



## SPORMETRE

The Journal of Physical Education and Sport Sciences  
Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi

DOI: 10.33689/spormetre.1455121



Geliş Tarihi (Received): 19.03.2024

Kabul Tarihi (Accepted): 14.08.2024

Online Yayın Tarihi (Published): 30.09.2024

### SPİRULİNANIN EGZERSİZ VE SPOR PERFORMANSI ÜZERİNE ETKİLERİ

Tuğçe Nur Erdoğan<sup>1\*</sup>, Dicle Aras<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ankara Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, ANKARA

**Öz:** Spirulina zengin biyokimyasal bileşimi ve sağlık üzerindeki olumlu etkileri nedeniyle spor ve egzersiz beslenmesi alanında giderek ilgi çekmekte olan bir besindir. Spirulinanın antioksidan, anti inflammatuar, immunomodülatör etkisi çeşitli çalışmalarla kanıtlanmıştır ancak sporcular üzerindeki etkisi belirsizdir. Bitkisel protein kullanımının giderek arttığı sporcu popülasyonunda spirulina gibi yüksek protein içeriğine sahip bir bitkisel besinin etkileri önem taşımaktadır. Bu derleme makalenin amacı, spirulina takviyesi ve egzersiz üzerine yapılan güncel araştırmaları incelemek, spirulinanın egzersiz ve spor performansını artırmak ve antrenman sonrası iyileşmeyi hızlandırmak için kullanımına dair çalışmaları özetleyerek güncel ve derleyici bilgi sunmaktır. Sonuç olarak, spirulinanın egzersiz ve sporda performansı artırmak ve antrenman sonrası iyileşmeyi hızlandırmak için kullanımına dair kanıtlar yetersizdir. Aynı zamanda spirulinanın alım zamanı, dozu, alım şekli gibi birçok özelliğin dikkatli bir şekilde değerlendirilerek spirulina için net bir alım önerisi getirilmesi gerekmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Bitkisel proteinler, kas hasarı, toparlanma, antioksidan, spirulina.

### EFFECTS OF SPIRULINA ON EXERCISE AND SPORTS PERFORMANCE

**Abstract:** Spirulina is a food that is gaining increasing attention in the field of sports and exercise nutrition due to its rich biochemical composition and positive effects on health. The antioxidant, anti-inflammatory and immunomodulatory effects of spirulina have been proven in various studies, but its effects on athletes and people exercising are not clear. The effects of a herbal food with high protein content, such as spirulina, are important in the athlete population, where the use of vegetable protein increases. The purpose of this review is to examine current studies on spirulina supplements and exercise and to provide updated and complementary information on the subject by summarizing the use of spirulina to increase exercise and sports performance and accelerate post-training recovery. In conclusion, there is insufficient evidence for the use of spirulina to improve performance in exercise and sports and to accelerate recovery after training. At the same time, many features such as the time of intake, dose, and method of intake of spirulina should be carefully evaluated and a clear intake recommendation for spirulina should be made.

**Key Words:** Plant proteins, muscle damage, recovery, antioxidants, spirulina.

## GİRİŞ

Son yıllarda artan insan nüfusu ve değişen tüketici yönelimleri ile birlikte alternatif protein kaynaklarına yönelik çalışmalarda artış gözlenmektedir (Spiegel ve ark., 2013). Yaygın olarak kullanılan bitkisel protein kaynakları soya, buğday, mantar, patates, kolza tohumu, çimenlerdir. Bu bitkisel protein kaynaklarından biri olan algler ise spor ve egzersiz beslenmesi alanında giderek ilgi çekmekte, yenilenebilir enerji, biyofarmasötik ve nutrasötik endüstrilerinde kullanım da dâhil olmak üzere kullanımı giderek artmaktadır. Kore, Çin ve Japonya gibi ülkelerde yaygın olarak tüketilmektedir (Villarruel-López ve ark., 2017). Yaklaşık 30.000 türü bulunan algler, boyutlarına göre mikroalgler ve makroalgler olarak; içerdikleri pigmentlere göre ise yeşil, kırmızı, kahverengi ve siyanobakteriler olarak sınıflandırılmaktadır. Ticari olarak

\*Sorumlu Yazar: Tuğçe Nur ERDOĞMUŞ, Doktora Öğrencisi, E-mail: tnerdogmus@ankara.edu.tr

en çok kullanılan mikroalg türleri, phaeodactylum, dunaliella, haematococcus, botryococcus, spirulina ve chlorella'dır (Villarruel-López ve ark., 2017). Bunlara arasında spirulina ve chlorella'nın kullanımı 1940'lı yıllara dayanmaktadır (Gurney ve Spendiff, 2022) ve üzerinde en çok çalışma yapılan iki alg türüdür. Yapılan çalışmalar, spirulina ve chlorellanın anemiyi (Selmi ve ark., 2011), bağışıklık fonksiyonunu (Chidley ve Davidson, 2018) ve kardiyovasküler risk faktörlerini (Fallah ve ark., 2018) iyileştirdiğini göstermiştir.

### **Spirulina ve Özellikleri**

Spirulina spiral liflerden oluşan ipliksi ve lifli mavi-yeşil bir mikroalgdir (Sotiroidis ve Sotiroidis, 2013). Protein (özellikle löysin, izolöysin, valin), vitamin (B<sub>12</sub>, B<sub>6</sub>, C, D, E), mineral (özellikle demir, kalsiyum, fosfor, potasyum, magnezyum), yağ asidi (EPA, DHA), polisakkarit ve fitokimyasal içeren bir kimyasal yapıya sahiptir (Blinkova ve ark., 2001; Jung ve ark., 2019). Spirulina platensis ve spirulina maxima en yaygın olarak kullanılan türleridir (Jung ve ark., 2019). Spirulina'nın ürettiği metabolitler insan sağlığına zararlı olmadığı ve Genel Olarak Güvenli (GRAS, GRN No: 127) olarak değerlendirildiği için Amerika Birleşik Devletleri Gıda ve İlaç İdaresi (FDA) tarafından onaylanmıştır (Lafarga ve ark., 2020).

Spirulina'nın kuru ağırlığının %43-63'ü protein kaynağıdır (Becker, 2007) ve protein içeriğindeki löysin, izolöysin, valin aminoasitlerinin varlığı sebebiyle yüksek kaliteli bir proteindir. Bu protein oranı, soya fasulyesi, yer fıstığı, bezelye gibi yaygın olarak kullanılan bitkisel kaynakların ortalama protein içeriği ile karşılaştırıldığında yüksek bir orandır (Jung ve ark., 2019). Bu yüksek protein içeriğinden dolayı aynı zamanda besin takviyesi olarak kabul edilen spirulina (Templeton ve Laurens, 2015) takviye olarak toz ve tablet şeklinde bulunmaktadır.

### **Antioksidan Etki**

Son zamanlarda birçok çalışma spirulinanın potansiyel antioksidan aktivitesine odaklanmaktadır. Spirulina, antioksidan enzim aktivitesini güçlü bir şekilde indükleyerek, lipid peroksidasyonunu ve DNA hasarını önlemeye yardımcı olmaktadır. Bu antioksidan etkinin spirulinanın içerdiği fikosiyeninler, askorbat (C vitamini), glutatyon, tokoferol (E vitamini), flavonoidler, alkaloidler ve karotenoidler aracılığı ile oluştuğu düşünülmektedir (Han ve ark., 2021). Bu noktada değinilmesi gereken konulardan biri fikosiyanindir. Mavi renkli, toksik olmayan, kokusuz, güçlü floresan özelliğe sahip doğal bir renk maddesi olan fikosiyanın spirulinaya rengini vermektedir. Spirulinanın kuru ağırlığının %10-20'sini oluşturan (Li ve ark., 2014) fikosiyanın aynı zamanda antioksidan etkiye sahiptir. Yapılan çalışmalar spirulinanın total antioksidan kapasite (TAC) ve süperoksit dismutaz kapasitesi üzerinde pozitif etkilere sahip olduğunu gösterse de bu sonuçlar henüz net değildir (Naeini ve ark., 2021). Güncel bir çalışmada spirulina ilave edilen sporcu içeceklerinin antioksidan aktivitesinin arttığı ve besin değerinin (glikoz ve askorbik asit içeriğinin) daha uzun süre korunduğu görülmüştür (Sadeghi ve ark., 2022).

### **Anti inflamatuvar Etki**

Bağışıklık sistemi vücutta inflamasyonun ana aracısıdır ve sitokinler inflamasyonun başlatılmasında merkezi bir rol oynamaktadır. Spirulinanın sitokinleri düzenleyerek bağışıklığı ve inflamasyona karşı direnci arttırdığı görülmektedir (El Sheikh ve ark., 2014; Shokri ve ark., 2014). Siklooksijenaz-2 İnhibitörleri (COX-2)'nin inflamasyonda yer alan başlıca izoform olduğu ve prostaglandinlerin üretiminden sorumlu olduğu bilinmektedir (Fournier ve Gordon, 2000). Yapılan bir çalışmada spirulinada bulunan fikosiyanın COX-2'yi inhibe ettiği görülmüştür (Reddy ve diğerleri 2000). Bu durumun fikosiyanın antioksidan etkisi ile gerçekleştiği düşünülmektedir (Wu ve ark., 2016).

### **İmmunomodülatör Etki**

Spirulinanın, interlökin (IL)-1 $\beta$ , IL-2, IL-4, IL-6, IL-10 ve tümör nekroz faktörü (TNF)- $\alpha$  dâhil olmak üzere sitokinleri düzenleyerek immünomodülatör ve anti-inflamatuar etkiler meydana getirdiği düşünülmektedir (El Sheikh ve ark., 2014; Shokri ve ark., 2014). Yapılan bir çalışmada spirulina kullanan ve egzersiz yapan bireylerin gamma delta T hücresi sayılarının sabit kaldığı, sitotoksik T lenfosit değerinin ise daha düşük olduğu görülmüştür (Juszkiewicz ve ark., 2018).

### **Spirulina ve Egzersiz/Spor Performansı**

Zengin biyokimyasal bileşimi, sağlık üzerindeki olumlu etkileri nedeniyle spirulinanın sporcular için etkili bir besin takviyesi olacağı düşünülmektedir. Spirulinanın yararlı etkilerini ekstraselüler sinyal düzenleyici kinaz (ERK) 1/2, C-Jun N-Terminal Kinaz (JNK), p38 ve I $\kappa$ B sinyal yollarını düzenleyerek oluşturduğu düşünülmektedir (Khan ve ark., 2006; Yogianti ve ark., 2014). Ancak altta yatan mekanizmalarla ilgili daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır. Egzersiz, kasların oksidatif stresini yoğunluğa bağlı olarak artırmaktadır. Bunun sonucunda serbest radikallerin ve yan ürünlerin oluşumunda artış ile antioksidan durumda olumsuz değişiklikler meydana gelmektedir. Spirulinanın antioksidan içeriği ile bu olumsuz durumun önüne geçileceği düşünülmektedir (Evans ve Cannon, 1991). Spirulinanın izometrik kas kuvveti ve izometrik kas dayanıklılığını arttırmada etkili olduğu da ifade edilmiştir (Sandhu ve ark., 2010).

Yapılan başka bir çalışmada ise spirulinanın farelerin dolaşımındaki nitrat/nitriti arttırdığı bu sebeple fikosiyanın ve endotelial nitrik oksit sentaz (eNOS) miktarındaki artış ile birlikte plazma nitrik oksit (NO) seviyesini arttırdığı görülmüştür (Brito ve ark., 2018). Farelerle yapılan başka bir çalışmada, spirulina takviyesinin, farelerin gastrocnemius kasındaki miyosin içeriğinin yanı sıra soleustaki protein sentez oranını da arttırdığı ifade edilmiştir (Voltarelli ve Mello, 2008). Bu araştırma sonuçları spirulinanın farklı etkileri ile egzersiz ve spor performansı üzerinde etkili olabileceğini düşündürmektedir.

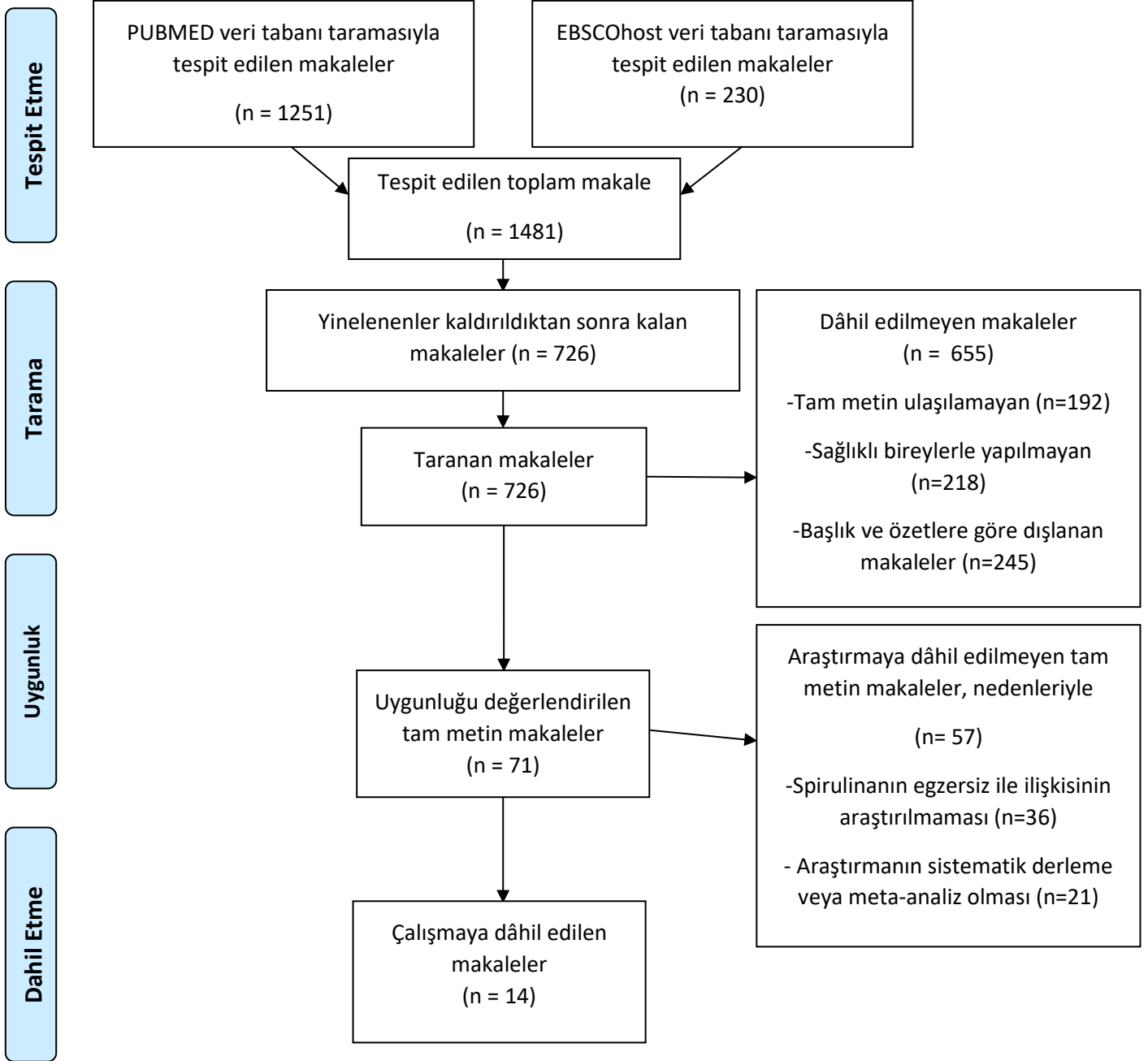
## **YÖNTEM**

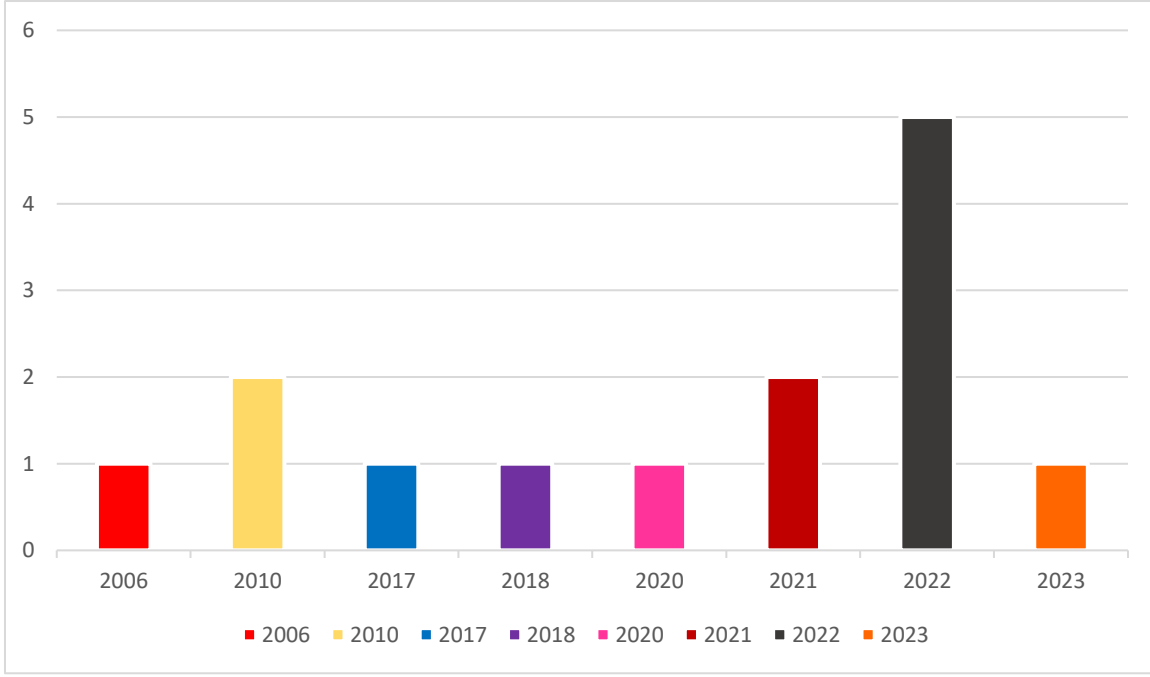
### **Literatür Taraması**

Şubat 2024'te EBSCOhost, PubMed ve Web of Science veri tabanlarında sistematik bir inceleme gerçekleştirilmiştir. Taramada, “spirulina” ve “spor (spor)” ve “exercise (egzersiz)” ve “muscle damage (kas hasarı)” ve “antioxidant (antioksidan)” ve “anti inflammatory (anti inflammatuar)” ve “protein” anahtar kelimeler olarak belirlenmiş ve bu kelimelerin kombinasyonları kullanılmıştır. Araştırmada gözden kaçmış olabilecek çalışmaları belirlemek için, seçilen makalelerin referansları da kontrol edilmiştir. Literatür taraması ile veri tabanlarında 1481 çalışma tespit edilmiş (PubMed, n= 1251; EBSCOhost, n= 230), yinelenen çalışmaların çıkarılmasıyla 726 çalışma ikinci taramaya alınmıştır. Başlık ve özete göre yapılan ikinci taramanın ardından 655 çalışma çıkarılmış, 71 makalenin tam metni değerlendirmeye alınmıştır.

Değerlendirme sonucu 57 çalışma, spirulinanın egzersiz ile ilişkisinin araştırılmaması (n=36) ve çalışmanın sistematik derleme veya meta-analiz olması (n=21) nedenleriyle çıkarılmıştır. Çalışmaya spirulinanın egzersiz ve spor performansı veya kas hasarı belirteçleri üzerindeki etkilerini değerlendiren, fiziksel olarak aktif yetişkin bireyler (18 yaşından büyük olanlar) ile yürütülen, herhangi bir egzersiz protokolünün uygulandığı çalışmalar dâhil edilmiştir. Sonuç olarak 14 makale çalışmaya alınmıştır. Çalışmada PRISMA akış şemasına uygun olarak hareket edilmiş, aşamalar detaylı olarak Şekil 1’de açıklanmıştır. Araştırmada kullanılan çalışmaların ait olduğu yıllara ilişkin grafik, Şekil 2’de gösterilmektedir.

Şekil 1. Akış şeması (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses, PRISMA).





Şekil 2. Araştırmada kullanılan çalışmaların ait olduğu yıllar ve çalışmaların sayıları.

## BULGULAR ve TARTIŞMA

Spirulina ve egzersiz ile ilişkili çalışmalar Tablo 1’de kronolojik olarak özetlenmiştir. Mevcut literatürde spirulina alımının antioksidan belirteçler, immuno modülatör faktörler ve egzersiz ve spor performansının çeşitli parametreleri üzerindeki etkisine yönelik sonuçların tutarsızlık gösterdiği kabul edilebilir. Egzersiz ve spor performansı üzerine yapılan çalışmalardan birinde Sandhu ve arkadaşları (2010), 40 sağlıklı kadın ve erkek birey ile 8 hafta boyunca gerçekleştirdikleri çalışmada günde 2 g/gün spirulina takviyesinin kas kuvveti üzerindeki etkisini incelemiştir. Bunun için takviyeden önce ve sonra baskın kuadriseps kasının tepe gücü, ortalama gücü ve yorgunluk indeksi ölçülmüştür. Çalışma sonucunda spirulina takviyesinin artan tepe gücü ve ortalama güç ile azalan yorgunluk indeksinde etkili olduğu bildirilmiştir. Araştırmacılar kas kuvvetini arttırmada antrenmanla birlikte spirulina takviyesinin sadece spirulina almaktan ve sadece antrenman yapmaktan daha etkili olduğu sonucuna varmışlardır. Bir başka çalışmayı ise Kalafati ve arkadaşları (2010) 4 hafta boyunca 9 orta düzeyde antrene erkek ile gerçekleştirmiştir. Her gün altı gram spirulina veya plasebo kullanan katılımcılar koşu bandında 2 saat boyunca VO<sub>2</sub>max'larının %70-75'ine karşılık gelen yoğunlukta ve ardından VO<sub>2</sub>max'larının %95’inde tükenene kadar koşu yapmıştır. Kan örnekleri egzersizden önce, hemen sonra ve egzersizden 1, 24 ve 48 saat sonra alınmıştır. Egzersiz performansı ve egzersiz sırasındaki solunum katsayısı takviye sonrasında ölçülmüştür ve çalışma sonucunda spirulina grubunda 2 saatlik koşunun ardından yorulmaya kadar geçen süre önemli ölçüde daha uzun bulunmuştur ve spirulina grubunda karbonhidrat oksidasyon oranında azalma ve yağ oksidasyon oranında artış belirtilmiştir.

Güncel literatürde spirulinanın egzersiz performansı üzerine olumlu etkilerini gösteren bu araştırmaların yanı sıra farklı sonuçlar bulunan çalışmalar da mevcuttur. Bu çalışmalarının birini Chaouachi ve arkadaşları (2021), 7 hafta boyunca 22 profesyonel erkek Rugby oyuncusu ile gerçekleştirmiştir. Plasebo veya 5,7 g spirulina alan rugby sporcuları çalışma süresince normal antrenman programlarının dışında farklı bir program uygulamamıştır. Katılımcıların araştırma başlangıcında ve takviyeden sonra, antropometrik ölçümleri ve fiziksel

performanslarını değerlendiren testleri gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak vücut yağ yüzdesi, squat sıçrama, countermovement sıçrama, 10 ve 30 metrelik sprintlerde her iki grupta da benzer farklılıklar bulunurken, bacak maksimum kuvveti ve gücü ve aerobik uygunlukta değişiklik görülmediği bildirilmiştir. Gurney ve arkadaşlarının (2022) gerçekleştirdiği çalışmada ise, 15 antrene erkek 21 gün boyunca 6 g/gün spirulina veya plasebo almışlardır. Katılımcılar çalışma öncesinde ve sonrasında, 1. gün maksimum %55'i güç çıkışında 1 saatlik dayanıklılık testi gerçekleştirmişler, 2. gün ise laktat eşik testi ve tekrarlanan sprint performans testlerini gerçekleştirmişlerdir. Çalışma sonucunda spirulina takviyesinin ardından laktat ve kalp atım hızı anlamlı derecede düşük bulunmuştur. Spirulina grubunda plaseboya kıyasla hemoglobin, tepe ve ortalama güç daha yüksek bulunmuştur. Spirulina ve hemoglobin düzeyi ilişkisinin, spirulinanın yüksek demir içeriği sebebiyle pozitif korelasyon göstermesi beklenmektedir. Gurney ve Spendiff (2020), Gurney ve arkadaşları (2022) ile Ali ve arkadaşlarının (2023) gerçekleştirdiği çalışmalar bu durumu destekler niteliktedir. Çalışmalarda plaseboyla karşılaştırıldığında spirulina takviyesi sonrasında hemoglobin konsantrasyonunda anlamlı bir artış bulunmuştur.

Spirulinanın kas hasarı üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmaların sonuçları ise egzersiz ve spor performansıyla ilgili parametrelerdekine benzer şekilde farklılık göstermektedir. Lu ve arkadaşlarının (2006) 16 antrenmansız öğrenci ile 3 hafta boyunca gerçekleştirdiği araştırmada katılımcılar herhangi bir egzersiz programı uygulamamış, yalnızca diyetlerine 7,5 g/gün spirulina veya soya proteini eklemişlerdir. Çalışma öncesi ve sonrasında Bruce koşu bandı egzersizi bittikten sonra kan örnekleri alınmıştır. Sonuç olarak spirulina takviyesi ile plazma malondialdehit (MDA) konsantrasyonlarının azaldığı, süperoksit dismutaz (SOD), kan glutatyon peroksidleri ve laktat dehidrojenaz (LDH) arttığı bildirilmiştir. Bu sonuçlar, spirulina alımının iskelet kası hasarını önleyici etki gösterebileceğini göstermektedir. Bu konuda yapılan bir diğer çalışmada Pappas ve arkadaşları (2021) 40 sağlıklı erkek bireyde egzersiz sonrası 6 g/gün spirulina alımının kas hasarı üzerindeki akut etkilerini incelemiştir. Spirulina alındıktan sonra 5 set ve set başına maksimum 15 tekrardan oluşan eksenrik bir egzersiz seansı gerçekleştirilmiştir. Egzersizden 24, 48, 72 ve 96 saat sonra kan örneği alınmış, ek olarak kas hasarı ve eksenrik tepe troku değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda redoks durum (toplam antioksidan kapasite, protein karboniller), kas hasarı [gecikmiş kas ağrısı (DOMS)] ve kas performans parametrelerinde [eksantrik tepe torku (EPT)] anlamlı değişiklik görülmemiş, sonuç olarak kas hasarı oluşturan bir protokolü takip eden spirulina takviyesinin redoks durumu, kas performansı veya hasarı üzerinde yararlı etkiler sağlamadığı sonucuna varılmıştır. Chaouachi ve arkadaşlarının (2022) çalışmasında ise 7 hafta boyunca 17 profesyonel erkek Rugby oyuncusu günde 5,7 g/gün spirulina veya plasebo almışlardır. Çalışma süresince Yo-yo Aralıklı Toparlanma Testi-Seviye 2, oksidatif stresi, inflamasyonu ve iskelet kası hasarını tetiklemek için egzersiz olarak kullanılmıştır. Kan örnekleri çalışmaya başlamadan önce ve 7 hafta sonra; ayrıca egzersizden önce, hemen sonra ve 24 saat sonra alınmıştır. Sonuç olarak spirulina grubunda C-reaktif protein ve kreatin kinaz düzeylerinde herhangi bir değişiklik görülmemiştir. Egzersizden 24 saat sonra alınan kan parametreleri egzersizden önce alınan parametrelerden daha düşük bulunmuştur ve bu sonuç spirulina takviyesinin egzersize bağlı lipid peroksidasyonunu, inflamasyonu ve iskelet kası hasarını potansiyel olarak önlediğini göstermektedir. Kas hasarını inceleyen bir başka çalışmada ise, Kashani ve arkadaşları (2022) 18 erkek tekvando sporcusunun 8 g/gün spirulina veya plasebo alımını incelemiştir. Çapraz gruplu çalışmada ilk 3 haftanın ardından 14 günlük bir arınma dönemi uygulanmış, ardından gruplar çaprazlanmış ve 3 hafta daha takviye alınmaya devam edilmiştir. Toplam 8 hafta süren araştırmada çalışma öncesi, arınma öncesi, arınma sonrası ve çalışma sonrası olacak şekilde toplam 4 kez kan örneği alınmıştır. Araştırma sonucunda plaseboyla karşılaştırıldığında, spirulina takviyesi sonrası laktat dehidrojenaz (LDH), kreatin kinaz (CK) ve interlökin 6 (IL-6)

plazma seviyelerinde önemli bir düşüş olduğu bildirilmiştir. Aynı zamanda toplam antioksidan kapasite (TAC), süperoksit dismutaz (SOD) ve glutatyon peroksidaz (GPX) plazma seviyelerinde önemli bir artış görüldüğü belirtilmiştir. Araştırmacılar bu sonuçlara dayanarak spirulinanın sporcularda egzersize bağlı kas hasarını önleyici bir etkisi olabileceğini düşünmektedir. Bu olumlu sonuçlara karşın Kalpana ve arkadaşlarının (2017) 90 erkek sporcu ile 60 günde gerçekleştirdiği çalışmada, 3 g/gün spirulina takviyesi ile ticari antioksidan takviye arasında antioksidan belirteçler üzerinde anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Kalpana ve arkadaşlarının çalışmasında (2017) katılımcı sayısı ve çalışma süresi daha fazla olmasına rağmen antioksidan özellikler ile ilgili yapılan diğer çalışmalarda 5-8 g/gün arasında değişen spirulina dozu kullanıldığı göz önüne alınırsa, Kalpana ve arkadaşlarının (2017) çalışmasında kullanılan 3 g/gün spirulina dozunun daha düşük olması bu sonuca neden olmuş olabilir.

Spirulinanın immunomodülatör etkileri incelendiğinde yapılan çalışmalar birbirini destekler niteliktedir. Juskiewicz ve arkadaşları (2018) Polonya Kürek Takımının 19 erkek üyesi ile 6 hafta boyunca gerçekleştirdikleri çalışmada spirulina takviyesinin immun belirteçler üzerindeki etkisini incelemişlerdir. 1500 mg spirulina veya plasebo alan kürekçiler çalışma süresince normal antrenman programlarının dışında farklı bir program uygulamamıştır. Takviye döneminin başında ve sonunda kürek ergometresi ile 2000 metrelik bir test yapılmıştır. Kan örnekleri egzersizden önce, hemen sonra ve 24 saat sonra alınmıştır. Araştırma sonucunda spirulina grubunda egzersiz sonrası Treg sayısında bir artış veya iyileşme sonrası T $\delta$ y hücre sayısında bir azalma görülmediği bildirilmiştir. Önemli ölçüde daha düşük Treg/CTL değeri ortaya çıkmıştır. Bu sonuçlar egzersiz sonrası bağışıklık sisteminin baskılanmasının azaldığını göstermektedir. Nobari ve arkadaşları (2022) ise çalışmalarını 30 sedanter kadın ile gerçekleştirmiştir. Katılımcılar HIIT, spirulina, HIIT+spirulina olacak şekilde üç gruba ayrılmıştır. Spirulina alan gruplar 6 g/gün spirulina almışlardır. HIIT gerçekleştiren gruplar ise, haftada 3 seans ve her seansta 30 saniyelik koşu ve 30 saniyelik yürüyüşten oluşan 4-7 tekrarlı HIIT uygulamıştır. İmmünoglobulin konsantrasyonlarını (IgA ve IgG) belirlemek için çalışmadan önce ve sonra açlık kan örneği alınmıştır. Çalışma sonucunda HIIT ile spirulina takviyesinin yağsız vücut kütleini azalttığı ve bağışıklık sisteminde önemli bir rol oynayan immünoglobulin-A'yı da güçlendirdiği belirtilmiştir. Son olarak Zhang ve arkadaşlarının (2022) çalışması 39 üniversite öğrencisi erkek futbolcu ile 8 hafta boyunca gerçekleştirilmiştir. Katılımcılar 3 g/gün spirulina veya plasebo almışlar ve 150 dk. boyunca normal antrenman programlarını gerçekleştirmişlerdir. Takviye öncesinde ve sonrasında alınan kan örnekleri incelendiğinde gruplar arasında monosit ve bazofil yüzdesi istatistiksel olarak anlamlı derecede farklı bulunmuş ve spirulina grubunun avantajlı olduğu anlaşılmıştır.

**Tablo 1.** Spirulina ve egzersiz ile ilişkili çalışmalar

Araştırma	Katılımcılar	Spirulina Miktarı ve Alım Sıklığı	Çalışma Süresi	Egzersiz ve Ölçüm	Sonuç
<b>Lu ve ark. (2006)</b>	16 antrenmansız öğrenci	7,5 g/gün	3 hafta	-Takviyeden önce ve sonra Bruce kademeli koşu bandı egzersizi bittikten sonra kan örnekleri alınmıştır.	-Spirulina takviyesi ile plazma malondialdehit konsantrasyonlarının azaldığı, süperoksit dismutaz, kan glutatyon peroksidleri ve laktat dehidrojenazın arttığı görülmüştür.
<b>Sandhu ve ark. (2010)</b>	40 sağlıklı birey	2 g/gün	8 hafta	-Baskın kuadriseps kasının tepe kuvveti, ortalama kuvveti ve yorgunluk indeksi, takviyeden önce ve sonra ölçülmüştür.	-Spirulina takviyesinin artan tepe kuvveti ve ortalama kuvvet ile azalan yorgunluk indeksinde etkili olduğu görülmüştür. -Kas gücünü arttırmada antrenmanla birlikte spirulina takviyesinin sadece spirulina almaktan ve sadece antrenman yapmaktan daha etkili olduğu sonucuna varılmıştır.
<b>Kalafati ve ark. (2010)</b>	9 orta düzeyde antrene erkek	6 g/gün	4 hafta	-2 saat boyunca V'O <sub>2</sub> max'larının %70-75'ine karşılık gelen yoğunlukta ve ardından tükenene kadar %95 V'O <sub>2</sub> max'ta koşu yapılmıştır. -Kan örnekleri egzersizden önce, hemen sonra ve egzersizden 1, 24 ve 48 saat sonra alınmıştır.	-Spirulina takviyesinden sonra 2 saatlik koşunun ardından yorulmaya kadar geçen süre önemli ölçüde daha uzun bulunmuştur. -Spirulina grubunda karbonhidrat oksidasyon oranında azalma ve yağ oksidasyon oranında artış görülmüştür.
<b>Kalpana ve ark. (2017)</b>	90 erkek sporcu	3 g/gün	60 gün	- Malondialdehitin (MDA) öncesi ve sonrası seviyelerini belirlemek için kan örneği alınmıştır. -Fizyolojik geçici durumları değerlendirmek için takviye öncesi ve sonrası kardiyopulmoner egzersiz testi yapılmıştır.	-Her iki egzersiz grubunda da toparlanma kalp atım hızında önemli ölçüde gelişme ve zirve laktat ve malondialdehitte azalma görülmüştür.



**Tablo 1.** Spirulina ve egzersiz ile ilişkili çalışmalar (devam)

Araştırma	Katılımcılar	Spirulina Miktarı ve Alım Sıklığı	Çalışma süresi	Egzersiz ve ölçüm	Sonuç
<b>Juszkiewicz ve ark. (2018)</b>	Polonya Kürek Takımının 19 erkek üyesi	1,5 g/gün	6 hafta	-Takviye döneminin başında ve sonunda kürek ergometresi ile 2000 metre testi yapılmıştır. -Kan örnekleri egzersizden önce, hemen sonra ve 24 saat sonra alınmıştır.	-Spirulina grubunda egzersiz sonrası Treg sayısında bir artış ya da iyileşme sonrası T $\delta$ γ hücre sayısında bir azalma görülmemiştir. -Önemli ölçüde daha düşük Treg/CTL değeri görülmüştür.
<b>Gurney ve Spendiff (2020)</b>	11 sağlıklı erkek birey	6 g/gün	7 gün	-Kol Ergometresi üzerinde $\dot{V}O_2$ max'larının %55'ine karşılık gelen 2x30 dakikalık submaksimal egzersiz seansı gerçekleştirilmiştir. -Oksijen alımı, RER ve HR egzersiz sırasında sürekli olarak ölçülmüştür.	-Spirulina, plaseboya kıyasla hemoglobin düzeyini önemli ölçüde artırmıştır. -Spirulina takviyesinden sonra, egzersiz seansları sırasında oksijen alımı ve HR önemli ölçüde daha düşük bulunmuştur.
<b>Chaouachi ve ark. (2021)</b>	22 profesyonel erkek Rugby oyuncusu	5,7 g/gün	7 hafta	-Başlangıçta ve takviyeden sonra, antropometrik ölçümler ve fiziksel performans test bataryası gerçekleştirilmiştir.	-Yağ kütlesi yüzdesi, her iki grupta da önemli ölçüde azalmıştır. -Her iki grupta da squat sıçrama, countermovement sıçrama, 10 ve 30 metrelik sprintlerde önemli gelişmeler görülmüştür. -Bacak maksimum kuvveti ve gücü ve aerobik uygunlukta değişiklik görülmemiştir
<b>Pappas ve ark. (2021)</b>	40 sağlıklı erkek birey	6 g/gün	-	-5 set ve set başına maksimum 15 tekrardan oluşan eksantrik bir egzersiz seansı gerçekleştirilmiştir. -Egzersizden 24, 48, 72 ve 96 saat sonra kan alınmıştır.	-Redoks durum, kas hasarı (DOMS) ve kas performans parametrelerinde (eksantrik tepe tork değeri) değişiklik görülmemiştir.
<b>Gurney ve ark. (2022)</b>	15 antrene erkek birey	6 g/gün	21 gün	-Maksimum %55'i güç çıkışında 1 saatlik dayanıklılık testini (1. gün), ardından laktat eşik testi ve tekrarlanan sprint performans testlerini (2. gün) gerçekleştirmişlerdir.	-Spirulina takviyesinin ardından laktat ve kalp atım hızı anlamlı derecede düşük bulunmuştur. -Spirulina grubunda plaseboya kıyasla hemoglobin, tepe ve ortalama güç daha yüksek bulunmuştur.

**Tablo 1.** Spirulina ve egzersiz ile ilişkili çalışmalar (devam)

Araştırma	Katılımcılar	Spirulina Miktarı ve Alım Sıklığı	Çalışma süresi	Egzersiz ve ölçüm	Sonuç
<b>Kashani ve ark. (2022)</b>	18 erkek tekvando sporcusu	8 g/gün	8 hafta	-3 hafta boyunca takviye alınmış ardından 14 günlük bir arınma dönemi uygulanmış ve gruplar çaprazlanmıştır. -Çalışma öncesi, arınma öncesi, arınma sonrası ve çalışma sonrası olacak şekilde toplam 4 kez kan örneği alınmıştır.	-Plaseboyla karşılaştırıldığında, spirulina takviyesi laktat dehidrojenaz, kreatin kinazve interlökin 6 plazma seviyelerinde önemli düşüş görülmüştür. -Toplam antioksidan kapasite, süperoksit dismutaz ve glutatyon peroksidaz plazma seviyelerinde önemli bir artış görülmüştür.
<b>Zhang ve ark. (2022)</b>	39 lisans öğrencisi erkek futbolcu	3 g/gün	8 hafta	- 150 dk. normal antrenmanlarını gerçekleştirmişlerdir. -Takviye öncesinde ve sonrasında kan örneği alınmıştır.	-Gruplar arasında monosit ve bazofil yüzdesi istatistiksel olarak anlamlı derecede farklı bulunmuş ve spirulina grubu avantajlı görülmüştür.
<b>Nobari ve ark. (2022)</b>	30 sedanter kadın birey	6 g/gün	8 hafta	-Egzersiz grupları, haftada 3 seans ve her seansta 30 saniyelik koşu ve 30 saniyelik yürüyüşten oluşan 4-7 tekrarlı HIIT uygulamıştır. -İmmünoglobulin konsantrasyonlarını (IgA ve IgG) belirlemek için çalışmadan önce ve sonra açlık kan örneği alınmıştır.	-HIIT ile spirulina takviyesinin sadece yağsız kütleyi azalttığı görülmüştür. -Bağışıklık sisteminde önemli bir rol oynayan immünoglobulin-A'yı da güçlendirdiği görülmüştür.
<b>Chaouachi ve ark. (2022)</b>	17 profesyonel erkek Rugby oyuncusu	5,7 g/gün	7 hafta	-Yo-yo Aralıklı Toparlanma Testi-Seviye 2, oksidatif stresi, inflamasyonu ve iskelet kası hasarını tetiklemek için egzersiz olarak kullanılmıştır.	-Spirulina grubunda C-reaktif protein ve kreatin kinaz düzeylerinde herhangi bir değişiklik görülmemiştir. -Egzersizden 24 saat sonra alınan kan parametreleri egzersizden önce alınan parametrelerden daha düşük bulunmuştur.
<b>Ali ve ark. (2023)</b>	14 rekreasyonel aktif birey	6 g/gün	6 hafta	-2 hafta boyunca takviye alınmış ardından 14 günlük bir arınma dönemi uygulanmış ve gruplar çaprazlanmıştır. - %40 maksimum güç çıkışında 20 dakikalık bir bisiklet testi gerçekleştirmiştir. -15 dk. dinlenmenin ardından tükenmeye yönelik bir VO <sub>2</sub> max testi yapılmıştır.	-Plaseboyla karşılaştırıldığında spirulina takviyesi sonrasında hemoglobin konsantrasyonunda %3,4'lük anlamlı bir artış bulunmuştur. - VO <sub>2</sub> max, WRmax, kalp hızı, oksijen alımı, RER ve kan laktat yanıtında anlamlı farklılık bulunmamıştır.

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Yapılan çalışmalar spirulinanın kas gücü, kalp atım hızı, solunum değişim oranı, C-reaktif protein ve kreatin kinaz gibi performans parametreleri üzerinde olumlu etkileri olduğunu göstermektedir. Bazı çalışmalarda spirulina takviyesi laktat dehidrojenaz, kreatin kinaz, malondialdehit, interlökin 6 plazma seviyelerinde azalma ve toplam antioksidan kapasite, süperoksit dismutaz ve glutatyon peroksidaz plazma seviyelerinde artışa neden olduğu belirtilmiştir. Bu nedenle spirulina takviyesinin sporcularda egzersize bağlı kas hasarını önleyici bir etkisi olabileceği düşünülmektedir. Ek olarak spirulina takviyesinin antioksidan belirteçler üzerindeki olumlu etkisi ile egzersize bağlı lipid peroksidasyonunu potansiyel olarak önleyebileceği görülmüştür. Aynı zamanda bağışıklık sisteminin önemli belirteçleri olan T lenfosit, monofil ve bazofil yüzdesi ve immünoglobulin A seviyelerinde artış bulunmuştur. Birçok çalışmada hemoglobin düzeyinde de spirulina kullanımına bağlı olarak anlamlı artış görülmüştür.

Ancak egzersiz ve spor performansı üzerine yapılan mevcut sonuçlar tutarsızlık göstermektedir. Bu durum bireyler arası değişkenliklerden [katılımcıların özellikleri (örn. yaş ve cinsiyet)], antrenman durumu kaynaklanmış olabileceği gibi spirulinanın üretim şekli, bileşimi, dozu, alım zamanı, kullanma süresi ile de ilişkili olabilir. Örneğin Kalpana ve arkadaşlarının çalışmasında (2017) katılımcı sayısı ve çalışma süresi daha fazla olmasına rağmen antioksidan özellik ile ilgili yapılan diğer çalışmalarda 5-8 g/gün arasında değişen spirulina dozu kullanıldığı göz önüne alınırsa, Kalpana ve arkadaşlarının (2017) çalışmasında kullanılan 3 g/gün spirulina dozunun daha düşük olması bu sonuca neden olmuş olabilir. Buna karşın daha yüksek doz (6 g/gün) ile yapılan bir akut çalışmada spirulinanın kas kuvveti üzerinde etkisi görülmezken daha düşük doz (2 g/gün) ile yapılan kronik bir çalışmada olumlu etki görülmüştür. Bu nedenle spirulinanın alım zamanı, dozu, alım şekli gibi birçok özelliğin dikkatli bir şekilde değerlendirilerek spirulina için net bir alım önerisi getirilmesi gerekmektedir.

Spirulinanın egzersiz ve sporda performansı artırmak ve antrenman sonrası iyileşmeyi hızlandırmak için kullanımına dair kanıtlar yetersizdir. Spirulinanın özellikle kadın sporcular üzerinde araştırılmadığı görülmüştür. Bu nedenle gelecekte yapılacak çalışmalarda spirulinanın yüksek demir biyoyararlanımı ve kadın sporculardaki yüksek anemi dikkate alındığında, kadın sporcu topluluğu üzerindeki etkisi incelenebilir. Bu noktada spirulinanın etki mekanizmaları ile ilgili çok daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

## KAYNAKLAR

Ali, Y., Aubeeluck, R., & Gurney, T. (2024). Fourteen-Days Spirulina Supplementation Increases Hemoglobin, but Does Not Provide Ergogenic Benefit in Recreationally Active Cyclists: A Double-Blinded Randomized Crossover Trial. *Journal of Dietary Supplements*, 21(3), 261-280.

Becker, E. W. (2007). Micro-algae as a source of protein. *Biotechnology advances*, 25(2), 207-210.

Blinkova, L., Gorobets, O., & Batur, A. (2001). Biological activity of Spirulina Zh Mikrobiol Epidemiol Immunobiol. 2001 Mar-Apr;(2): 114-8. Review. In this review information of Spirulina platensis (SP), a blue-green alga (photosynthesizing cyanobacterium) having diverse biological activity is presented. Due to high content of highly. *Zh Mikrobiol. Epidemiol. Immunobiol*, 2, 114-118.

Brito, A.D.F., Silva, A.S., De Souza, A.A., Ferreira, P.B., De Souza, I.L.L., & Araujo, L.C.D.C. (2018) Aortic response to strength training and Spirulina platensis dependent on nitric oxide and antioxidants. *Frontiers in Physiology*, 9, 1522.

- Chidley, C., & Davison, G. (2018). The effect of *Chlorella pyrenoidosa* supplementation on immune responses to two days of intensified training. *European Journal of Nutrition*, 57, 2529–36
- Chaouachi, M., Gautier, S., Carnot, Y., Bideau, N., Guillemot, P., Moison, Y., Groussard, C., & Vincent, S. (2021). *Spirulina platensis* provides a small advantage in vertical jump and sprint performance but does not improve elite rugby players' body composition. *Journal of Dietary Supplements*, 18(6), 682-697.
- Chaouachi, M., Gautier, S., Carnot, Y., Guillemot, P., Pincemail, J., Moison, Y., Collin, T., Groussard, C., & Vincent, S. (2022). *Spirulina* supplementation prevents exercise-induced lipid peroxidation, inflammation and skeletal muscle damage in elite rugby players. *J Human Nutrition Diet*, 35(6), 1151–1163.
- El Sheikh, S.M., Shalaby, M.A.M., Hafez, R.A., Metwally, W.S.A., & El-Ayoty, Y.M. (2014). The immunomodulatory effects of probiotic bacteria on peripheral blood mononuclear cells (PBMCs) of allergic patients. *American Journal of Immunology*, 10(3), 116–130
- Evans, W.J., & Cannon, J.G. (1991). The metabolic effects of exercise-induced muscle damage. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 19, 99-125.
- Fallah, A.A., Sarmast, E., Habibian Dehkordi, S., Engardeh, J., Mahmoodnia, L., Khaledifar, A., & Jafari, T. (2018). Effect of *Chlorella* supplementation on cardiovascular risk factors: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Clinical Nutrition*, 37(6), 1892–901.
- Fournier, D.B., & Gordon, G.B. (2000). COX-2 and colon cancer: potential targets for chemoprevention. *Journal of Cellular Biochemistry Supplement*, 34, 97–102
- Gurney, T., & Spendiff, O. (2020). *Spirulina* supplementation improves oxygen uptake in arm cycling exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 120, 2657-2664.
- Gurney, T., & Spendiff, O. (2022). Algae supplementation for exercise performance: current perspectives and future directions for *spirulina* and *chlorella*. *Frontiers in Nutrition*, 9, 865741.
- Gurney, T., Brouner, J., & Spendiff, O. (2022). Twenty-one days of *spirulina* supplementation lowers heart rate during submaximal cycling and augments power output during repeated sprints in trained cyclists. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 47(1), 18-26.
- Han, P., Li, J., Zhong, H., Xie, J., Zhang, P., Lu, Q., Li, J., Xu, P., Chen, P., & Leng, L. (2021). Anti-oxidation properties and therapeutic potentials of *spirulina*. *Algal Research*, 55, 102240.
- Jung, F., Krüger-Genge, A., Waldeck, P., & Küpper, J.H. (2019). *Spirulina platensis*, a super food?. *Journal of Cellular Biotechnology*, 5(1), 43-54.
- Juszkiewicz, A., Basta, P., Petriczko, E., Machaliński, B., Trzeciak, J., Łuczowska, K., & Skarpańska-Stejnborn, A. (2018). An attempt to induce an immunomodulatory effect in rowers with *spirulina* extract. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 15(1), 9.
- Kalafati, M., Jamurtas, A.Z., Nikolaidis, M.G., Paschalis, V., Theodorou, A.A., Sakellariou, G.K., Koutedakis, Y., & Kouretas, D. (2010). Ergogenic and antioxidant effects of *spirulina* supplementation in humans. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42(1), 142-151.
- Kalpna, K., Kusuma, D., Lal, P., & Khanna, G. (2017). Impact of *spirulina* on exercise induced oxidative stress and post exercise recovery heart rate of athletes in comparison to a commercial antioxidant. *Food Nutrition Journal*, 2(4), 139.
- Kashani, A., Keshavarz, S.A., Jafari-Vayghan, H., Azam, K., Hozoori, M., Alinavaz, M., & Djafarian, K. (2022). Preventive effects of *Spirulina platensis* on exercise-induced muscle damage, oxidative stress and inflammation in taekwondo athletes: a randomized cross-over trial. *Pharmaceutical Sciences*, 28(3), 589-595.
- Khan, M., Varadharaj, S., Ganesan, L.P., Shobha, J.C., Naidu, M.U., Parinanadi, N.L., Tridandapani, S., Kutala, V.K., & Kuppusamy, P. (2006.) C-phycocyanin protects against ischemia-reperfusion injury of heart through

involvement of p38 MAPK and ERK signaling. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 290(5), 2136–2145

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*, 137, 109356.

Li, X., Wu, B., Zhang, Y., Liu, J., & Liang, Y. (2014). Research advance of the functions and fermentation of Spirulina. *Food Research and Development*, 35, 145–148.

Lu, H.K., Hsieh, C.C., Hsu, J.J., Yang, Y.K., & Chou, H.N. (2006). Preventive effects of Spirulina platensis on skeletal muscle damage under exercise-induced oxidative stress. *European Journal of Applied Physiology*, 98, 220-226.

Naeini, F., Zarezadeh, M., Mohiti, S., Tutunchi, H., Ebrahimi Mamaghani, M., & Ostadrahimi, A. (2021). Spirulina supplementation as an adjuvant therapy in enhancement of antioxidant capacity: a systematic review and metaanalysis of controlled clinical trials. *International Journal of Clinical Practice*, 75:e14618

Nobari, H., Gandomani, E.E., Reisi, J., Vahabidelshad, R., Suzuki, K., Volpe, S.L., & Pérez-Gómez, J. (2022). Effects of 8 weeks of high-intensity interval training and spirulina supplementation on immunoglobulin levels, cardio-respiratory fitness, and body composition of overweight and obese women. *Biology*, 11(2), 196.

Pappas, A., Tsiokanos, A., Fatouros, I.G., Poullos, A., Kouretas, D., Goutzourelas, N., Giakas, G., & Jamurtas, A.Z. (2021). The effects of spirulina supplementation on redox status and performance following a muscle damaging protocol. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(7), 3559.

Reddy, C.M., Bhat, V.B., Kiranmai, G., Reddy, M.N., Reddanna, P., & Madyastha, K.M. (2000). Selective inhibition of cyclooxygenase-2 by C-phycoyanin, a biliprotein from Spirulina platensis. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 277(3), 599–603.

Sadeghi, T., Marvizadeh, M.M., Ebrahimi, F., Mafi, S., Foughani, O., & Mohammadi Nafchi, A. (2022). Assessment of nutritional and antioxidant activity of sport drink enriched with Spirulina platensis. *Journal of Chemical Health Risks*.

Sandhu, J., Dheera, B., & Shweta, S. (2010). Efficacy of spirulina supplementation on isometric strength and isometric endurance of quadriceps in trained and untrained individuals—a comparative study. *Ibnosina Journal of Medicine and Biomedical Sciences*, 2(02), 79-86.

Selmi, C., Leung, P.S.C., Fischer, L., German, B., Yang, C., Kenny, T.P., Cysewski, G.R., & Gershwin, M.E. (2011). The effects of Spirulina on anemia and immune function in senior citizens. *Cellular & Molecular Immunology*, 8(3).

Shokri, H., Khosravi, A., & Taghavi, M. (2014). Efficacy of Spirulina platensis on immune functions in cancer mice with systemic candidiasis. *Mycological Research*, 1(1), 7–13

Sotiroidis, T.G., & Sotiroidis, G.T. (2013). Health aspects of Spirulina (Arthrospira) microalga food supplement. *Journal of the Serbian Chemical Society*, 78(3), 395–405

Templeton, D.W., & Laurens, L.M.L. (2015). Nitrogen-to-protein conversion factors revisited for application of microalga biomass conversion to food, feed and fuel. *Algal Research*, 11, 359–367.

Van der Spiegel, M., Noordam, M.Y., & Van der Fels-Klerx, H.J. (2013). Safety of novel protein sources (insects, microalgae, seaweed, duckweed, and rapeseed) and legislative aspects for their application in food and feed production. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12(6), 662-678.

Villarruel-López, A., Ascencio, F., & Nuño, K. (2017). Microalgae, a potential natural functional food source—a review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 67(4).

Volterelli, F.A., & de Mello, M.A. (2008). Spirulina enhanced the skeletal muscle protein in growing rats. *European Journal of Nutrition*, 47(7), 393-400.

Yogianti, F., Kunisada, M., Nakano, E., Ono, R., Sakumi, K., Oka, S., Nakabeppu, Y., & Nishigori, C. (2014) Inhibitory effects of dietary *Spirulina platensis* on UVB-induced skin inflammatory responses and carcinogenesis. *Journal of Investigative Dermatology*, 134(10), 2610–2619

Zhang, Y., Zhang, Y., Wu, W., Xu, Y., Li, X., Qiu, Q., & Chen, H. (2022) Effects on Spirulina Supplementation on Immune Cells' Parameters of Elite College Athletes. *Nutrients*, 14(20), 4346.

Wu, Q., Liu, L., Miron, A., Klímová, B., Wan, D., & Kuča, K. (2016) The antioxidant, immunomodulatory, and anti-inflammatory activities of Spirulina: an overview. *Archives of Toxicology*, 90, 1817-1840.