyi görmediği düşünülmektedir. Bu bölümde *S. platensis*'in teknolojik ve duyuşal niteliklerini olumsuz etkilemeyecek oranlarda ekmek, süt ürünleri, emülsiyon ürünler, şekerlemeler ve içeceklerle ilave edilerek fonksiyonel ürünler elde edilebileceğini konu alan çalışmalardan bahsedilecektir.

Spirulina'nın kendine has rengi ve tadı dolayısıyla, çekici renk ve tada sahip yiyecekleri tüketme eğilimi olan çocuklar ve gençler tarafından ilgi göreceği düşünülmektedir. Araştırmacılar gıda ürünlerinde *S. platensis* tozunun kullanılmasının çok pratik ve işlevsel olduğunu ifade etmişlerdir. Sağlıklı gıdaya olan talebin artmasıyla birlikte, düşük üretim maliyeti ve yüksek besin içeriği de göz önünde bulundurulduğunda *S. platensis*'le takviye edilmiş gıdaların küresel olarak kabul göreceği ve gıda endüstrisindeki uygulamalarının genişleyeceği de rapor edilmiştir (Hosseini et al., 2013b).

Fermente süt ve yeşil çay gibi birçok içeceğin *S. platensis* ilavesiyle sağlıklı hâle getirilebileceğini, *Spirulina* mikroalg tozunun ekmeğın besin değerini artırmada kullanılabileceğini, ayrıca mikroalg ilaveli ekmeklerin standart ekmeklere göre su tutma kapasitesinin fazla olması sebebiyle raf ömürlerinin uzun olduğunu rapor eden çalışmalar yapılmıştır.

Mikroalg ekmeği; alglerin kendine has renklerini ve tadını içermesinin yanında daha fazla miktarda vitamin, mikro elementler, özellikle de aktif biyolojik materyal de içermektedir (Danesi et al., 2010). Gıda endüstrisinde kullanılan renklendiricilerin çoğu kimyasal boyalar olduğundan, özellikle çocukların sağlığı üzerine olumsuz etkileri bilinmektedir. Bu etkileri göz önüne alarak 2006 yılında, Birleşik Krallıktaki tüm sentetik gıda boyalarını doğal olanlarla değiştirme kararı alınmış, ancak doğal mavi boyanın temini için uzun denemelerden sonra, 2008 yılında *Spirulina*'dan elde edilen pigmentlerle bu eksik tamamlanmıştır (Hosseini et al., 2013a). Granül şeker, pektin, *Spirulina* tozu, yer fıstığı ve agar-agar ile *Spirulina* şekeri üretilebileceği ifade edilmiştir (Danesi et al., 2010). *Spirulina*'dan elde edilen doğal pigmentlerin çoğunun antioksidan özelliklerinden dolayı yağ oksidasyon direncini artırılabilirliği, bunun, emülsiyon gibi yüksek yağlı ürünlerde önemli bir avantaj sağlayabileceği ifade edilmiştir (Gouveia et al., 2008; Hosseini et al., 2013b). *Spirulina* ilavesinin et analoglarının protein sindirilebilirliği ve antioksidan özelliklerinde iyileşme sağladığı ve insan diyetinde kullanılabileceği belirtilmiştir (Palanisamy et al., 2019).

Unlu mamuller ve atıştırmalıklarda *Spirulina*'nın doğal bir bileşen olarak denendiği araştırma sayısı oldukça fazladır. Mikro yosunların işlenmiş gıdalardaki tipik uygulamaları arasında en yüksek tüketim oranı erişteededir. *Chlorella* ile *Spirulina*'nın erişteeye ilavesi besin değerlerinde ve organoleptik (renk, koku ve tat) özelliklerinde artışa sebep olmuştur. Açık renkli erişte üretmek için una %0.1-1.0 *Spirulina* tozu ilave edilmesi önerilmiştir (Guarda et al., 2004; Hosseini et al., 2013b). Başka bir çalışmada %1.0-1.5 oranında *Spirulina* ilavesinin kurabiyelerin besinsel ve duyuşal niteliklerini iyileştirdiği tespit edilmiştir (Salehifar et al., 2013). Asghari et al. (2016) *Spirulina* ile zenginleştirilmiş ekmeğın besinsel ve fizikokimyasal niteliklerini araştırdıkları çalışma sonucunda, %10 *Spirulina* ilavesinin ekmeğın raf ömrünü olumsuz yönde etkilemeden beslenme kalitesini artırabileceğini belirlemişlerdir. Lucas et al. (2018), *Spirulina* ile zenginleştirilmiş atıştırmalıkların besinsel, fiziksel ve duyuşal değerlendirmesini yaptıkları araştırmalarının sonucunda; *Spirulina*'nın %2.6 konsantrasyonunda kullanılabileceğini, böylelikle yüksek besin içeriği ve duyuşal kabul oranına (%82) sahip atıştırmalıkların elde edilebileceğini rapor etmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca, bu ürünün, daha sağlıklı beslenme arayışında olan tüketiciler tarafından yenmeye hazır gıda olarak kullanılabileceğini ifade etmişlerdir.

El Nakib et al. (2019), *Spirulina*, Hindistan cevizi ve vanilya ile üretilen kurabiyelerin içerdikleri antioksidanlar, protein, yağ asitleri, vitaminler ve mineraller sayesinde Mısır'da yetersiz beslenmeden

muzdarip okul çocukları için önemli sağlık yararları sağlayabileceğini belirtmişlerdir. Gün (2019), bisküvide %0, %2.5, %4.0 ve krakerde ise %0, %2.5, %5.0 oranlarda *S. platensis* ilavesinin etkilerini araştırdıkları çalışma sonucunda; bu mikroalgin eklenmesi sonucu, gerek beğeni, tat ve renk bakımından, gerekse protein ve amino asit bakımından zengin ve tercih edilebilir fonksiyonel ürünler geliştirilebileceğini tespit etmiştir.

Şahin-Cebeci (2019), *Arthrospira platensis* (*Spirulina*) kuru biyokütlesini, yenilikçi bir bileşen olarak, bebek ve çocuk diyetleri için formüle edilen bisküviler ve çikolatalarda değerlendirmiştir. Araştırmacı, doğal bir ingredient olarak %2 oranında *Spirulina* ilave edilmiş ev tipi bisküvi ve çikolatalarda bebekler ve çocuklar için esansiyel olan arginin ve histidin amino asidi oranının önemli derecede arttığını ifade etmiştir. Ali et al. (2019) farklı oranlarda *Spirulina* ilavesinin sufle kalitesine etkisini araştırdıkları çalışmalarında, %8 *Spirulina* ilave ettikleri sufle örneklerinin, duyuşal panelde oldukça kabul edilebilir olduğunu belirlemiş ve *Spirulina* ilavesinin örnekleri protein açısından zenginleştirdiğini rapor etmişlerdir. Özbal (2020) beyaz çikolatanın besinsel, fiziksel ve duyuşal niteliklerini geliştirmek amacıyla, farklı oranlarda (%0.0, %0.05, %0.10 ve %0.20) *Spirulina platensis* ilaveli beyaz çikolata ürünü dizayn etmiştir. Araştırmacı, *S. platensis*'in değerli biyoaktif molekülleri içermesi nedeniyle fonksiyonel beyaz çikolata geliştirmede potansiyel taşıdığını ve yaşlı ve çocuk popülasyonunun beslenme gereksinimlerini karşılamaya katkıda bulunabileceğini ifade etmiştir.

İlhan et al. (2020), ekmek hamuruna değişen oranlarda (%0.1-0.5-1.0-3.0 w/w) *S. platensis* tozu ilavesiyle elde ettikleri ekmeklerde çeşitli kimyasal, fizikokimyasal, duyuşal ve mikrobiyolojik analizler yapmışlardır. Yapmış oldukları duyuşal analiz sonuçlarına göre %0.1 *S. platensis* tozu katkılı ekmeğin kabul edilebilirliğini daha yüksek bulmuşlardır. *S. platensis* tozu katkılı ekmek örneklerinde protein (%7.54-9.97) ve toplam fenolik madde miktarının (118.22-167.61 mmol GAE/g) ilave edilen *S. platensis* tozu miktarı ile orantılı olarak arttığını tespit etmişlerdir. Ayrıca, ekmek formülasyonlarına değişen oranlarda ilave edilen *S. platensis* tozunun küf gelişimini %29.17-50.52 oranlarında inhibe ettiğini gözlemlemişlerdir.

Agustini et al. (2019), *Spirulina*'nın kokusunu iyileştirerek tüketimini artırmak amacıyla, fesleğen yaprağı ekstraktında ıslatmışlardır. Araştırma sonucunda, ekstraktın aspartik asit, glutamik asit, serin, glisin, histidin, arginin, treonin, alanin, valin, izolösin, lösin, fenilalanin ve tirozin seviyelerini artırdığını belirlemiş; kontrol numunesinde bulunmayan metil undekanoat, linolelaidik asit metil ester, gama- linolenik asit metil ester ve cis-4, 7, 10,

13, 16, 19-dokosaheksaenoat varlığına neden olduğunu raporlanmışlardır.

Spirulina'nın süt ve süt ürünlerinde fonksiyonel bir katkı maddesi olarak denendiği birçok çalışma mevcuttur. Akalin et al. (2009), yoğurt üretiminde süte 3 g/L *S. platensis*'in eklenmesinin, *Bifidobacterium animalis*'in probiyotik canlılığını önemli ölçüde etkilemese de hem geleneksel hem de probiyotik yoğurtlarda *Streptococcus salivarius* ssp. *thermophilus* sayısını azalttığı; ancak 1 aylık depolama sonunda *B. animalis* sayısının en az 6 log kob/g seviyesi ile raf ömrünü koruduğunu belirlemişlerdir. *S. platensis* tozunun, yoğurdun depolanması sırasında laktik asit bakterilerinin (LAB) canlılığı üzerindeki olumlu etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, %0.5 *Spirulina* tozu ilave edilen yoğurt numunelerinin duyuşal puanlarının %1 *Spirulina* tozu ilave edilenlerden daha yüksek olduğu belirtilmiştir. *Spirulina* tozu eklenmiş yoğurdun 30 günlük depolama süresinde iyi bir laktik asit bakteri ortamı sağladığı tespit edilmiştir (Güldaş and İrkin, 2010). Yoğurt üretiminde, %0.3 oranında *S. platensis* kullanımının yoğurt kültürlerinin canlılığını olumlu etkilediği ve 4°C'de 15 günlük depolama sonucunda kontrol ile karşılaştırıldığında *Spirulina* içeren örnekte LAB'nin daha yüksek sayıda tespit edildiği rapor edilmiştir (Malik et al., 2013). Mocanu et al. (2013), %1.0 ve % 0.5 *S. platensis*, *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* BB12 ve *Lactobacillus acidophilus* LA-5 starter kültürleri ilavesiyle ürettikleri yoğurtlarda, *S. platensis* biyokütlesinin tüm depolama süresi boyunca starter bakterilerin hayatta kalması üzerinde faydalı bir etkiye sahip olduğunu belirlemişlerdir. Yapılan başka bir çalışmada yoğurt üretiminde %0.3 oranında *S. platensis* kullanımının yoğurt kültürlerinin canlılığını olumlu etkilediği ve 4°C'de 15 günlük depolama sonucunda kontrol ile karşılaştırıldığında *Spirulina* içeren örnekte LAB'nin daha yüksek sayıda tespit edildiği rapor edilmiştir (Priyanka et al., 2013). Szejda et al. (2018) taze *Spirulina* ilave edilmiş sütlü, naneli ve fıstıklı dondurmalarda antioksidan aktivitenin önemli derecede arttığını tespit etmişlerdir.

Debbabi et al. (2018), *Spirulina* tozu ilave ettikleri (0.24 g/100 mL süt, % w/v) yoğurt örneklerinin 4°C'de 28 gün depolama süresince stabil kaldığını ifade etmişlerdir. Çelekli et al. (2019), ayrına 4 farklı konsantrasyonda (%0, %0.25, %0.5 ve %1) ilave ettikleri *S. platensis*'in probiyotik bakteri gelişimi üzerindeki etkilerini 21 günlük depolama süresi boyunca incelemiş, %1 *S. platensis* içeren örneğin, kontrol numunelerine kıyasla en yüksek toplam kuru madde ve protein içeriğine sahip olduğunu, numunelerin viskozite değerlerinin ve renk parametrelerindeki *L** ve *b** değerlerinin *S. platensis* ilavesiyle düştüğünü belirtmişlerdir. Araştırmacılar, *S. platensis*'in probiyotik bakterilerin gelişimi ve

ayranın besin içeriğini artırmak için büyük bir potansiyele sahip olduğunu raporlamışlardır.

Aydemir (2019), dört farklı konsantrasyonda (%0.25, %0.50, %0.75 ve %1) *Spirulina* ilavesi ile yoğurt örnekleri üretmiş; set tipi yoğurtların kimyasal ve nutrasötik özelliklerinin geliştirilmesi için *S. platensis*'in kullanılabilmesini, böylelikle yoğurt üretiminde *S. platensis* ilave edilerek toplam fenolik madde ve toplam antioksidan kapasitesi yüksek, fonksiyonel bir ürün gelişimi sağlanabileceğini belirtmiştir. Silva et al. (2019), farklı şekillerde enkapsüle ettikleri *Spirulina* ile ürettikleri yoğurtların daha homojen bir görünüme sahip olduğunu ifade etmişler, enkapsülasyon metodları arasında beslenme profili, çekici renk ve depolama süresince iyileştirilmiş antioksidan aktivite bakımından sitrik asit ile çapraz bağlanmış maltodekstrin içine kapsüllemenin en iyi çözüm olduğunu rapor etmişlerdir.

Atallah et al. (2020), az yağlı (1.2 g yağ/100 g süt) manda sütünden, peynir altı suyu (PAS) konsantresi, kalsiyum kazeinat (Ca-Csn) ve *S. platensis* tozu takviyesiyle ürettikleri yoğurtların kalite niteliklerini araştırmışlardır. *Spirulina* tozu eklenen az yağlı yoğurtlarda toplam kuru madde, kül ve yağ içeriği yüksekken; PAS konsantresi ile zenginleştirilmiş az yağlı yoğurtlarda protein içeriğinin yüksek olduğu tespit edilmiştir. En yüksek antioksidan aktivite seviyesi, toplam yüksek fenolik madde içeriğine sahip olan *Spirulina* tozlu az yağlı yoğurtlarda bulunmuştur. Çelekli et al. (2020), *S. platensis* ve peynir altı suyu (PAS) protein hidrolizatını ayran örneklerine 4 farklı kombinasyonda (%0, %0.25, %0.5 ve %1) ilave ederek probiyotik kültür gelişimi üzerindeki etkilerini fermantasyondan önce, sonra ve 21 günlük depolama süresince incelemişlerdir. En yüksek toplam kuru madde ve protein oranı, %1 oranında *S. platensis* ve PAS protein hidrolizatı içeren ayran örneğinde tespit edilmiştir. Bu takviyelerin, probiyotik kültürünün gelişimi ve ayranın beslenme kalitesini iyileştirmek için büyük bir potansiyele sahip olduğu bildirilmiştir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Doğal kaynaklı bir preparat olan *Spirulina*; antitümör, antiinflamatuvar, antijenotoksik, antioksidan, hipoglisemik ve hipolipidemik çeşitli fonksiyonlara sahiptir. Son zamanlarda özellikle kanser, tip 2 diyabet, viral enfeksiyonlar ve kolesterol üzerine olumlu etkileri olduğu tespit edilmiştir. Yüksek biyoyararlanımı sebebiyle özellikle hamile kadınlarda iyi bir besin seçeneği olabileceği ve iyi beslenemeyen çocuklar için de fayda sağlayabileceği rapor edilmiştir. Gıda sektöründe değerlendirilen hammaddelerle karşılaştırıldığında *S. platensis*; zengin protein, esansiyel yağ asidi ve aminoasit, karotenoid, vitamin ve mineral içeriği yanında

veriminin yüksek oluşu ile de dikkat çekmiştir. Bu nedenle, gıda bilimi başta olmak üzere tıp ve farmakoloji gibi birçok alanda araştırmalara konu olmuştur. Bu mikroalgin insan beslenmesi ve insan sağlığına olumlu etkileri ile ilgili bulgular gıda katkı maddesi olarak kullanımını giderek artırmakla birlikte, henüz ülkemizde gıda sektöründe gerekli ilgiyi görmediği açıktır. *S. platensis*'in unlu mamuller, süt ürünleri, emülsiyon et ürünleri ve tatlılar gibi gıda sanayinin birçok dalında kullanılma potansiyeli mevcuttur. Yüksek ihtimalle yosun tadından dolayı tercih edilmeyen bu zengin bileşimli ucuz besin ve enerji kaynağının ülkemiz insanının damak tadına hitap edecek şekilde formülasyonlarla gıda sektörüne kazandırılması önem arz etmektedir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar, herhangi bir çıkar çatışmalarının olmadığını beyan ederler.

Yazar Katkıları

Tüm yazarlar makalenin yazımına eşit oranda katkı yapmışlardır ve makalenin yayın aşamasındaki süreçte görev olarak okuyup onaylamışlardır.

KAYNAKLAR

- Agustini, T.W., Dewi, E.N., Amalia, U., Kurniasih, R.A., 2019. Application of basil leaf extracts to decrease *Spirulina platensis* off-odour in increasing food consumption. *Int. Food Res. J.*, 26 (6): 1789-1794.
- Akalin, A.S., Unal, G., Dalay, M.C., 2009. Influence of *Spirulina platensis* biomass on microbiological viability in traditional and probiotic yogurts during refrigerated storage. *Ital.J. Food Sci.*, 21 (3): 357-364.
- Alvarenga, R.R., Rodrigue,s P.B., Cantarelli, V.S., Zangeronimo, M.G., Júnior, J.W.S., Silva, L.R., Santos, L.M., Pereira, L.J., 2011. Energy values and chemical composition of *Spirulina (Spirulina platensis)* evaluated with broilers. *Rev. Bras. Zootec.*, 40 (5): 992-996.
- Ali, V., Majumder, S., Kishor, K., David, J., 2019. Study of the different levels of physicochemical and microbial *Spirulina (Arthrospira platensis)* on quality of soufflé. *Int. J. Food Sci. Nutr.*, 4 (4): 111-116.
- Asghari, A., Fazilati, M., Latifi, A.M., Salavati, H., Choopani, A., 2016. A review on antioxidant properties of *Spirulina*. *J. Appl. Biotechnol. Rep.*, 3 (1): 345-351.
- Atallah, A.A., Morsy, O.M., Gemiel, D.G., 2020. Characterization of functional low-fat yogurt enriched with whey protein concentrate, Ca-caseinate and *Spirulina*. *Int. J. Food Prop.*, 23 (1): 1678-1691.

- Aydemir, S., 2019. *Spirulina platensis* Katılarak Üretilmiş Yoğurtların Özellikleri. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta, 89 s.
- Ayehunie, S., Belay, A., Baba, T.W., Ruprecht, R.M., 1998. Inhibition of HIV-1 replication by an aqueous extract of *Spirulina platensis* (*Arthrospira platensis*). J. Acquir. Immune. Defic. Syndr.: Official Publication of the International Retrovirology Association, 18 (1): 7-12.
- Belay, A., 1997. Mass culture of *Spirulina* outdoors. The Earthrise Farms experience. In: Vonshak A (ed) *Spirulina platensis* (*Arthrospira*): Physiology, Cell-biology and Biotechnology, 1st edn. Taylor & Francis. London, pp. 131-158.
- Bensehaila, S., Doumandji, A., Boutekrabet, L., Manafikhi, H., Peluso, I., Bensehaila K., Kouache, A., Bensehaila, A., 2015. The nutritional quality of *Spirulina platensis* of Tamenrasset, Algeria. Afr. J. Biotechnol., 14 (19): 1649-1654.
- Capelli, B., Cysewski, G.R., 2010. Potential health benefits of *Spirulina* microalgae. Nutrafoods, 9 (2): 19-26.
- Ciferri, O., 1983. *Spirulina*, the Edible Microorganism. Microbiol. Rev., 47 (4): 551-578.
- Çelekli, A., Alslibi, Z.A., Hüseyin Bozkurt, H., 2019. Influence of incorporated *Spirulina platensis* on the growth of microflora and physicochemical properties of ayran as a functional food. Algal Res., 44: 101710.
- Çelekli, A., Alslibi, Z. A., Bozkurt, H., 2020. Boosting effects of *Spirulina platensis*, whey protein, and probiotics on the growth of microflora and the nutritional value of ayran. Engineering Rep., 2 (9): 1-10.
- Dabija, N., 2020. Algae biotechnology products and their application in the food and pharmaceutical industries. MedEspera: The 8th International Medical Congress for Students and Young Doctors, September 24-26, 2020, Chişinău, pp. 375-376.
- Danesi, E.D.G., Navacchi, M.F.P., Takeuchi, K.P., Frata, M.T., Carvalho, J.C.M., 2010. Application of *Spirulina platensis* in protein enrichment of manioc-based bakery products. J. Biotechnol., 150: 311.
- Debbabi, H., Boubaker, B., Gmati, T., Chouaibi, M., Boubaker, A., Snoussi, A., 2018. Yogurt Enrichment with *Spirulina* (*Arthrospira platensis*): Effect of Storage on Physicochemical Parameters. Adv. Sci., Tech. & Innov., 1267-1268.
- El Nakib, D.M., Ibrahim, M.M., Mahmoud, N.S., Abd El Rahman, E.N., Ghaly, A.E., 2019. Incorporation of *Spirulina* (*Athrospira platensis*) in traditional Egyptian cookies as a source of natural bioactive molecules and functional ingredients: Preparation and sensory evaluation of nutrition snack for school children. European. J. Nutr. & Food Saf., 9 (4): 372-397.
- El-Baz, F.K., El-Senousy, W.M., El-Sayed, A.B., Kamel, M.M., 2013. In vitro antiviral and antimicrobial activities of *Spirulina platensis* extract. J. Appl. Pharm. Sci., 3(12): 52-56.
- Ernst, M.O., Banks, M.S., 2002. Humans integrate visual and haptic information in a statistically optimal fashion. Nature, 415: 429-433.
- Estrada, J.E.P., Bescos, P.B., Fresno, A.M.V., 2001. Antioxidant activity of different fractions of *Spirulina platensis* protean extract. IL Farmaco, 56 (5-7): 497-500.
- FDA, 2012. Agency Response Letter - GRAS Notice No. 000417. Food and Drug Administration, Center for Food Safety and Applied Nutrition, Office of Food Additive Safety. <https://www.fda.gov/Food/IngredientsPackagingLabeling/GRAS/NoticeInventory/ucm319628.html> (Erişim Tarihi: 15 Ağustos 2021).
- Finamore, A., Palmery, M., Bensehaila, S., Peluso, I., 2017. Antioxidant, immunomodulating, and microbial-modulating activities of the sustainable and ecofriendly *Spirulina*. Oxid. Med. Cell. Longev., 2017: 1-14.
- Folarin, O., Sharma, L., 2017. Algae as functional food. Int. J. Home Sci., 3(2): 166-170.
- Gouveia, L., Batista, A., Raymundo, A., Bandarra, N., 2008. *Spirulina maxima* and *Diacronema vlkianum* microalgae in vegetable gelled desserts. Nutr. Food Sci., 38 (5): 492-501.
- Gökpınar, Ş., Işık, O., Göksan, T., Durmaz, Y., Uslu, L., Ak, B., Önalın, S.K., Akdoğan, P., 2013. Algal Biyoteknoloji Çalışmaları. Yunus Araş. Bül., 2013 (4): 21-26.
- Guarda, A., Rosell, C. M., Benedito, C., Galotto, M.J., 2004. Different hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents. Food Hydrocoll., 18 (2): 241-247.
- Güldaş, M., İrkin, R., 2010. Influence of *Spirulina platensis* powder on the microflora of yoghurt and acidophilus milk. Mljekarstvo, 60 (4): 237-243.
- Gün, D., 2019. *Spirulina platensis* İlavesi ile Fonksiyonel Bisküvi ve Kraker Geliştirilmesi. Gaziantep Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Gaziantep, 133 s.
- Hosseini, S.M., Khosravi-Darani, K., Mozafari, M.R., 2013a. Nutritional and medical applications of *Spirulina* microalgae. Mini-Rev. Med. Chem., 13(8): 1231-1237.
- Hosseini, S. M., Shahbazizadeh S., Khosravi-Darani, K., Mozafari, M. R., 2013b. *Spirulina paltensis*:

- Food and Function. *Curr. Nutr. Food Sci.*, 9 (2): 1-5.
- İlhan, E., Büyükizgi, A.N., Ermiş, E., 2020. Mavi-Yeşil alg *Spirulina platensis*'in buğday ekmeğinde kimyasal, duyuusal ve antifungal etkisi. *Gıda Yem Bil. Tekn. Derg.*, 24: 23-29.
- Jensen, G.S., Attridge, V.L., Beaman, J.L., Guthrie, J., Ehmann, A., Benson, K. F., 2015. Antioxidant and anti-inflammatory properties of an aqueous cyanophyta extract derived from *Arthrospira platensis*: contribution to bioactivities by the non-phycoyanin aqueous fraction. *J. Med. Food*, 18 (5): 535-541.
- Jung, F., Krüger-Genge, A., Waldeck, P., Küpper, J.H., 2019. *Spirulina platensis*, a super food? *Journal of Cellular Biotechnology*, 5 (1): 43-54.
- Khan, Z., Bhadoria, P., Bisen, P.S., 2005. Nutritional and therapeutic potential of *Spirulina*. *Curr. Pharm. Biotechnol.*, 6 (5): 373-379.
- Kulshreshtha, A., Jarouliya, U., Bhadauriya, P., Prasad, G.B.K.S., Bisen, P.S., 2008. *Spirulina* in health care management. *Curr. Pharma. Biotech.*, 9 (5): 400-405.
- Lafarga, T., Fernández-Sevilla, J.M., González-López, C., Ación-Fernández, F.G., 2020. *Spirulina* for the food and functional food industries. *Food Res. Int.*, 137: 109356, 1-10.
- Lucas, B.F., Morais, M.G., Santos, T.D., Costa, J.A.V., 2018. *Spirulina* for snack enrichment: Nutritional, physical and sensory evaluations. *LWT-Food Sci. Tech.*, 90: 270-276.
- Malik, P., Kempanna, C., Paul, A., 2013. Quality characteristics of ice cream enriched with *Spirulina* powder. *Int. J. Food Nutritional Sci.*, 2 (1): 44-50.
- Mallikarjun Gouda, K.G., Udaya Sankar, K., Sarada, R., Ravishankar, G.A., 2015. Supercritical CO₂ extraction of functional compounds from *Spirulina* and their biological activity. *J. Food Sci. Technol.*, 52 (6): 3627-3633.
- Marrez D.A., Naguib, M.M., Sultan, Y.Y., Daw, Z.Y., Higazy, A.M., 2014. Evaluation of chemical composition for *Spirulina platensis* in different culture media. *Res. J. Pharm., Biol. Chem. Sci.*, 5 (4): 1161-1171.
- Michaelsen, K.F., Hoppe, C., Roos, N., Kaestel, P., Stougaard, M., Lauritzen, L., Mølgaard, C., Girma, T., Friis, H., 2009. Choice of foods and ingredients for moderately malnourished children 6 months to 5 years of age. *Food Nutr. Bull.*, 30 (3): S343-S404.
- Mocanu, G., Botez, E., Nistor, O.V., Andronoiu, D.G., Vlăsceanu, G., 2013. Influence of *Spirulina platensis* biomass over some starter culture of lactic bacteria. *J. Agroaliment. Processes Technol.*, 19 (4): 474-479.
- Manzocchi, E., Guggenbühl, B., Kreuzer, M., Giller, K., 2020. Effects of the substitution of soybean meal by *Spirulina* in a hay-based diet for dairy cows on milk composition and sensory perception. *J. Dairy Sci.*, 103 (12): 11349-11362.
- Özbal, B., 2020. *Spirulina platensis* ile Fonksiyonel Çikolata Ürünü Geliştirilmesi. Gaziantep Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 88 s.
- Palanisamy, M., Töpfl, S., Berger, R. G., Hertel, C., 2019. Physico-chemical and nutritional properties of meat analogues based on *Spirulina*/lupin protein mixtures. *Eur. Food Res. Technol.*, 245 (9): 1889-1898.
- Parikh, P. Mani, U., Iyer, U., 2001. Role of *Spirulina* in the control of glycemia and lipidemia in Type 2 Diabetes Mellitus. *J. Med. Food*, 4 (4): 193-199.
- Priyanka, M., Kempanna, C., Narasimha, M., 2013. Quality characteristics of yoghurt enriched with *Spirulina* powder. *Mysore J. Agric. Sci.*, 47 (2): 354-359.
- Ravi, M., Lata Da, S., Azharuddin, S., Paul, S.F.D., 2010. The beneficial effects of *Spirulina* focusing on its immunomodulatory and antioxidant properties. *Nutr. Diet. Suppl.*, 2010 (2): 73-83.
- Rodriguez-Hernández, A., Ble-Castillo, J.L., Juarez-Oropeza, M.A., Diaz-Zagoya, J.C., 2001. *Spirulina maxima* prevents fatty liver formation in CD-1 male and female mice with experimental diabetes. *Life Sci.*, 69 (9): 1029-1037.
- Romay, C., Ledón, N., González, R., 1999. Phycocyanin extract reduces leukotriene B₄ levels in arachidonic acid-induced mouse-ear inflammation test. *J. Pharm.Pharmacol.*, 51 (5): 641-642.
- Rzymiski, P., Budzulak, J., Niedzielski, P., Klimaszuk, P., Proch, J., Kozak, L., Poniedzialek, P., 2019. Essential and toxic elements in commercial microalgal food supplements. *Journal of Applied Phycology*, 31 (6): 3567-3579.
- Salehifar, M., Shahbazizadeh, S., Khosravi-Darani, K., Behmadi, H., Ferdowsi, R., 2013. Possibility of using microalgae *Spirulina platensis* powder in industrial production of Iranian traditional cookies. *Iranian J. Nutr. Sci. Food Tech.*, 7 (4): 63-72.
- Saranraj, P., Sivasakthi, S., 2014. *Spirulina platensis*-food for future: A review. *Asian J. Pharm. Sci. Technol.*, 4 (1): 26-33.
- Selmi, C., Leung, P. S., Fischer, L., German, B., Yang, C.Y., Kenny, T.P., Cysewski, G.R., Gershwin, M.E., 2011. The effects of *Spirulina* on anemia and immune function in senior citizens. *Cell. Mol. Immunol.*, 8 (3): 248-254.

- Seyidoglu, N., Inan, S., Aydin, C., 2017. A prominent super food: *Spirulina platensis*. In: Shiomi N, Waisundara (ed) Superfood and Functional Food The Development of Superfoods and Their Roles as Medicine, IntechOpen, London, pp.1-27.
- Sharoba, A.M., 2014. Nutritional value of *Spirulina* and its use in the preparation of some complementary baby food formulas. J. Food Dairy Sci., 5 (8): 517-538.
- Silva, S., Fernandes, I.P., Barros, L., Fernandes, Â., Alves, M.J., Calhelha, R.C., Pereira, C., Barreira, J.C.M., Manrique, Y., Colla, E., Ferreira Isabel, C.F.R., Barreiro, M. F., 2019. Spray-dried *Spirulina platensis* as an effective ingredient to improve yogurt formulations: Testing different encapsulating solutions. J. Func. Foods, 60 (103427): 1-13.
- Sotiroudis, T.G., Sotiroudis, G.T., 2013. Health aspects of *Spirulina (Arthrospira)* microalga food supplement. J. Serbian Chem. Soc., 78 (3): 395-405.
- Soni, R.A., Sudhakar, K., Rana, R.S. 2017. Spirulina—From growth to nutritional product: A review. Trends in Food Science & Technology, 69: 157-171.
- Sudhakar, K., Premalatha, M., Rajesh, M. 2014. Large-scale open pond algae biomass yield analysis in India: A case study. International Journal of Sustainable Energy, 33 (2): 304-315.
- Szmejda, K., Duliński, R., Byczyński, L., Karbowski, A., Florczak, T., Żyła, K., 2018. Analysis of the selected antioxidant compounds in ice cream supplemented with *Spirulina (Arthrospira platensis)* extract. Biotechnol. Food Sci., 82 (1): 41-48.
- Şahin-Cebeci, O.I., 2019. Effect of *Spirulina* biomass fortification for biscuits and chocolates. TURJAF, 7 (4): 583-587.
- Zaid, A.A., Hammad, D.M., Sharaf, E.M., 2015. Antioxidant and anticancer activity of *Spirulina platensis* water extracts. Int. J. Pharm., 11 (7): 846-51.
- Zhang, H.Q., Lin, A.P., Sun, Y., Deng, Y.M., 2001. Chemo- and radio-protective effects of polysaccharide of *Spirulina platensis* on hemopoietic system of mice and dogs Acta Pharm. Sin., 22 (12): 1121-1124.
- Zhi-gang, Z., Zhili, L., Xuexian, L., 1997. Study on the isolation, purification and antioxidation properties of polysaccharides from *Spirulina maxima*. Acta Bot. Sin., 39 (1): 77-81.