TÜRKİYE CUMHURİYETİ
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SPİRULİNA PLATENSİS SUPLEMENTASYONUNUN MAKSİMAL OKSİJEN TÜKETİMİ VE LAKTİK ASİT DEĞERLERİ ÜZERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

LARA ÖZKASAP
YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN
DOÇ. DR. İNCİ BANU AYÇA
SPOR SAĞLIK BİLİMLERİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

İSTANBUL- 2023

TÜRKİYE CUMHURİYETİ
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SPİRULİNA PLATENSİS SUPLEMENTASYONUNUN MAKSİMAL OKSİJEN TÜKETİMİ VE LAKTİK ASİT DEĞERLERİ ÜZERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

LARA ÖZKASAP
YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN
DOÇ. DR. İNCİ BANU AYÇA
SPOR SAĞLIK BİLİMLERİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

İSTANBUL- 2023

TEZ ONAYI

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışması ile elde edilmemiş bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığı beyan ederim.

Lara ÖZKASAP

TEŞEKKÜR

Çalışmam ve akademik kariyerim boyunca bilgi, tecrübe ve motivasyonunu esirgemeyen Doç. Dr. İnci Banu AYÇA' hocama;

Ölçümlerin yürütüldüğü laboratuvar ve cihazların kullanımı için izin veren İstanbul Üniversitesi- Cerrahpaşa Spor Bilimleri Fakültesi Dekanlığı ve Antrenörlük Eğitimi Bölümüne;

Çalışma süresince maddi-manevi yanımda olan ve desteklerini esirgemeyen Doç. Dr. Özlem KIRANDI ve Prof. Dr. Ayşe TÜRKSOY IŞIM'a;

Ölçümler esnasında yanımda olup, tecrübe ve bilgilerini paylaşan Arş. Gör. Doğa KURAL'a ve Dr. Öğr. Üyesi Mustafa ŞAHİN'e;

Çalışmamın proje aşamasında yardımları için Doç. Dr. İlker YÜCESİR'e, Uzm. Dyt. Aslıhan ELMAS'a, Marmara Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar ve Projeler Koordinasyon Birimi'nden Cemal KOÇ'a teşekkürlerimi borç bilirim.

Yüksek Lisans eğitimim boyunca stresli anlarımda yanımda olan dostum Sevgi TUNCEL'e teşekkür ederim.

Ve ailem, her türlü desteğiniz için minnettarım. İyi ki varsınız.

Çalışmamı gerçekleştirebilmem için maddi destek sağlayan Marmara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne (BAPKO) teşekkür ederim.

Yüksek Lisans sürecim boyunca 2210-A burs programıyla maddi destek sağlayan TÜBİTAK Bilim İnsanı Destekleme Programı Başkanlığı'na (BİDEB) teşekkür ederim.

Eğitim eşitliğini savunarak, bilimin ışığında yol gösteren Cumhuriyetimizin Kurucusu Ulu Önder Gazi Mustafa Kemal ATATÜRK'e saygılarımla...

*Bu çalışma Marmara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından Spirulina Platensis Suplementasyonunun Maksimal Oksijen Tüketimi ve Laktik Asit Değerleri Üzerine Etkisinin İncelenmesi başlıklı, TYL-2023-10976 kodlu proje ile desteklenmiştir.

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR LİSTESİ i

TABLO LİSTESİ iii

ŞEKİL LİSTESİ iv

1. ÖZET 1

2. SUMMARY 2

3. GİRİŞ ve AMAÇ 3

3.1. Araştırmanın Hipotezleri 4

3.2. Araştırmanın Varsayımları 5

3.3. Araştırmanın Sınırlılıkları 5

4. GENEL BİLGİLER 6

4.1. Spirulina Platensis 6

4.1.1. Spirulina Platensis 'in besin değeri 9

4.1.1.1. Vitaminler 11

4.1.1.2. Mineraller 12

4.1.1.3. Amino Asitler 13

4.1.1.4. Fitokimyasal bileşenler 15

4.1.1.5. Antioksidanlar 16

4.2. Enerji Sistemleri 16

4.2.1. Fosfojen sistem 17

4.2.2. Anaerobik glikoliz sistem 18

4.2.2.1. Laktik asit 19

4.2.2.2. Anaerobik eşik (AT), laktat eşiği (LT) ve solunumsal eşik (VT) 20

4.2.3. Aerobik sistem 21

4.3. Serbest Radikaller 22

4.3.1. Oksidatif stres 23

4.4. Maksimal Oksijen Tüketimi 23

4.4.1. Maksimal oksijen tüketimi ölçüm yöntemleri 23
4.4.1.1. Maksimal testler 23
4.4.1.2. Submaksimal testler 24
5. GEREÇ ve YÖNTEM 25
5.1. Araştırmanın Modeli 25
5.2. Araştırma Grubu 25
5.3. Araştırma Tasarımı 26
5.4. Veri Toplama Araçları 28
5.4.1. Vücut kompozisyonu ölçümü 28
5.4.2. Maksimal oksijen tüketimi ölçümü 28
5.4.3. Laktik asit ölçümü 30
5.5. İstatistiksel Analizi 31
6. BULGULAR 32
7. TARTIŞMA ve SONUÇ 48
8. KAYNAKLAR 59
9. ÖZGEÇMİŞ 66
10. BİLİMSEL FAALİYETLER 67
11. EKLER 68
EK 1. Gönüllü Bilgilendirme Formu 68
EK 2. Katılımcı Beyanı 70
EK 3. Gönüllü Onay Formu 71
EK 4. Veri Toplama Formu 72
EK 5. Etik Kurul Onay Formu 73

KISALTMALAR LİSTESİ

AA	:	Amino asit
ADP	:	Adenozin difosfat
AT	:	Anaerobik eşik
ATP	:	Adenozin trifostat
BCAA	:	Dallı zincirli amino asit
BKİ	:	Beden kitle indeksi
CO_2	:	Karbondioksit
CoA	:	Koenzim A
FFM	:	Yağsız vücut kütlesi
GPX	:	Glutatyon peroksidaz
ITIS	:	Bütünleştirilmiş taksonomik bilgi sistemi
KPET	:	Kardiyopulmoner egzersiz testi
LDH:	:	Laktat dehidrogenaz
LA	:	Laktik Asit
LT	:	Laktat eşiği
MAX HR	:	Maksimum kalp atım hızı
MBP	:	Modifiye Bruce protokolü
MDA	:	Malondialdehit
MSS	:	Merkezi sinir sistemi
ÖT	:	Ön test
PE	:	Plasebo kullanan erkek
PK	:	Plasebo kullanan kadın
PCr	:	Fosfokreatin
RER	:	Solunum değişim oranı
ROS	:	Reaktif oksijen türleri
SOD	:	Süperoksit dismutaz

SP	:	Spirulina Platensis
SPE	:	Spirulina Platensis Suplementi kullanan erkek
SPK	:	Spirulina Platensis Suplementi kullanan kadın
ST	:	Son test
SYA	:	Serbest yağ asidi
TBW	:	Toplam vücut suyu
USGS	:	Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırmaları Kurumu
VA	:	Vücut ağırlığı
VO_2max	:	Maksimal oksijen tüketimi
VT	:	Solunumsal eşik
VYY	:	Vücut yağ yüzdesi
Yo-Yo ATT	:	Yo-Yo aralıklı toparlanma testi

TABLO LİSTESİ

Sayfa Numarası

Tablo 1. Deney grubunun ön test-son test karşılaştırmalı analizi (vücut kompozisyonu) 32

Tablo 2. Kontrol grubunun ön test-son test karşılaştırmalı analizi (vücut kompozisyonu) 33

Tablo 3. Deney grubunun ön test-son test grup içi karşılaştırmalı analizi (fiziksel performans) 34

Tablo 4. Kontrol grubunun ön test-son test grup içi karşılaştırmalı analizi (fiziksel performans) 35

Tablo 5. Ön test grupların karşılaştırmalı analizi (vücut kompozisyonu) 36

Tablo 6. Son test grupların karşılaştırmalı analizi (vücut kompozisyonu) 36

Tablo 7. Ön test grupların karşılaştırmalı analizi (fiziksel performans) 37

Tablo 8. Son test grupların karşılaştırmalı analizi (fiziksel performans) 38

Tablo 9. Cinsiyet ve SP kullanımı değişkenlerine göre anova analizi 39

Tablo 10. Ön test vücut kompozisyonu ve ön test fiziksel performans değişkenlerinin korelasyonu.....43

Tablo 11. Son test vücut kompozisyonu ve son test fiziksel performans değişkenlerinin korelasyonu.....44

Tablo 12. Ön test fiziksel performans değişkenlerinin korelasyonu.....45

Tablo 13. Son test fiziksel performans değişkenlerinin korelasyonu.....46

Tablo 14. Spirulina Platensis'in atletik performans ve biyokimyasal parametrelere yönelik etkisi (literatür çalışması) 51

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa Numarası

Şekil 1. Spirulina Platensis'in mikroskobik görüntüsü 6

Şekil 2. Spirulina türleri 7

Şekil 3. Kanembou kabilesi (2004) 7

Şekil 4a. Spirulina'nın yapay havuzlarda üretimi 8

Şekil 4b. Spirulina'nın yapay havuzlarda üretimi 8

Şekil 5. Texcoco gölü 9

Şekil 6. Spirulina Platensis'in besin değeri.....10

Şekil 7. PCr'ın parçalanması ve ATP'nin resentezi 17

Şekil 8. Anaerobik glikoliz sistem 18

Şekil 9. Cori döngüsü 19

Şekil 10. Krebs döngüsü 22

Şekil 11a. Maksimal oksijen tüketimi ölçümü.....29

Şekil 11b. Maksimal oksijen tüketimi ölçümü.....30

Şekil 12a. Laktik asit ölçümü.....30

Şekil 12b. Laktik asit ölçümü.....31

1. ÖZET

Tezin Başlığı: Spirulina Platensis Suplementasyonunun Maksimal Oksijen Tüketimi ve Laktik Asit Değerleri Üzerine Etkisinin İncelenmesi
Öğrencinin Adı Soyadı: Lara ÖZKASAP
Danışmanın Adı Soyadı: Doç. Dr. İnci Banu AYÇA
Programın Adı: Spor Sağlık Bilimleri Yüksek Lisans Programı

Amaç: Bu çalışma Spirulina Platensis Suplementasyonunun maksimal oksijen tüketimi ve laktik asit değerleri üzerine etkisini incelemek amacıyla yapılmıştır.

Gereç ve Yöntem: Gönüllüler randomize çift kör çalışma ile n=10 plasebo ve n=10 deney grubu olmak üzere 2 gruba ayrıldı. Ön test- son test modeli uygulandı. Testler öncesi gönüllülerin vücut kompozisyonu ölçümleri alındı. Maksimal oksijen tüketimi ölçümleri kardiyopulmoner egzersiz testi cihazı (H/P Cosmos Quasar, Nussdorf, Almanya) kullanılarak, kan laktat ölçümleri ise kardiyopulmoner egzersiz testi esnasında 4 kez olacak şekilde Lactat Scout 4.0 (EKF, Almanya) laktik asit ölçüm kiti kullanılarak analiz edildi. Bulgular SPSS 25.0 (IBM, Armonk, NY) paket programı kullanılarak değerlendirildi. Shapiro Wilk testi kullanılarak, verilerin normal dağıldığı görüldü ($p<0,05$). Grup içi ön test ve son test arasındaki farklılık Eş Örneklem t-Test kullanılarak saptandı. Ön testler ve son testler arasındaki ortalamalar ise Bağımsız Örneklem t-Test kullanılarak karşılaştırıldı. Değişkenlere göre gruplar arası farklılık Anova testi ile belirlendi. Değişkenler arası ilişkinin belirlenmesi için ise Pearson Korelasyon Katsayısı kullanıldı.

Bulgular: Deney grubunun ön test- son test karşılaştırmalı analizinde maksimal oksijen tüketimi, anaerobik eşik kalp atım hızı ve RER>1,5 LA (mmol/L) değerlerinde anlamlı farklılık bulundu ($p<0.05$). Kontrol grubunun ön test- son test karşılaştırmalı analizinde ise sadece RER>1,5 LA (mmol/L) anlamlı farklılık bulundu ($p<0.05$). Kontrol ve deney grubunun son test verileri incelendiğinde hiçbir değişken için istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı ($p<0.05$).

Sonuç: Spirulina Platensis'in maksimal oksijen tüketimi değerlerine anlamlı pozitif yönde etki ettiği bulundu.

Anahtar Kelimeler: Spirulina Platensis, besin takviyesi, maksimal oksijen tüketimi, laktik asit, sportif performans

2. SUMMARY

Title of Thesis: Investigation of the Effect of Spirulina Platensis Supplementation on Maximal Oxygen Consumption and Lactic Acid Levels
Student Name, Surname: Lara Özkasap
Supervisor Name: Assoc. Prof. Dr. İnci Banu Ayça
Program Name: Sports Health Sciences Master's Program

Objective: This study was conducted to examine the effect of Spirulina Platensis Supplementation on maximal oxygen consumption and lactic acid values.

Materials and Methods: Volunteers were divided into 2 groups: n = 10 placebo and n = 10 experimental groups in a randomized double-blind study. Pretest-posttest model was applied. Body composition measurements of the volunteers were taken before the tests. Maximal oxygen consumption measurements were analyzed using a cardiopulmonary exercise test device (H/P Cosmos Quasar, Nussdorf, Germany), and blood lactate measurements were analyzed 4 times during the cardiopulmonary exercise test using the Lactat Scout 4.0 (EKF, Germany) lactic acid measurement kit. The findings were analysed using the SPSS 25.0 (IBM, Armonk, NY) package program. Using the Shapiro Wilk test, the data was found to be normally distributed ($p<0.05$). The difference between the pretest and posttest within the group was determined using the Paired Sample t-Test. The averages between pretests and posttests were compared using Independent Sample t-Test. Differences between groups according to variables were determined by ANOVA test. Pearson Correlation Coefficient was used to determine the relationship between variables.

Results: In the pre-test/post-test comparative analysis of the experimental group, a significant difference was found in maximal oxygen consumption, anaerobic threshold heart rate and RER>1.5 LA (mmol/L) values ($p<0.05$). In the pretest-posttest comparative analysis of the control group, a significant difference was found in only RER>1.5 LA (mmol/L) ($p<0.05$). When the post-test data of the control and experimental groups were examined, no statistically significant difference was found for any variable.

Conclusion: It was found that SP had a significant positive effect on Maximal oxygen consumption values.

Keywords: Spirulina Platensis, nutritional supplement, maximal oxygen consumption, lactic acid, athletic performance

3. GİRİŞ ve AMAÇ

Bu çalışmanın amacı uzun süreli Spirulina Platensis takviyesi kullanımının maksimal oksijen tüketimi (VO_2max) üzerinde etkisini değerlendirmektir. Aynı zamanda çalışma içerisinde diğer performans belirteçleri olarak egzersiz esnasında kan laktadı ölçülmüş; toparlanma ve yorgunluk belirtileri objektif olarak gözlemlenmiştir.

Spirulina Platensis (SP) özellikle son yıllarda sıklıkla karşımıza çıkan süper gıdalar sınıfında yer alır. Süper gıdalar zengin besin içerikleriyle kişilerin beslenmelerini takviye edici rol oynamaktadır. İçerisinde bulunduğumuz zamanda orman yangınları, heyelanlar, depremler, seller gibi tüm doğal afetler ve doğal kaynakların insanlar tarafından bilinçsiz kullanımı sonucu yaşanılan iklim krizleri doğrultusunda sağlıklı gıdaya erişememe gibi yaşamı tehdit eden problemler karşımıza çıkmaktadır. İnsan popülasyonunun artması yaşamı tehdit eden diğer problemler dünya üzerinde yetersiz beslenen grubun çoğalmasına sebep olmuştur. İnsanlar küresel felaket öngörüsüyle yeni besin kaynağı arayışına girmiştir. Kolay erişebilir, besin değeri yüksek, az maliyetli, ekolojik ve sürdürülebilir kaynakların erişilebilir formları yaygınlaşmıştır.

Yapılan çalışmalar SP'in besin olarak kullanımının 1940'lara dayandığını göstermektedir (Cifferi, 1983). Spirulina Platensis üzerine kimyasal analizler 1970'li yıllarda yapılmaya başlanmıştır. Yapılan analizler sonucu kurutulmuş ağırlığının yarısından fazlasının protein molekülü içerdiği tespit edilmiştir (Belay ve ark., 2008; Hoseini ve ark., 2013; Aktaş, 2022). Spirulina Platensis günümüzde vegan ve vejetaryen bireylerin, sporcuların, yetersiz beslenen popülasyonun sıklıkla tükettiği bir suplement haline gelmiştir. Vegan bireylerin hiçbir hayvansal ürün tüketmemesi, vejetaryen bireylerin "et" tüketmemesi, sporcuların doğal, sürdürülebilir protein kaynağı arayışları, SP'in protein açısından zengin popüler bitkisel kaynak olarak ön plana çıkmasını sağlamıştır (Ali ve Saleh, 2012).

Maksimal oksijen tüketimi yoğun egzersizlerde kullanılabilen en yüksek oksijen miktarı olarak adlandırılır (Ünal, 2019). VO_2max yaş, cinsiyet ve vücut kompozisyonu değişkenlerine göre bireyler arası farklılık gösterebilir (Günay ve ark., 2013). Literatürde maksimum aerobik güç, aerobik kapasite olarak da yer alabilir. VO_2max aynı zamanda aerobik dayanıklılığın en iyi göstergesidir.

Vücut kompozisyonu, yaş, cinsiyet, beslenme durumu, antioksidan metabolizma, solunum ve kardiyorepiratuar sistemlerin kalitesi ve enerji metabolizmasına dahil olan bütün metabolikler egzersiz performansını doğrudan etkiler.

Kuvvetli antioksidanlar, egzersiz esnasında enerji metabolizmasında ortaya çıkan ve homeoastazı bozarak kas yorgunluğuna sebep olan reaktif oksijen türleri (Reactive Oxygen Species=ROS)'ni dengeler (Paşaoğlu ve ark., 2019). Reaktif oksijen türlerinin birikimi oksidatif hasara yol açacağından antioksidan savunma sistemi ile dengelenmesi hayati önem taşımaktadır (Yılmaz, 2010).

Spirulina Platensis, içeriğinde bulunan Süperoksit Dismutaz (SOD), β-karoten, fillokinon, selenyum ve çinko antioksidanları sayesinde egzersizde oluşan ROS elementlerini dengeleyerek daha iyi egzersiz performansı, daha erken toparlanma ve daha geç yorgunluk sağlayabilir (Karabulut ve Gülay, 2016).

Yapılan literatür taramasında SP'in sporcularda takviye olarak kullanımına ilişkin sınırlı sayıda çalışmaya rastlanmıştır. SP'in kronik (uzun süreli) kullanımı sonucunda oksijen tüketimine ve egzersiz sonrası toparlanmaya ve yorgunluğa olan etkisine yönelik bilgi eksikliğinin olması ve literatürde yer alan çalışmalarda kadın katılımcıların sınırlı olması sebebiyle bu çalışma yapılmıştır. Çalışmamızın literatürdeki diğer çalışmalardan bir farkı da VO_2max ölçümlerinde daha fazla kasın aktif çalışarak enerji metabolizmasına katılması amacıyla koşu bandı kullanılmasıdır.

3.1. Araştırmanın Hipotezleri

1) H0: Spirulina Platensis suplementi kullanan bireylerin ön test-son test maksimal oksijen tüketimi değerlerinde istatistiksel açıdan anlamlı fark yoktur.

   H1: Spirulina Platensis suplementi kullanan bireylerin ön test-son test maksimal oksijen tüketimi değerlerinde istatistiksel açıdan anlamlı fark vardır.

2) H0: Spirulina Platensis suplementasyonunun anaerobik eşiğe ulaşma süresine ve dayanıklılık zamanına istatistiksel açıdan etkisi yoktur.

   H1: Spirulina Platensis suplementasyonunun anaerobik eşiğe ulaşma süresine ve dayanıklılık zamanına istatistiksel açıdan pozitif etkisi vardır.

3.2. Araştırmanın Varsayımları

Literatürde, SP Suplementasyonunun antioksidan enzimleri artırdığı ve oksidatif stresi azalttığına yönelik sonuçlardan faydalanarak dolaylı bir şekilde SP suplementasyonunun maksimal oksijen tüketimine etki ederek egzersiz performansını arttıracağını ve toparlanmayı hızlandıracağını varsaydık.

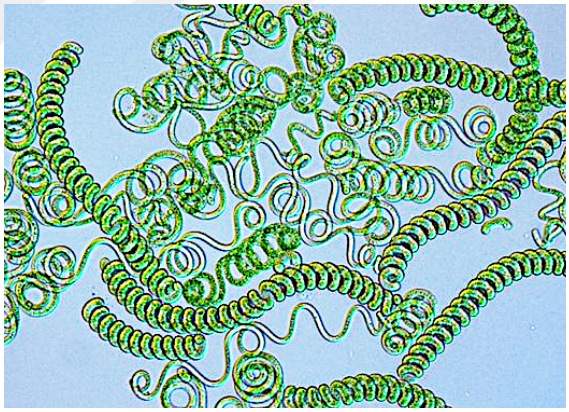
3.3. Araştırmanın Sınırlılıkları

Örneklem grubu İstanbul Üniversitesi- Cerrahpaşa Spor Bilimleri Fakültesi'nde okuyan ve İstanbul ilinde ikamet eden 18-25 yaş aralığında öğrenciler ile sınırlı kalmıştır. SP suplementi kullanımı 6 hafta ile sınırlıdır. Test esnasında laktik asit ölçümleri kişi başı 4 adet ile sınırlıdır.

4. GENEL BİLGİLER

4.1. Spirulina Platensis

Son yıllarda yaşanılan iklim krizi, küresel felaketler ve besin kaynaklarının yetersizliği insanların yeterli beslenememelerine yol açmıştır. Bu durum yeni besin kaynağı arayışlarına ön ayak olmuştur. Yapılan çalışmalar, çoğunlukla gıda üretiminin az olduğu bölgelerde yeterli beslenmeyi sağlamak amaçlı besinlerin mineral ve vitaminlerce zenginleştirilerek genetiğinin değiştirildiğini göstermektedir. Ancak genetiği değiştirilmiş ürün tüketiminin insan vücuduna biyolojik zararları izlendiğinde doğal, bitkisel, sürdürülebilir ve besin değeri zengin ürünlere, süper gıdalara olan ilgi artmaya başlamıştır. Süper gıdaların diğer gıda alternatiflerine göre besin içerikleri daha yüksektir (Henrikson, 1997). Süper gıda sınıflamasına dahil olan Spirulina Platensis (Arthrospira Platensis=SP), toksik olmayan siyanobakteriler (mavi-yeşil algler) grubunda yer alan bir organizmadır (Fox, 1996 akt. Lu ve ark., 2006). Siyanobakteriler, kendi besinlerini fotosentez ile sağlayan tek hücreli, mikroskobik, ipliksi prokaryot canlılardır (Ciferri, 1983; Gershwin ve Belay, 2008) (Şekil 1).



Şekil 1. Spirulina Platensis'in mikroskobik görüntüsü (Furmaniak ve ark., 2017'den yararlanılarak hazırlanmıştır)

Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırmaları Kurumu (United States Geological Survey=USGS) tarafından hayvanlar, bitkiler, mikroplar ve mantarlar hakkında güvenilir veri tabanı olarak yetkilendirilen Bütünleştirilmiş Taksonomik Bilgi Sistemi (Integrated Taxonomic Information System=ITIS), Spirulina adı altında 16 farklı tür belirtmiştir (Şekil 2).

1- Spirulina Corakiana	9- Spirulina Nordstedtii
2- Spirulina Crispum	10- Spirulina Subsalsa
3- Spirulina Laxa	11- Spirulina Princeps
4- Spirulina Laxissima	12- Spirulina Subtilissima
5- Spirulina Major	13- Spirulina Pacifica
6- Spirulina Maxima	**14- Spirulina Platensis**
7- Spirulina Labyrinthiformis	15- Spirulina Tenerrima
8- Spirulina Meneghiniana	16- Spirulina Weissii

Şekil 2. Spirulina türleri

Spirulina farklı yaşam koşullarına uyum sağlama yeteneğindedir. Diğer mikroorganizmalar için yaşam koşullarının zor olduğu ortamlarda (volkanik kayaçlar, mercan resifleri vb.) koloniler halinde yaşayabilir. Yapılan çalışmalar Spirulina'nın termal sulardan, enerji santrallerindeki sıcak sulardan, balık çiftliklerinden vb. çeşitli kaynaklardan izole edildiğini göstermektedir (Ciferri, 1983). İnsanların Spirulina'yı suplement olarak kullanmasının yanında Spirulina, besi hayvancılığında, kümeslerde, balık çiftliklerinde yem olarak da kullanılmaktadır. Spirulina'nın İnsanlar tarafından besin olarak tüketildiğine dair kaynaklar 1940'lı yıllara uzanmaktadır. Fransız botanikçi Dangeard, Afrika Çad Gölü çevresinde yaşayan Kanembou Kabilesi olarak adlandırılan yerli halkın, göl yüzeyinde bulunan algleri kurutup elde ettikleri ve "Dihè" adı verdikleri yeşil, kekremsi yiyecekle beslendiklerini keşfetmiştir (Henrikson, 1997) (Şekil 3)



Şekil 3. Kanembou kabilesi (2004) (Henrikson, 2021'den yararlanılarak hazırlanmıştır)

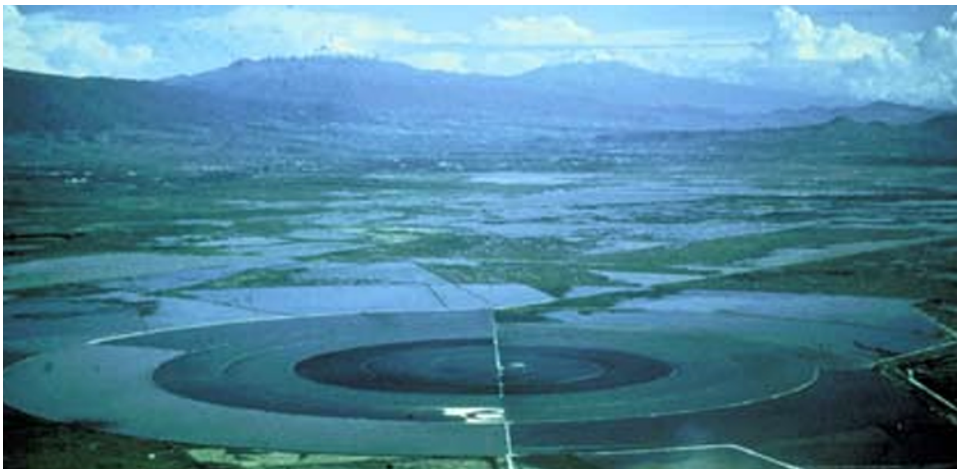
Günümüzde Meksika'da bulunan Texcoco Gölü hariç doğal alg kültürüne sahip bölgeler kurumuş, Spirulina yapay havuzlarda üretilmeye başlanmıştır (Şekil 4a, Şekil 4b ve Şekil 5)



Şekil 4a. Spirulina'nın yapay havuzlarda üretimi (Henrikson, 2021'den yararlanılarak hazırlanmıştır)



Şekil 4b. Spirulina'nın yapay havuzlarda üretimi (Henrikson, 2021'den yararlanılarak hazırlanmıştır)



Şekil 5. Texcoco gölü (Henrikson, 1997'den yararlanılarak hazırlanmıştır)

Şekil 2'de belirtilen 16 tür içerisinden Spirulina Platensis, Spirulina Maxima ve Spirulina Pacifica türleri yaygın şekilde suplement olarak kullanılmaktadır. Kullanım sıklığı nedeniyle bazı çalışmalar SP'i genel anlamıyla Spirulina olarak ifade etmektedir. Bu türler yetişme koşulu, hücre boyutu, besin değeri ve renk gibi farklılıklar göstermektedir (Ciferri, 1983).

4.1.1. Spirulina Platensis'in besin değeri

Literatürdeki çalışmalar SP'in bahsedilen diğer Spirulina türlerine kıyasla, daha rahat tüketilebilen formlarda (kapsül, toz, tablet vb.) olması, yetiştirilme koşullarının üretici açısından daha uygulanabilir olması ve besin içeriğinin daha zengin olması sebebiyle en sık tercih edilen Spirulina türü olarak belirtmişlerdir. Yapılan araştırmalar yetiştirilme koşulları farklı olan SP türlerinin de kimyasal içeriğin farklı olabileceğini göstermektedir (Bourges ve ark., 1971; Kılıç, 2008). 1940'lı yıllardan beri tüketildiği keşfedilmesine rağmen SP'e dair kimyasal analizler 1970'li yıllarda yapılmaya başlanmıştır. Yapılan analizler sonucu kurutulmuş ağırlığında yaklaşık %60-%70 protein, %15-%30 karbonhidrat, %2-%5 yağ asidi molekülleri ve çeşitli vitamin, mineral, enzim ve pigmentler içerdiği gözlemlenmiştir (Belay ve ark., 2008; Hoseini ve ark., 2013; Aktaş, 2022) (Şekil 6). Bu araştırmalardan yola çıkarak, SP'i protein içeriği en fazla olan doğal ve bitkisel bir besin kaynağı olarak tanımlanmıştır (Ali ve Saleh, 2012). Zengin içeriği sayesinde günümüzde sadece yetersiz beslenen bireylerin değil aynı zamanda sporcuların da sıklıkla suplement olarak tercih ettiği bir besindir (Dartsch, 2008; Kalafati ve ark., 2010; Pappas ve ark., 2021).

Besin Ögesi	100 gr'da	Besin Ögesi	100 gr'da
Temel Besin Öğeleri		**Amino Asitler**	
Enerji	373 kcal	Histidin (His)	1 gr
Toplam Yağ	4,3 gr	İzolösin (Ile)	3500 mg
Doymuş Yağ	1,95 gr	Lösin (Leu)	5380 mg
Tekli Doymamış Yağ	1,93 gr	Lizin (Lys)	2960 mg
Çoklu Doymamış Yağ	0,26 gr	Alanin (Ala)	4,59 gr
Kolestrol	<0,1 mg	Arjinin (Arg)	4,31 gr
Toplam Karbonhidrat	17,8 gr	Metiyonin (Met)	1170 mg
Diyet Lifi	7,7 gr	Fenil Alanin (Phe)	2750 mg
Protein	63 gr	Triptofan (Trp)	1090 mg
Vitaminler		Treonin (Thr)	2860 mg
A (%100 β-karoten)	352000 IU	Valin (Val)	3940 mg
K (Fillokinon)	1090 mcg	Aspartat (Asp)	5,99 g
B1 (Tiyamin)	0,5 mg	Sistein (Cys)	0,59 g
B2 (Riboflavin)	4,53 mg	Glisin (Gly)	3,13 g
B3 (Niasin)	14,9 mg	Prolin (Pro)	2,38 g
B6 (Pridoksin)	0,96 mg	Serin (Ser)	2,76 g
B12 (Kobalamin)	162 mcg	Glutamat (Glu)	9,13 g
Mineraller		Tirozin (Tyr)	2,5 g
Fosfor (P)	961 mg	**Fitokimyasal Bileşenler**	
Demir (Fe)	87,4 mg	Klorofil	1,20%
Kalsiyum (Ca)	468 mg	Süperoksit Dismutaz	531000 IU
Potasyum (K)	1660 mg	Fikosiyanin	17,20%
İyot (I)	153 mcg	γ-linolenik asit	1080 mg
Magnezyum (Mg)	319 mcg	Toplam karotenoid	504 mg
Çinko (Zn)	1,45 mg	β-karoten	211 mg
Selenyum (Se)	25,5 mg	Zeaksantin	101 mg
Bakır (Cu)	0,47 mg		
Krom (Cr)	< 400 mcg		
Manganez (Mn)	3,26 mg		
Sodyum (Na)	641 mg		

Şekil 6. Spirulina Platensis'in besin değeri (Belay, 2008'den yararlanılarak hazırlanmıştır)

4.1.1.1. Vitaminler

Vitaminler, vücuttaki çeşitli biyokimyasal işlevlerin devamını sağlayan, vücudun üretmediği (K vitamini hariç) ve beslenme yolu ile dışarıdan alınmasının zorunlu olduğu organik bileşiklerdir. Vitaminler suda ve yağda çözünenler olarak 2 sınıfta incelenir. A, D, E, K vitaminleri yağda çözünebilir ve vücutta depolanabilir. Biotin, folik asit, B vitaminleri ve C vitamini ise suda çözünebilen ve depolanamayan vitaminlerdir (Paşaoğlu ve ark., 2019).

- A vitamini (%100 β -karoten), başlıca göz ve epital doku sağlığı için elzem vitaminlerden biridir. Karaciğerde depolanır. Yağda eriyen vitaminler sınıfındadır. Çoğunlukla hayvansal ürünlerde bulunur. 2gr/gün SP kullanımı günlük A vitamini ihtiyacının yarısını karşılamaktadır (Güneyli, 1976; Grune ve ark., 2010; Aktaş, 2022).
- K Vitamini (Fillokinon), pıhtılaşma için elzem vitamindir. Karaciğerde depolanır. Yağda eriyen vitaminler sınıfındandır. Yeşil yapraklı sebzeler ve sebze yağları ile hayvansal ürünlerde bulunur. 2gr/gün SP kullanımı günlük K vitamini ihtiyacının ortalama %25'ini karşılamaktadır (Aktaş, 2022).
- B1 Vitamini (Tiyamin), glikoz yıkımı ve enerji üretimi için elzem vitamindir. Enerji üretiminde magnezyum olmadan etkisini gösteremez. Suda çözünen vitaminler sınıfındandır. Hayvansal ürünler, bakliyatlar ve tohumlarda bulunur. 2gr/gün SP kullanımı günlük B1 vitamini ihtiyacının ortalama %1'ini karşılamaktadır. (Özata, 2021; Aktaş, 2022).
- B2 Vitamini (Riboflavin), karbonhidrat, yağ ve protein metabolizmasında rol alır. Suda çözünen vitaminler sınıfındandır. Hayvansal ürünler, bakliyat ve kuruyemişlerde bulunur. 2gr/gün SP kullanımı günlük B2 vitamini ihtiyacının ortalama %8'ini karşılamaktadır (Powers, 2003; Aktaş, 2022).
- B3 Vitamini (Niasin), glikoz, yağ asidi, protein, piruvat vb. metabolizmalar için önemli bir bileşendir. Suda çözünen vitaminler sınıfındandır. 2gr/gün SP kullanımı günlük B3 vitamini ihtiyacının ortalama %2'sini karşılamaktadır (Peechakara ve Gupta, 2018; Aktaş, 2022).
- B6 Vitamini (Pridoksin), nörotransmitter olarak görev yapar. Antioksidan ve antiinflamatuar özelliği vardır. Suda çözünen vitaminler sınıfındandır. 2gr/gün SP kullanımı günlük B6 vitamini ihtiyacının ortalama %1,5'ini karşılamaktadır (Marino ve ark., 1996; Aktaş, 2022).
- B12 Vitamini (Kobalamin), enerji üretimi ve DNA sentezinde görevlidir. Suda çözünen vitaminler sınıfındandır. Çoğunlukla tüm hayvansal ürünlerde bulunmasının yanında soya

vb. bitkisel kaynaklardan üretilen ürünlerde (süt, peynirimsi vb.) ve toprakta yetişen sebze ve meyvelerde bulunur. 2gr/gün SP kullanımı günlük B12 vitamini ihtiyacının ortalama %135'ini karşılamaktadır (O'Leary ve Samman, 2010; Aktaş, 2022).

4.1.1.2. Mineraller

Mineraller, büyüme-gelişme, vücut homeostazının korunması ve vücut fonksiyonlarının devamı için gerekli olan organik olmayan bileşiklerdir. Vücutta bulunma oranlarına göre makro, mikro (eser) ve ultraeser elementler olarak 3 başlık altında incelenir.

- Fosfor, makro elementtir. enerji üretimi, vücutta asit-baz dengesinin sağlanması ve impuls iletiminde rol alır. Vücutta en fazla bulunan negatif elektrik yüklü iyon (anyon)'dur. Hayvansal ürünlerde, tahıllarda, baklagillerde ve tohumlarda bulunur. 2gr/gün SP kullanımı günlük fosfor ihtiyacının ortalama %2,7'sini karşılamaktadır (Farrow ve White, 2010; Karaarslan ve ark., 2020; Aktaş, 2022).
- Demir, mikro elementtir. Vücudun bütün sistemlerinin çalışması için gerekli olan oksijeni taşıyan hemoglobinin yapısında bulunur. Çoğunlukla hayvansal ürünlerde olmak üzere, yeşil koyu yapraklı sebzeler ve kurutulmuş meyvelerde bulunur. 2gr/gün SP kullanımı günlük demir ihtiyacının ortalama %15'ini karşılamaktadır (Akgül, 2021; Aktaş, 2022).
- Kalsiyum, makro elementtir. Kontraksiyon, kemik-diş gelişimi ve kanın pıhtılaşmasında rol alır. Süt ve süt ürünlerinde, toprakta yetişen sebzelerde, soyada bulunur. 2gr/gün SP kullanımı günlük kalsiyum ihtiyacının ortalama %1'ini karşılamaktadır (Tayfur, 1991; Aktaş, 2022).
- Potasyum, makro elementtir. Hücre fonksiyonlarının devamı, glikojen metabolizması, hücre bütünlüğünün korunması ve DNA sentezi için gereklidir. Yeşil yapraklı sebzeler, patates, hurma, muz, incir ve avokado potasyum içeren besinlerdir. 2gr/gün SP kullanımı günlük potasyum ihtiyacının ortalama %1'ini karşılamaktadır (Aygencel, 2018; Aktaş, 2022).
- İyot, mikro elementtir. Tiroit hormonlarının yapısında yer alır. Merkezi sinir sisteminin gelişimi, enerji metabolizması, kontraksiyon ve impuls iletim için gereklidir. Süt ve süt ürünlerinde, toprakta yetişen sebzelerde iyot miktarı fazladır. 2gr/gün SP kullanımı günlük iyot ihtiyacının ortalama %2'sini karşılamaktadır (Okuyucu ve Alaçam, 2012; Aktaş, 2022).

- Magnezyum, makro elementtir. İmpuls iletimi, kan basıncının düzenlenmesi, kontraksiyon ve metabolik tepkiler için gereklidir. Kuruyemişler, yeşil yapraklı sebzeler, meyveler ve soya magnezyum içeren besinlerdir. 2gr/gün SP kullanımı günlük magnezyum ihtiyacının ortalama %2'sini karşılamaktadır (Baysal, 2013; Aktaş, 2022).
- Çinko, mikro elementtir. Bağışıklık sistemi, DNA sentezi, hücre bölünmesinde görevlidir. Hayvansal ürünler, kuruyemişler, tahıl ve bakliyatlarda bulunur. 2gr/gün SP kullanımı günlük çinko ihtiyacının ortalama %0,4'ünü karşılamaktadır (Belgemen ve Akar, 2004; Aktaş, 2022).
- Selenyum, mikro elementtir. Serbest radikaller ve oksidatif strese karşı gereklidir. Güçlü bir antioksidandır. Hayvansal ürünler, tahıllar ve kuruyemişlerde bulunur. 2gr/gün SP kullanımı günlük selenyum ihtiyacının ortalama %1'ini karşılamaktadır (Orak ve ark., 2000; Aktaş, 2022).
- Bakır, mikro elementtir. Eklem ve bağ dokusu, kan basıncının düzenlenmesi, kalp atım ritmi için gereklidir. Kuruyemişlerde, tohumlarda ve bakliyatlarda bulunur. 2gr/gün SP kullanımı günlük bakır ihtiyacının ortalama %0,001'ini karşılamaktadır (Akgül, 2021; Aktaş, 2022).
- Krom, mikro elementtir. Glikoz ve yağ metabolizması için gereklidir. Hayvansal ürünler, tahıllar, kuruyemişlerde bulunur. 2gr/gün kullanımı günlük krom ihtiyacının ortalama %20'sini karşılamaktadır (Gönder ve Akbulut, 2014; Aktaş, 2022).
- Manganez, mikro elementtir. Metabolizma reaksiyonlarında katalizör görevindedir. Tropikal meyveler ve toprakta yetişen sebzelerde bulunur. 2gr/gün SP kullanımı günlük manganez ihtiyacının ortalama %3'ünü karşılamaktadır (Takeda, 2003; Aktaş, 2022).
- Sodyum, makro elementtir. Vücutta asit-baz dengesinin korunması, kan basıncı, kontraksiyon ve impuls iletimi rollerindedir. Sofra tuzunun yanında hayvansal ve işlenmiş ürünlerde bulunur. 2gr/gün SP kullanımı günlük sodyum ihtiyacının ortalama %1'ini karşılamaktadır (Grillo ve ark., 2019; Aktaş, 2022).

4.1.1.3. Amino asitler

Amino asitler (AA), karboksil grubunun, amino grubunun, tüm AA'lerde farklı bulunan -R grubunun (yan zincir) ve hidrojen atomunun alfa karbon ile bağlanmasıyla oluşur. DNA tarafından kodlanmış 20 adet AA molekülü vardır. AA'ler peptit bağları sayesinde bir araya gelirler. Peptit bağları ile bağlanan 100+ AA içeren polipeptitler protein molekülünü oluşturur (Paşaoğlu ve ark., 2019). Bu sebeple amino asitler proteinlerin temeli olarak adlandırılır.

AA katabolizma sonucu veya içeriğinde protein bulunan tüm besinlerden elde edilebilir (Benardot, 1999; Gürdöl, 2015). Vücut tarafından sentezlenemeyen, besinler ile almak zorunda olduğumuz AA esansiyel (eksojenik), vücut tarafından sentezlenebilen ve dışarıdan almak zorunda olmadığımız AA ise esansiyel olmayan (endojenik) şeklinde sınıflandırılır.

- Histidin, esansiyel AA'dır. Yoğun olarak hemoglobin içerisinde bulunur. Histemin bireşiminde rol alır. Vücudun asit-baz dengesini sağlamak için görev yapar (Gürdöl, 2015).
- İzolösin, esansiyel AA'dır. Dallı Zincirli AA (BCAA) grubuna dahildir. Vücudun enerji metabolizması için gereklidir. Hemoglobin bireşiminde rol alır. Kontraksiyona katılır (Wu, 2009).
- Lösin, esansiyel AA'dır. BCAA grubuna dahildir. Azot dengesini düzenleyen sistemler içerisindedir. Yaraların iyileşmesi, insülin seviyesinin ve bağışıklık sisteminin düzenlenmesinde rol oynar. Kas proteinlerinin yapımında yer alır. Hipertrofi ve kassal dayanıklılık için gereklidir (Li ve ark., 2007; Ayça ve ark., 2018).
- Lizin, esansiyel AA'dır. Yaralanma sonrası iyileşme sürecinde, hormon ve enzimlerin bireşiminde ve kalsiyum emiliminde rol alır. Bazik AA grubuna dahildir (Gürdöl, 2015). Lizin ile ilgili yapılan çalışmalar uçuğa neden olan Herpes Simpleks virüsünü baskılayabileceğini göstermektedir (Griffith ve ark., 1978).
- Alanin, esansiyel olmayan AA'dır. Vücudun insülin dengesine yardımcı olur. Glikoz metabolizmasında görev yaparak insülin seviyesini dengeler (Wu, 2009).
- Arjinin, yarı esansiyel AA'dır. Hormon dengesinde ve bağışıklık sisteminde görevlidir. Vazodilatasyon sağlayan nitrikositin üretiminde etkilidir. Nitrikosit vazodilatasyon sağlayarak kan akışını arttırır ve kan basıncının korunmasını sağlar (Gençoğlu ve ark., 2021).
- Metiyonin, esansiyel AA'dır. Selenyum ve çinko emilimi için elzemdir. Doku metabolizmasında detoksifikasyon için elzemdir (Elango, 2020).
- Fenil Alanin, esansiyel AA'dır. Vücutta bazı moleküllerin üretimi için rol almasının yanında hidroksilaz enzimi ile parçalanarak Trozin'e dönüşür (Wu, 2009).
- Triptofan, esansiyel AA'dır. Serotonin hormonu üretiminde yer alarak duygu durumu düzenleyici olarak görev yapar. Vücudun nitrojen dengesinin korunmasını sağlar (Ayça ve ark., 2018; Friedman, 2018).
- Treonin, esansiyel AA'dır. Kolajen ve elastin proteinlerinin yapı taşıdır. Cilt ve bağ doku bütünlüğü için elzemdir. Metiyonin ve aspartat ile karaciğerde lipid metabolizmasına katılırlar (Wu, 2009).

- Valin, esansiyel AA'dır. BCAA grubuna dahildir. Kontraksiyon ve doku yenilenmesinde görev yapar. Kas dayanıklılığının arttırılması, kas onarımı ve hipertrofi için gereklidir. Egzersiz esnasında doğrudan enerji kaynağı olarak kullanılabilir (Ayça ve ark., 2018).
- Aspartat, esansiyel olmayan AA'dır. Nörotransmitter olarak görev yaparak nöronlar arası iletişim sağlayabilir. Literatürde aspartatın dayanıklılığı arttırdığına yönelik çalışmalar mevcuttur. Aynı zamanda Glikojenez esnasında veya üre döngüsünde (krebs-henseleit) metabolit olarak görev yapabilir (Wu, 2009).
- Sistein, yarı esansiyel AA'dır. Sindirim sistemine dahil olan organ ve dokuları koruma görevi vardır. Kolajen üretiminde rol alır. Vücutta detoksifikasyon için elzemdir. Taurin üretiminde rol alır (Ölmez ve Polat, 2010).
- Glisin, yarı esansiyel AA'dır. Merkezi Sinir Sistemi (MSS)'de inhibitör nörotransmitter olarak görev yapar. Vücut ısısını dengelemede görevlidir. Kolajen sarmalında bulunur (Wang ve ark., 2013).
- Prolin, yarı esansiyel AA'dır. Kolajen üretiminde rol alır. Damar sağlığını korur (Wu ve ark., 2010).
- Serin, esansiyel olmayan AA'dır. Serotonin ve dopamin sentezinde rol alarak duygu durum kontrol edici olarak görev yapar (Han ve ark., 2020).
- Glutamat, esansiyel olmayan AA'dır. MSS'nde ana nörotransmitter olarak görev yapar. Vücudun savunma sisteminde antioksidan özelliği vardır (Jinap ve Hajeb, 2010).
- Tirozin, yarı esansiyel AA'dır. Nörotransmitter olarak görev yapar. Dikkati, dinçliği, odaklanmayı sağlar. Noradrenalin ve dopamin üretiminde rol alır (Wu, 2009).

4.1.1.4. Fitokimyasal bileşenler

Fitokimyasal bileşenler, bitkisel kaynaklı (sebze, meyve, tahıl) besinlerde bulunan bileşiklerdir. Karotenoidler, alkaloidler, fenoller, organik kükürt bileşikleri ve yapısında azot bulunduran bileşikler olarak sınıflandırılır (Liu, 2003).

SP 'in pigment içeriği karotenoid, fikosiyanin ve klorofil maddelerinden oluşmaktadır. Karotenoidler meyve ve sebzelerde mikro bileşik olarak bulunarak meyve ve sebzelerin pigmentasyonunu (turuncu) sağlarlar. Fotosenteze katkıda bulunarak absorbe ettikleri güneş ışınlarını klorofile aktarırlar (Bojovic ve Stojanovic, 2005).

Yapılan çalışmalar, doğada günümüze kadar 600'den fazla karotenoid bulunduğunu ancak 40'a yakınının besin kaynaklarında mevcut olduğunu göstermektedir (Rao ve Rao, 2007).
SP içeriğinde ise β- karoten ve zeaksantin karotenoidleri bulunmaktadır. Karotenoidlerin bağışıklığı güçlendirici antioksidan özellikleri ve kanser riskini azalttığına yönelik çalışmalar mevcuttur.

Klorofil, bitkilerin yeşil gövde ve yapraklarındaki ana bileşik olan kloroplastta bulunur. Bitkilerdeki yeşil rengin yoğunluğunu belirleyici pigmentlerdendir. SP'deki mavi renk kokusuz, florasan özelliğe sahip Fikosiyanin pigmentinin etkisi görülmektedir (Yılmaz ve ark., 2016; Akınoğlu ve Korkmaz, 2021).

Gama linolenik asit (γ-linolenik asit), nutrasötik, çoklu doymamış yağ asididir. Yapılan çalışmalar γ-linolenik asidin kanda bulunan kolesterol seviyesini düşürdüğünü ortaya koymaktadır. SP, γ-linolenik asit için zengin bir bitkisel kaynaktır (Cohen ve ark., 1993).

4.1.1.5. Antioksidanlar

Vücudun savunma sistemidir. Serbest radikallerin (bkz. 4.3.) oluşumunu engelleyerek ve oluşan serbest radikalleri temizleyerek homeostazı sağlarlar. SP içerisinde bulunan Süperoksit Dismutaz (SOD), β-karoten, fillokinon, selenyum ve çinko elementleri antioksidan enzimlerdir.

4.2. Enerji Sistemleri

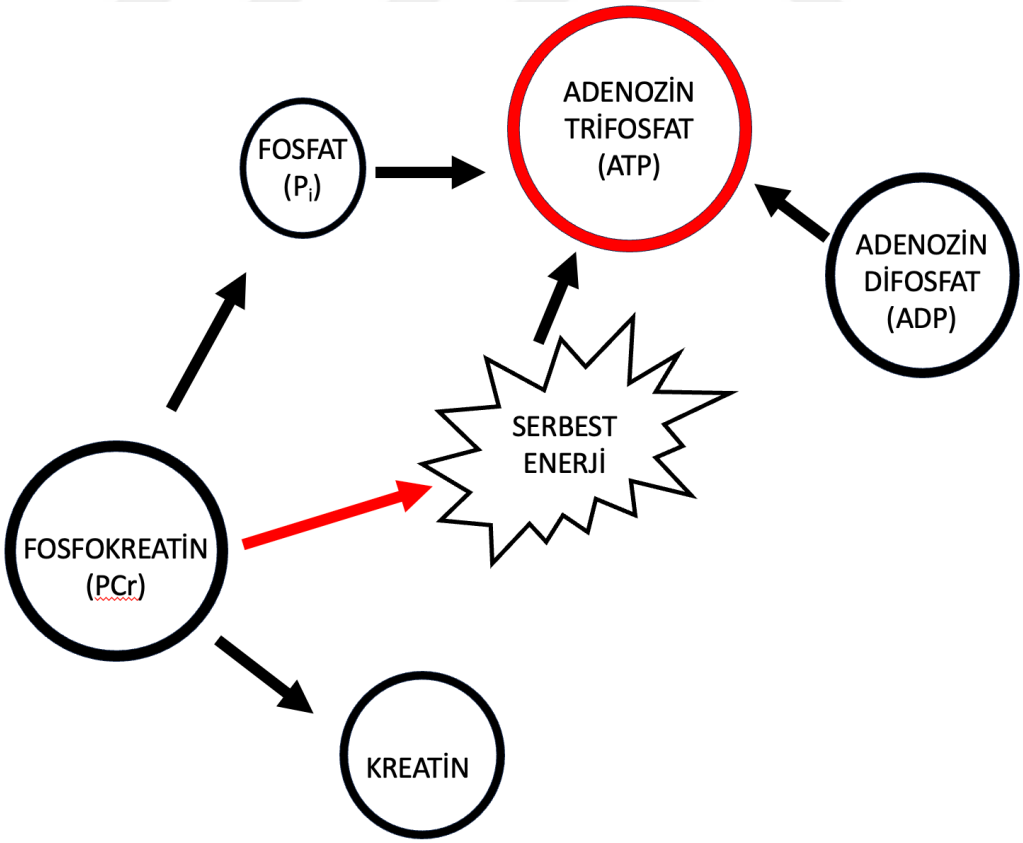
Vücut sistemlerinin dengeli bir biçimde çalışması ve bir harekete başlama veya bir hareketi sürdürme için enerji gerekmektedir. Enerji gereksinimi besinler yoluyla karşılanır. Besinlerin sindirimi aşamasında parçalanmasıyla ortaya çıkan enerji hücre fonksiyonlarının devamı için kullanılır. Adenozin ve 3 tane inorganik fosfat (P_i) molekülünün bir araya gelmesiyle oluşan Adenozin Trifosfat (ATP) molekülü ile bu enerji, sınırlı olarak ısı ve enerji olarak depolanır (Hazır ve ark., 2021). Kontraksiyon, impuls iletimi ve salgıların salınımı için kullanılan enerji; iskelet kası dokusunda depo halde bulunan ATP'deki son bağın redüksiyonu sonucu açığa çıkar (Yıldız, 2012; Günay ve ark., 2013; Paşaoğlu ve ark., 2019; Hazır ve ark., 2021). Enerjinin sürekli sağlanması ve depoların tükenmemesi için sürekli ATP üretilmesi gerekir. İnsan vücudu ATP'yi 3 ana metabolik sistem ile üretir (bkz. 4.2.1., 4.2.2., 4.2.3.).

4.2.1. Fosfojen sistem

Fosfojen sistem (adenozin trifosfat- fosfokreatin / ATP-PCr) sistemi acil enerji sistemi olarak da adlandırılır. Kısa süreli yoğun egzersizler için ihtiyaç duyulan enerjinin karşılanması bu metabolik yol ile sağlanır. ATP'nin resentezi, yapısında yüksek enerjili fosfat bağları bulunduran Fosfokreatin (PCr)'in parçalanması ile sağlanır.

PCR'in parçalanmasıyla oluşan enerji, PCR'yi etkileyerek kreatinden inorganik fosfat (P_i) moleküllerinin ayrışması için kreatin kinaz enzimi tarafından katalizlenmesine neden olur. Ortaya çıkan serbest enerji ile Adenozin Difosfat (ADP) molekülüne P_i eklenmesiyle ATP oluşur.

ATP'den bir fosfat grubunun ayrılmasıyla enerji ortaya çıkar, ATP depolarının tükenmemesi için hücreler PCr'yi ayrıştırarak enerji ve P_i ortaya çıkarır ve ADP'den ATP'i yeniden sentezlenir (Günay ve ark., 2013; Paşaoğlu ve ark., 2019; Hazır ve ark., 2021) (Şekil 7).

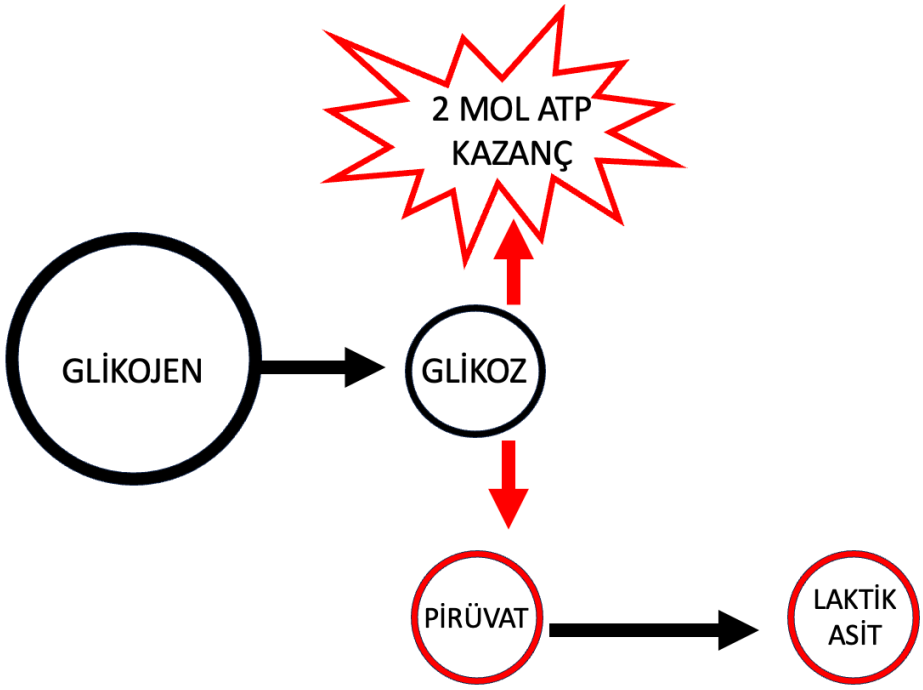


Şekil 7. PCr'ın parçalanması ve ATP'nin resentezi

4.2.2. Anaerobik glikoliz sistem

Glikojenin (glikoz) oksijensiz ortamda parçalanmasıyla enerji elde edilmesine Anaerobik glikoliz (glikolitik sistem/ laktik asit sistemi) denir. Kısa süreli yoğun egzersizlerin devamı ATP'nin sürekli oluşmasıyla sağlanır. Acil enerji sisteminin ATP sentezine yetemediği durumlarda Anaerobik Glikoliz Sistem devrededir. Anaerobik Glikoliz Sistem, acil enerji sistemine göre yapılan aktiviteyi daha uzun süre devam ettirebilecek ATP üretimini sağlar (Günay ve ark., 2013; Paşaoğlu ve ark., 2019; Hazır ve ark., 2021).

Glikojen sentezi temelde vücudun glikoz deposu olan karaciğer ve kaslarda gerçekleşir. Depo halde bulunan glikojen parçalanarak glikoza dönüşür. Oksijensiz ortamda glikozun parçalanmasıyla pirüvat oluşur. Oksijensiz ortamda sitrik asit döngüsüne dahil olamayan pirüvat ise laktik asidi oluşturur. Bu kimyasal tepkimeler ile 2 mol ATP ortaya çıkar (Şekil 8). Son ürün laktik asittir (Günay ve ark., 2013; Paşaoğlu ve ark., 2019; Hazır ve ark., 2021).

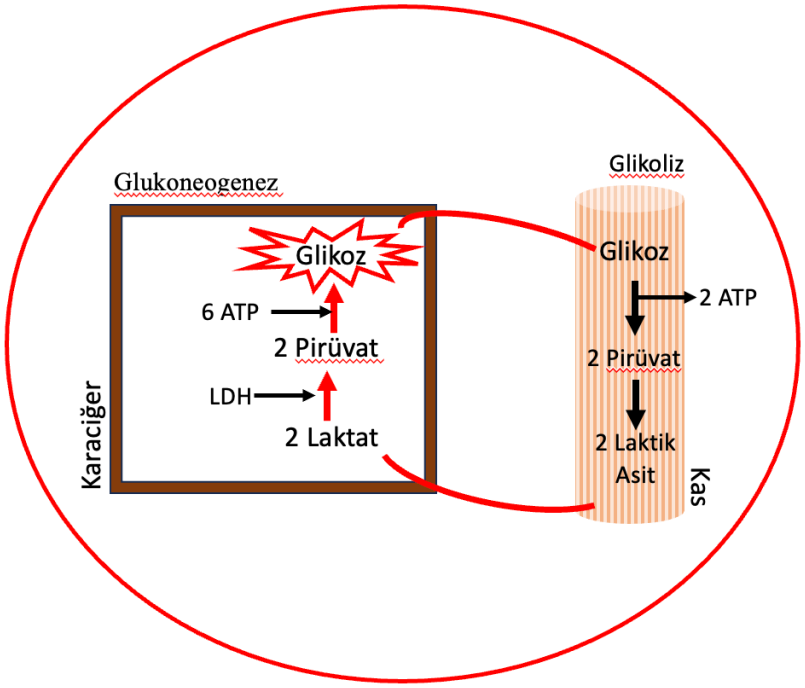


Şekil 8. Anaerobik glikoliz sistem

4.2.2.1. Laktik asit

Laktik asit anaerobik glikoliz sistemin son ürünüdür. Literatürde laktik asit ve laktat terimleri sıklıkla karıştırılmakta, birbirleri yerine kullanılmaktadır. Ancak laktat iyonları laktik asidin eşlenik (konjuge) bazıdır. Laktik asit, laktat ve hidrojen iyonlarının (H^+) birikmesi sonucu oluşan organik bileşiktir (Kreisberg, 1980). Kasta biriken laktat difüzyon ile kana taşınır. Kanda artan asit miktarı, H^+ serbestlemesine neden olur. H^+ kan PH'ını arttırarak asit-baz dengesinin bozulmasına, asidoz oluşmasına sebebiyet verir. Bu vücudun tüm sistemleri için homeostaz dengesinin bozulması, çeşitli kimyasal reaksiyonların engellenmesi anlamına gelmektedir (Brooks, 1985). Homeostazın sağlanması için laktatın hücre dışına taşınıp metabolizmadan uzaklaştırılması sürekli olarak devam eder. Kas lifi (fibril) içerisindeki sitoplazmada oluşan laktat aynı fibrilin mitokondrisi tarafından okside edilebilir.

Aynı zamanda fibrildeki laktat difüzyon veya aktif taşıma yoluyla diğer fibrillere aktarılabilir. Kan yolu ile karaciğere taşınan laktat, laktat dehidrogenaz (LDH) enzimi ile karaciğerde pirüvata, priüvat ise glukoneogenez yolu ile glikoza dönüşür. Bu metabolik olay cori döngüsü olarak adlandırılır (Özyarar ve Ünal, 2019; Paşaoğlu ve ark., 2019; Hazır ve ark., 2021). Cori döngüsü, vücudun laktadı kısmen de olsa enerji kaynağı olarak kullanmasını sağlamaktadır (Şekil 9).



Şekil 9. Cori döngüsü

Kan laktat seviyelerinde görülen ani artış egzersiz esnasında laktat eşiğine ulaştığımızın göstergesidir. Literatürde 2mmol/L laktat seviyesi aerobik eşik, 4mmol/L laktat seviyesi ise anaerobik eşik olarak adlandırılır (Brooks, 1985; Helgerud ve ark., 2001). Belirtilen eşik seviyeler bireylerin performansları hakkına bilgi edinmemizi sağlar. Kanda 2mmol/L olarak ölçülen laktat seviyesi kişinin dayanıklılığı hakkında bilgi verirken, 4mmol/L ve üzeri kan laktat seviyeleri yoğun egzersizin sürdürülebilirliği hakkında bilgi sağlar. Egzersizin sonlanması ile azalan laktat seviyeleri ise kişinin toparlanma süresi hakkında bilgi verebilir.

4.2.2.2. Anaerobik eşik (AT), laktat eşiği (LT) ve solunumsal eşik (VT)

Oksidatif fosforilasyonun (bkz. 4.2.3.) yeterli enerji üretemediği ve anaerobik enerji üretiminin başladığı nokta anaerobik eşik (Anaerobic Threshold= AT) noktası olarak adlandırılır. AT sırasında kan laktadı 4mmol/L civarındadır (Ghosh, 2004).

Laktik asit normal koşullar altında vücudun doğal enzimlerinden biridir ve vücut tarafından tamponlanarak elemine edilebilir. Yoğun efor esnasında anaerobik glikoliz sistem tarafından enerji üretildiği durumlarda tampon sistemin yeterli miktarda laktat elemine edememesi sebebiyle kasta laktat oluşumu hızlanarak dolaşımdaki kan laktat konsantrasyonunu arttırır. Laktat artışı, bikarbonat sistem ile tamponlanma metabolizmasının artmasına ve fazla karbondioksit (CO_2) üretimine sebep olur. Bu sebeple kan konsantrasyonu içerisindeki laktat birikimi anaerobik enerji sistemlerinin kullanılması ile doğru orantılıdır (Wasserman ve ark., 1973; Beaver ve ark., 1986). Yapılan araştırmalar Laktat eşiği (Lactate Threshold= LT)'nin pirüvattan anaerobik glikoliz sisteme doğru geçişi temsil ettiğini göstermektedir (Akın, 2021).

Oksijen tüketimi ölçümlerinde ise alınan oksijenin verilen karbondioksite oranındaki (Respiratory Exchange Ratio=RER) artış solunumsal eşik (Ventilotary Thresold= VT) olarak tanımlanır (Ünal, 2019). Heck ve ark. (1985), ölçülen 4mmol/L laktat konsantrasyonunu LT olarak adlandırılmıştır. İncelenen literatürde çalışmalar LT ve VT arasında doğrusal korelasyon olduğunu göstermektedir (Beaver ve ark., 1985; Genç ve ark., 1999).

4.2.3. Aerobik sistem

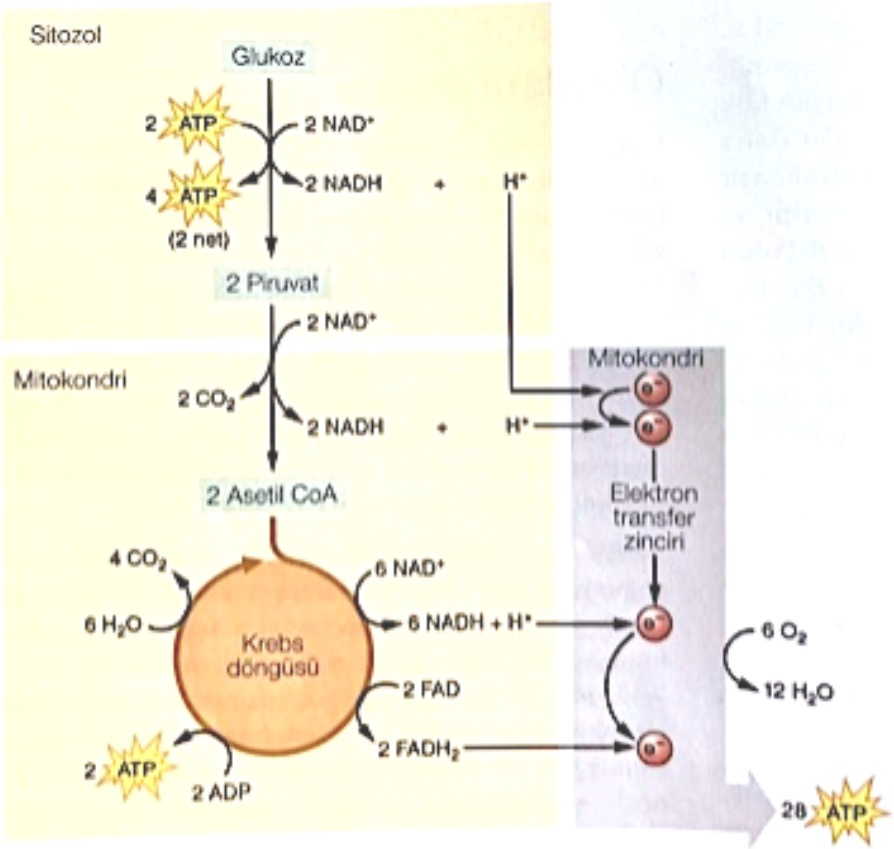
Karbonhidrat, yağ ve nadiren proteinlerden ATP kazancı, oksijen olduğu durumlarda Aerobik sistem (oksidatif fosforilasyon) tarafından sağlanır. Aerobik sistem sırasında ATP mitokondride üretilir. Aerobik sistemin anaerobik sistemlere göre ATP üretimi yavaştır, ancak daha çok ATP üretme potansiyeli mevcuttur (Günay ve ark., 2013; Özyarar ve Ünal, 2019; Paşaoğlu ve ark., 2019; Hazır ve ark., 2021). Metabolizmanın uzun süre devam ettirebileceği egzersizler için ana enerji sistemidir. Aerobik sistemin sorunsuz çalışması kardiyovasküler ve özellikle oksijen ihtiyacından kaynaklı solunum sisteminin performansı ile doğrudan ilişkilidir.

Glikoliz, anaerobik glikoliz sistem ve aerobik sistem için aynı aşamalardan geçer. Ancak aerobik sistemde oksijenin kullanılabilirliği sayesinde pirüvat laktik aside dönüşmez; Asetil Koenzim A (CoA)'ya dönüşür. Asetil CoA oksidasyon metabolizması için tüm enerji kaynaklarının dönüşmesi gereken ortak maddedir (Günay ve ark., 2013; Özyarar ve Ünal, 2019; Paşaoğlu ve ark., 2019; Hazır ve ark., 2021).

Yağ asitleri vücutta adiposit hücreler ve kas liflerinde depolanır. Yağ asitleri çok çeşitli olarak sınıflandırılsa da 3 yağ asidi ve gliserol moleküllerinden oluşan trigliserit ana enerji kaynağı olarak ön plana çıkar. Trigliserit ATP oluşumu için parçalandığında serbest yağ asidi (SYA) ve gliserol molekülleri açığa çıkar. Trigliseritlerin parçalanması lipaz enzimi ile kontrol edilir. SYA'lar kana karışarak vücuda taşınır. Enerji üretimi için SYA'ların Asetil CoA'ya dönüşmesi gerekir. Bu işleme ß-oksidasyon adı verilir. SYA'ların ß-oksidasyonuyla Asetil CoA oluşur (Günay ve ark., 2013; Özyarar ve Ünal, 2019; Paşaoğlu ve ark., 2019; Hazır ve ark., 2021).

Proteinler, metabolizmanın son olarak tercih edeceği enerji kaynaklarıdır. Proteinlerin temeli olan amino asitler şartların uygunluğu durumunda enerji üretmek için dönüştürülürler. Bazı amino asitler glukoneogenezis'e uğrayarak glikoz a dönüşürken, bazı amino asitler ise direkt pirüvat veya Asetil CoA 'ya dönüşerek oksidasyon sürecine katılırlar (Günay ve ark., 2013; Özyarar ve Ünal, 2019; Paşaoğlu ve ark., 2019; Hazır ve ark., 2021).

Glikozun parçalanmasıyla oluşan pirüvattan elde edilen, SYA'ların ß-oksidasyonu sonucu oluşan ve amino asitlerin dönüştüğü Asetil CoA'ların karbondioksit (CO_2) ve su (H_2O)'ya indirgendiği oksidasyon siklüsüne Krebs Döngüsü adı verilir (Şekil 10).



Şekil 10. Krebs döngüsü (Hazır, 2021'den yararlanılarak hazırlanmıştır)

4.3. Serbest Radikaller

Serbest Radikaller, metabolizmadaki oksidasyon ve redüksiyon tepkimeleri sırasında oluşan elementlerdir. Egzersiz, radyasyon, stres vb. etkenler serbest radikal üretimini arttırabilirler. Serbest radikallerin çoğalmasıyla oksidatif hasar artarak kas yorgunluğu ve doku hasarına kadar sonuçlanabilen etkiler gösterebilir. Serbest radikaller ve antioksidan elementlerin tüm sistemlerde dengeli halde bulunması önemlidir. Antioksidan kapasitenin fazla olması egzersiz metabolizmasıyla çoğalan serbest radikalleri dengeleyerek homeostazı korur. Yoğun ve akut egzersiz sırasında oksidatif stres artarak serbest radikallerin üretimi hızlanırken, kronik ve orta yoğunluklu aerobik dayanıklılık egzersizlerinin antioksidan kapasiteyi arttırdığını ve oksidatif stresi azalttığını söyleyebiliriz (Paşaoğlu ve ark., 2019). Serbest Radikaller, Reaktif Oksijen Türleri (ROT, Reactive Oxygen Species=ROS) ve Reaktif Nitrojen Türleri (NO_2, NO_2^+, NO^-) olmak üzere 2 kategoride incelenir. Serbest radikallerin oksijen ile tepkimeye girmesiyle ROS, nitrojen ile tepkimeye girmesiyle NO_2 elementleri oluşur (Paşaoğlu ve ark., 2019).

4.3.1. Oksidatif stres

Oluşan ROS'un antioksidan mekanizma ile homeostazı koruyacak yeterlikte ortadan kaldırılamaması, ROS'un aşırı üretimi veya antioksidanların yetersizliği oksidatif stres olarak karşımıza çıkar. Obezite, alkol kullanımı, hava kirliliği, dengesiz beslenme, radyasyon, stres, yaşlılık gibi faktörler serbest radikal oluşumunu ve ROS'u arttıran etmenler arasında sayılabilir. Antioksidan bakımından zengin beslenmek, oksidatif stresin yol açtığı çeşitli hastalıklara karşı avantaj sağlamaktadır (Paşaoğlu ve ark., 2019).

4.4. Maksimal Oksijen Tüketimi

Efor esnasında enerji üretebilmek için yük (hız-eğim gibi) artışına bağlı olarak oksijen ihtiyacı sürekli artar. Oksijen kullanımının yük artışına rağmen artmadığı durumda maksimal oksijen tüketimine ulaşılmış demektir (Hill ve ark., 1924). Maksimal oksijen tüketimi (VO_2max), yoğun egzersizlerde kullanılabilen en yüksek oksijen miktarı olarak adlandırılır (Ünal, 2019). VO_2max aynı zamanda vücut ağırlığının 1 kilogramı başına 1 dakikada tüketilen oksijen miktarının mililitre cinsinden karşılığı (O_2 mL. kg^{-1}. dak^{-1}) olarak ifade edilir.

Literatürde maksimum aerobik güç olarak da yer alabilir. Aerobik dayanıklılığın en iyi göstergesidir. VO_2max yaş, cinsiyet ve vücut kompozisyonu değişkenlerine göre bireyler arası farklılık gösterebilir (Günay ve ark., 2013). Maksimal oksijen tüketimi maksimal testler, submaksimal (maksimal altı) testler ve alan testleri ile belirlenebilir.

4.4.1. Maksimal oksijen tüketimi ölçüm yöntemleri

4.4.1.1. Maksimal testler

VO_2max'ın maksimal testler sırasında geçerli ve güvenilir tespiti için açık devre spirometre adı verilen yöntem kullanılır. Açık devre spirometre yönteminde koşu bandı veya bisiklet ergometresi kullanılarak kişinin VO_2max değerine ulaşması sağlanırken solunumdaki gaz değişimi tespit edilerek tüketilen oksijenin direkt ölçümü gerçekleşir. Literatürdeki kaynaklar koşu bandı testlerinin bisiklet ergometresi ve basamak testlerine göre çeşitli avantajları olduğunu belirtmiştir. Koşu bandındaki aktivite çoğu birey için daha tanıdık bir hareket paterni

içerir. Koşu bandındaki aktivite esnasında daha büyük kas kütlesinin aktif olması aynı zamanda yer çekimine karşı direnç göstermesi gerekmektedir.

Bu sebeple birlikte bisiklet ergometresi veya basamak testleri esnasında daha az kas grubunun aktif olması lokal yorgunluğa sebep olabileceğinden VO_2max'a ulaşmadan test sonlanabilir (Günay ve ark., 2013). Ulaşılabilir maksimal oksidatif mekanizmanın tespiti için büyük kas gruplarının kullanılması önemlidir (Albouaini ve ark., 2007). Bu bağlamda literatürdeki çalışmalarda da koşu bandında bisiklet erogmetresine kıyasla daha yüksek maksimal oksijen tüketimi değerleri izlenmiştir (Ceylan, 2014).

4.4.1.2. Submaksimal testler

Bu testler esnasında kişi maksimal efor sarf etmeyeceğinden VO_2max belirlenmesi için çeşitli metabolik hesaplama ve tahmin yöntemleri kullanılır. Kalp atım hızı, zaman, mesafe, yük, parametrelerinin değişiminden yararlanılır. Literatürde VO_2max ölçümü esnasında kullanılan submaksimal testler in-direkt ölçüm yöntemi olarak da belirtilebilir. maliyetinin az olmasından dolayı kalabalık gruplarda ve takımlarda kullanımı pratiktir. Bu testlerin direkt solunum gazı ölçümü içermemesi sebebiyle VO_2max tespiti, uygulanan alan testi sonuçlarının ilgili formüller ile hesaplanmasıyla saptanır.

5. GEREÇ ve YÖNTEM

5.1. Araştırmanın Modeli

Bu araştırma nicel araştırma yöntemlerinden deneysel araştırma modeli kullanılarak yapıldı. Deneysel araştırmalar örneklem grubu üzerinde istemli oluşturulan farkların, değişkenler üzerinde etkilerini gözlemlemeyi sağlayan araştırmalardır. Bu araştırmanın amacı SP Suplementasyonu ve plasebo kullanan örneklem grubunun VO_2max ve laktik asit değerlerini karşılaştırarak; SP suplementinin VO_2max ve laktik asit değerleri üzerine etkisini ortaya koymaktır.

5.2. Araştırma Grubu

Araştırmanın örneklem grubunu son 1 yıl içerisinde profesyonel spor yapmamış (yüksek yarışmacı düzeyinde) ancak çalışma boyunca egzersiz yapmasına engel teşkil oluşturacak bir durumu olmayan, spor bilimleri fakültesinde okuyan kişiler oluşturdu. Araştırmanın ön testleri 18-25 yaş aralığında 24 gönüllü ile başladı, ancak çalışma süresince araştırmaya dahil olma kriterlerini karşılayamayan 4 gönüllünün örneklem grubundan çıkarılması ile 20 gönüllü ile tamamlandı. Gönüllüler randomize çift kör çalışma ile plasebo ve deney grubu olmak üzere, her grup 5 kadın, 5 erkek gönüllüden oluşacak şekilde 2 grup halinde gözlemlendi.

Gönüllüler spor bilimleri fakültesi öğrencisi olmaları sebebiyle fiziksel olarak aktif (uygulamalı dersler ve eğitim sırasında yaptıkları ders amaçlı fiziksel aktiviteler) kişilerden oluşmaktadır. Gönüllüler Spor Bilimleri Fakültesine Özel Yetenek Sınavı ile girmiş ve giriş esnasında spor yapmaya engel olmadığına dair sağlık raporları toplanmıştır.

- Araştırmaya dahil olma kriterleri

I. 18-25 yaşında olmak
II. Gönüllü olmak
III. Çalışma boyunca istenilen testleri yerine getirmeye engel teşkil edecek durumunun olmaması
IV. Son 1 sene içerisinde herhangi bir sağlık problemi yaşamamış olmak (kalp-dolaşım sistemi rahatsızlığı, metabolik rahatsızlık)
V. Son 6 ay içerisinde kas-iskelet sistemi yaralanması geçirmemiş olmak

- Araştırmadan hariç tutulma kriterleri

I. Çalışma süreci içerisinde tedavi gerektirecek yaralanma geçirmek
II. Çalışma protokolünün tam olarak yerine getirilmek istenmemesi
III. Herhangi bir akciğer hastalığının bulgusu
IV. Çalışma boyunca kullanılması istenilen besin takviyesi dışında herhangi bir besin takviyesi kullanımı
V. Profesyonel (yüksek yarışmacı düzeyinde) sporcu olmak

5.3. Araştırma Tasarımı

Araştırmaya dahil olma kriterlerini sağlayan gönüllülere, gönüllü bilgilendirme formu (EK1) okunarak bir nüshası veridi. Aynı zamanda gönüllüler katılımcı beyanı (EK 2) ve gönüllü onam formu (Ek3)'nu imzalayarak cinsiyet değişkeni her grupta eşit olacak şekilde randomize, çift kör yöntemle deney ve plasebo grubuna ayrıldı. Ön test- son test modeli kullanılan çalışmada ön test öncesi tüm gönüllülerin vücut kompozisyonu ölçümleri yapıldı. Gönüllülerin ön test-son test aşamasında VO_2max ölçümleri kardiyopulmoner egzersiz testi (KPET) cihazı kullanılarak ölçüldü, laktik asit değerleri ise KPET esnasında 4 kez alınan örnekler ile belirlendi. Ölçümler veri toplama formu (EK4) ile kayıt altına alındı.

Bu araştırma Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından 13.02.2023 tarihli 09.2023.78 protokol kodu ile onaylandı (EK5). Çalışma için gerekli destek Marmara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından "Spirulina Platensis Suplementasyonunun Maksimal Oksijen Tüketimi ve Laktik Asit Değerleri Üzerine Etkisinin İncelenmesi" başlıklı ve TYL-2023-10976 kodlu proje ile sağlandı. Çalışma boyunca Helsinki Bildirgesine bağlı kalındı.

Gönüllüler ön test- son test arası 6 hafta boyunca aktif kalmaları sağlanacak şekilde haftada 2 gün dayanıklılık antrenmanı olarak yaygın (ekstensiv) interval programı uyguladı. Yaygın interval metodu koşu temposunun düşük, dinlenme aralığının az olduğu; verimsel dinlenme içeren antrenman metodudur. Yaygın interval antrenman aerobik çalışma temeline dayansa da antrenman içerisinde anaerobik ortama geçişler söz konusudur.

Yaygın interval antrenman planlanırken gönüllülerin ön test sırasında KPET uygulanırken ölçülen maksimal kalp atım hızı, çalışma boyunca sporcunun maksimal kalp atım hızı olarak

kabul edildi. Antrenman içerisindeki yüklenmeler gönüllünün %60- %70 kalp atım hızına denk gelecek şekilde aşağıdaki program doğrultusunda yürütüldü. Gönüllüler programı 6 haftalık antrenman periyodunun ilk 2 haftası 1 set, 3-4. haftalar 2 set ve 5-6. haftalar 3 set olarak uyguladı.

Yaygın İnterval Antrenman

Yüklenme: %60-%70

Dinlenme: Hafif tempolu koşu- %55

Set:1-3

Setler Arası Dinlenme: 3 dk. %45 jog

1- %40- %50 yüklenme ile 10 dk. ısınma koşusu
2- 250m. %60-%70 yüklenmeli koşu
3- 1 dk. %55 hafif tempo
4- 400m. %60-%70 yüklenmeli koşu
5- 1 dk. %55 hafif tempo
6- 550m. %60-%70 yüklenmeli koşu
7- 1 dk. %55 hafif tempo
8- 700m. %60-%70 yüklenmeli koşu
9- 1 dk. %55 hafif tempo
10- 550 m. %60-%70 yüklenmeli koşu
11- 1 dk. %55 hafif tempo
12- 400m. %60-%70 yüklenmeli koşu
13- 1 dk. %55 hafif tempo
14- 250m. %60-%70 yüklenmeli koşu
15- %20- %30 kalp atım hızı ile 10 dk. soğuma – jog

Deney ve plasebo grubuna ayrılmış olan gönüllülere gerçekleştirdikleri egzersiz programı ile 6 hafta boyunca her gün 7,5 gr SP suplementi veya plasebo verildi. Gönüllülerin plasebo ve SP suplementi kullanımı günlük olarak araştırmacı tarafından takip edildi. Çalışmalarda SP takviyesinin günlük kullanım için güvenli olan doz miktarı 10gr olarak belirtilmiştir (Fox, 1996 akt.; Franca ve ark., 2010). Plasebo, SP suplementi aynı renk ve aynı boyutta olacak şekilde nişasta ve bitkisel toz gıda boyası kullanılarak elde edilerek, SP suplementi ile aynı formda uygulandı.

5.4.Veri Toplama Araçları

5.4.1. Vücut kompozisyonu ölçümü

Gönüllülerin vücut kompozisyonları hata payı 0,1 kg olan Tanita SC 330 (Illionis, ABD) biyoelektrik direnç cihazı kullanılarak ölçüldü. Biyoelektrik direnç yönteminde vücut kompozisyonu kişinin vücuduna zararsız 50 kHz elektrik akımı verilerek ölçülür. Verilen elektrik akımı vücutta bulunan sıvı maddelerden daha hızlı geçer. Bu yöntem ile kişinin vücut ağırlığı (kg), vücut kitle indeksi (kg/m²), vücut yağ oranı (%) ve yağ kütlesi (kg), yağsız vücut kütlesi (kg), vücut su oranı (%), iskelet kaslarının ve yağsız yumuşak dokuların ağırlıkları (kg) belirlenebilir (Schoeller, 2006).

Gönüllülerin ölçümlerden 1 gün önce egzersiz yapmamaları ve alkol almamaları, 1 saat öncesinde su tüketmemeleri, 3-4 saat öncesinden kafein içerikli içecek tüketmemeleri ve yemek yemeyi bırakmaları istendi. Gönüllüler çıplak ayak ile üzerlerinde metal içerikli eşya ve elektronik cihaz olmadan ölçüme alındı. Gönüllülerin stadiometre (SECA, Almanya) ile ölçülen vücut ağırlıkları ve yaş, cinsiyet gibi kişisel bilgileri cihaza girildi. Kıyafet ağırlığı her gönüllü için 0,5 kg olarak standardize edildi.

Vücut kompozisyonu ölçümleri ile gönüllülerin vücut ağırlığını (kg), vücut kitle indeksini (kg/m²), vücut yağ oranını (%) ve yağ kütlesini (kg), yağsız vücut kütlesini (kg) ve vücut su oranını (%) belirlendi.

5.4.2. Maksimal oksijen tüketimi ölçümü

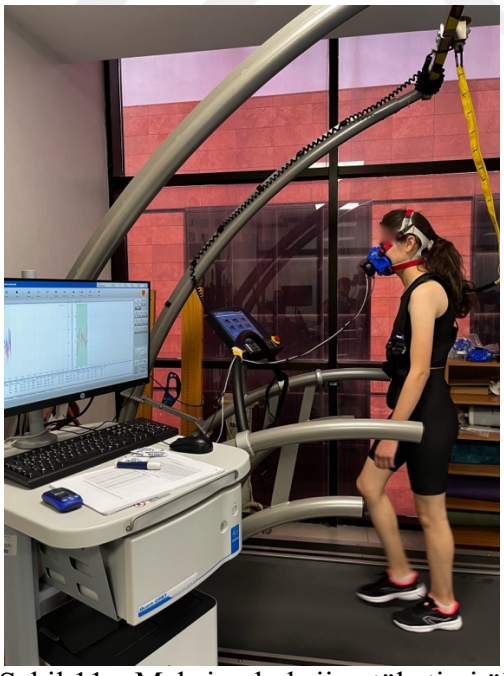
Maksimal oksijen tüketimi ölçümü her ekspirasyon ve inspirasyon için ölçüm yapabilen Kardiyopulmoner Egzersiz Testi (KPET) cihazı (Cosmed Quark, Roma, İtalya) kullanılarak koşu bandında (H/P Cosmos Quasar, Nussdorf, Almanya) ölçüldü (Şekil 11a ve Şekil 11b). Bu metot her ekspirasyonda verilen karbondioksit miktarını ve her inspirasyonda alınan oksijen miktarını ölçmek için kullanılan objektif bir metottur (Neuberg, 1988). Ölçümler Modifiye Bruce Protokolüne uygun şekilde gerçekleşti. Modifiye Bruce Protokolü, koşu bandında 2.7 km/s hızla %0 eğimle başlar, 3 dakika sonunda hız sabit kalırken eğim %5 arttırılır. %5 eğimde 3 dakika devam edilir. Modifiye Bruce Protokolü'nün Bruce Protokolü'nden farkı başlangıçta Bruce Protokolü'ne belirtilen 2 seviyenin eklenmesidir. Bruce Protokolünün başına eklenen 2

seviye sayesinde teste katılım sağlayacak olan gönüllülere ekstra bir ısınma protokolü uygulanmadı.

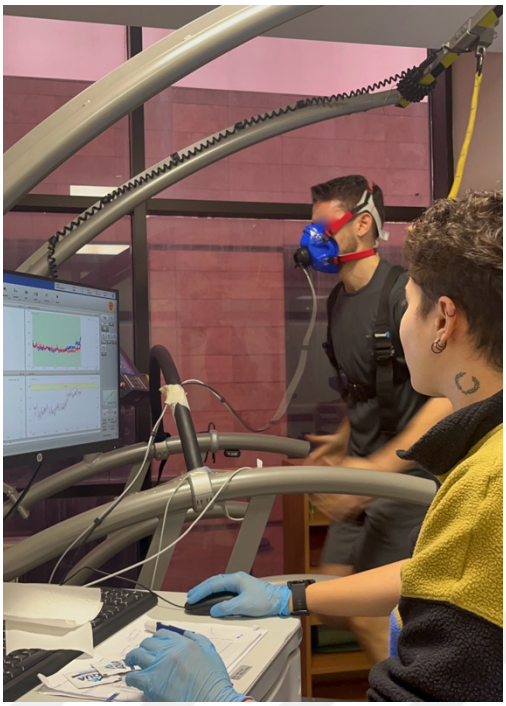
Tamamlanan 2 seviye sonrası Bruce Protokolüyle eşdeğer olarak hız 2,7 km/s olarak kalırken koşu bandının eğimi %10 a çıkarılır. Sonrasında her 3 dakikada bir eğim %2 arttırılırken, koşu hızı 1,3 km/s arttırılır (McInnis ve ark., 1992). Katılımcılar istedikleri an testi sonlandırma hakkına sahiptir.

Howley ve ark. (1995), VO_2max ölçümleri için yapılan kardiyopulmoner egzersiz testlerinin uygulayıcı tarafından sonlandırma kriterlerini şu şekilde belirtmiştir:

1- VO_2max'da bir plato görülmesi veya artan iş yüküne (hız ve eğim) rağmen oksijen tüketimi (VO_2)' nde artış olmaması
2- Solunum Değişim Oranı (RER) 'nın = 1,15'ten yüksek olması
3- 8 mmol / L 'dan daha yüksek kan laktik asit seviyelerinin görülmesi
4- Kişinin yaşına göre öngörülen maksimal kalp atış hızının kazanılması (220-Yaş)



Şekil 11a. Maksimal oksijen tüketimi ölçümü



Şekil 11b. Maksimal oksijen tüketimi ölçümü

5.4.3. Laktik asit ölçümü

Laktik asit (mmol / L) ölçümü için gönüllerden KPET testi başlamadan, Modifiye Bruce Protokolünün (MBP) 3.seviyesine geçildiğinde, RER değeri 1,15'ten yüksek görüldüğünde ve KPET testinin sonlandığı dakika olacak şekilde 4 kez kan örneği alındı Şekil 12a ve Şekil 12b). Sol işaret parmak ucu sterilize edilerek alınan örnekler, Lactat Scout 4.0 (EKF, Almanya) laktik asit ölçüm kiti kullanılarak analiz edildi.



Şekil 12a. Laktik asit ölçümü



Şekil 12b. Laktik asit ölçümü

5.5.İstatistiksel Analizi

Çalışmadan elde edilen bulgular SPSS 25.0 (IBM, Armonk, NY) paket programı kullanılarak değerlendirilmiştir. Yapılan ölçümlerde normallik dağılımının Shapiro Wilk testi kullanılarak belirlenerek $p<0.05$ düzeyinde değerlendirildi. Verilerin normal dağılım gösterildiği tespit edildi. Grup içi ön test ve son test arasındaki farklar Eş örneklem T-test kullanılarak saptandı. Grupların ön test ve son test ortalamaları Bağımsız örneklem T-test kullanılarak karşılaştırıldı. Değişkenlere göre gruplar arası farklılık Anova testi ile belirlendi. Varyansların homojen dağılmadığı değişkenlerde Welch testi sonuçları dikkate alındı. Farklılığın hangi gruplar arasında olduğu varyansların homojenliği durumunda Tukey HSD Post-Hoc, varyansların homojenliği bulunmadığı durumda Dunnet t3 Post-Hoc testi ile belirlendi. Değişkenler arası ilişkinin belirlenmesi için ise Pearson Korelasyon Katsayısı kullanıldı.

6. BULGULAR

Bu araştırmada, 6 hafta boyunca Spirulina Platensis suplementi kullanan bireyler ile plasebo kullanan bireylerin ön test (ÖT)- son test (ST) vücut kompozisyonu değerleri, VO_2max değerleri ile yorgunluğun ve toparlanmanın belirlenmesi için laktik asit değerleri karşılaştırıldı. Aynı zamanda örneklem grubu SP suplementi kullanan kadın (SPK), SP suplementi kullanan erkek (SPE), plasebo kullanan kadın (PK) ve plasebo kullanan erkek (PE) olarak 4 şekilde gözlemlendi.

SP kullanan örneklem grubunun ÖT- ST karşılaştırmalı vücut kompozisyonu verileri Tablo 1' de belirtildi.

Tablo 1. Deney grubunun ön test-son test karşılaştırmalı analizi (vücut kompozisyonu)

Değişkenler	Min.	Maks.	$\bar{X}$	SS	p
Boy Uzunluğu (cm)	157,0	185,0	169,8	8,4	
ÖT VA (kg)	48,9	98,6	67,7	14,8	,850
ST VA (kg)	48,7	100,7	67,9	15,4	
ÖT BKİ (kg/m²)	19,8	28,8	23,3	3,2	,936
ST BKİ (kg/m²)	19,8	29,4	23,3	3,3	
ÖT VYY (%)	11,1	33,7	21,3	7,2	,450
ST VYY (%)	10,9	34,8	21,8	8,7	
ÖT FFM (kg)	39,3	71,6	52,85	9,7	,131
ST FFM (kg)	39,4	69,2	52,03	8,8	
ÖT TBW (kg)	28,8	52,4	38,6	7,1	,429
ST TBW (kg)	28,8	50,7	38,4	6,6	

*p<0.05; ÖT, Ön Test; ST, Son Test; VA, Vücut Ağırlığı; BKİ, Beden Kitle İndeksi; VYY, Vücut Yağ Yüzdesi, FFM, Yağsız Vücut Kütlesi; TBW, Toplam Vücut Suyu

SP suplementi kullanan örneklem grubunun 6 haftalık egzersiz ve SP suplementasyonu öncesi ve sonrası vücut kompozisyonu verilerini incelendiğinde vücut ağırlığı, beden kitle indeksi, vücut yağ yüzdesi, yağsız vücut kütlesi ve toplam su miktarı verilerinde anlamlı bir fark bulunmadı ($p<0.05$).

Plasebo kullanan örneklem grubunun ÖT-ST karşılaştırmalı vücut kompozisyonu verileri Tablo 2'te belirtildi.

Tablo 2. Kontrol grubunun ön test-son test karşılaştırmalı analizi (vücut kompozisyonu)

Değişkenler	Min.	Maks.	X̄	SS	p
Boy Uzunluğu (cm)	153,0	179,0	168,7	9,0	
ÖT VA (kg)	41,2	97,7	67,3	18,1	,423
ST VA (kg)	42,0	97,0	67,6	17,9	
ÖT BKİ (kg/m²)	16,7	31,9	23,3	4,5	,388
ST BKİ (kg/m²)	16,8	31,7	23,4	4,5	
ÖT VYY (%)	12,8	30,6	19,7	5,9	,350
ST VYY (%)	12,9	32,4	19,7	5,7	
ÖT FFM (kg)	34,8	75,1	54,0	13,9	,709
ST FFM (kg)	35,0	75,1	54,0	14,1	
ÖT TBW (kg)	25,5	55,0	39,5	10,2	771
ST TBW (kg)	25,6	55,0	39,6	10,4	

*p<0,05; ÖT, Ön Test; ST, Son Test; VA, Vücut Ağırlığı; BKİ, Beden Kitle İndeksi; VYY, Vücut Yağ Yüzdesi, FFM, Yağsız Vücut Kütlesi; TBW, Toplam Vücut Suyu

Plasebo kullanan örneklem grubunun 6 haftalık egzersiz ve plasebo alımı öncesi ve sonrası vücut kompozisyonu verilerini incelediğimizde vücut ağırlığı, beden kitle indeksi, yağsız vücut kütlesi ve vücut yağ yüzdesi ve toplam su miktarı verilerinde istatistiksel fark ($p<0.05$) bulunmadı.

6 hafta süresince, bölüm 5.3.'te belirtilen egzersiz programı ile kullanılan SP suplementasyonunun fiziksel performans belirteçlerine olan etkisi grup içi karşılaştırmalı analiz ile Tablo 3'te belirtildi.

Tablo 3. Deney grubunun ön test-son test grup içi karşılaştırmalı analizi (fiziksel performans)

Değişkenler	Min.	Maks.	X̄	SS	p
ÖT VO_2max (O_2 mL. kg^{-1}. dak^{-1})	27,8	48,6	39,4	6,8	,001*
ST VO_2max (O_2 mL. kg^{-1}. dak^{-1})	33,0	51,6	41,8	6,5	
ÖT Max HR	183	201	190,7	6,7	,192
ST Max HR	181	201	193,1	6,0	
Toplam ÖT Süresi (sn)	583	776	697,9	67,7	,063
Toplam ST Süresi (sn)	898	1162	1017,8	102,5	
ÖT Anaerobik Eşik HR	132	164	145,0	11,6	,016*
ST Anaerobik Eşik HR	133	183	153,1	18,2	
ÖT Anaerobik Eşiğe Ulaşma Süresi (sn)	583	776	697,9	64,7	,142
ST Anaerobik Eşiğe Ulaşma Süresi (sn)	605	793	725,7	59,6	
ÖT Dayanıklılık Süresi (sn)	217	413	299,9	67,8	,753
ST Dayanıklılık Süresi (sn)	148	386	292,1	84,2	
ÖT Dinlenik LA (mmol/L)	0,7	1,9	1,2	0,3	,877
ST Dinlenik LA (mmol/L)	0,7	2,2	1.2	0,4	
ÖT MBP 3.Seviye LA (mmol/L)	0,9	3,4	1,7	0,8	,306
ST MBP 3.Seviye LA (mmol/L)	0.,6	2,3	1,3	0,6	
ÖT RER>1.15 LA (mmol/L)	3,6	17,1	8,3	4,3	,012*
ST RER>1.15 LA (mmol/L)	1,8	5,9	3,6	1,4	
ÖT Son LA (mmol/L)	10,6	19,2	14,5	2.8	,277
ST Son LA (mmol/L)	9,4	19,7	13,6	3,2	

*p<0,05; ÖT, Ön Test; ST, Son Test; VO_2max, Maksimum Oksijen Tüketimi; Max HR, Maksimum Kalp Atım Hızı; Anaerobik Eşik HR, Anaerobik Eşik Kalp Atım Hızı; RER, Solunum Değişim Oranı, LA; Laktik Asit

SP suplementasyonunun deney grubu üzerinde fiziksel performans belirteçlerine etkisi incelendiğinde, ÖT-ST arasında VO_2max, anaerobik eşik HR ve RER>1.15 seviyesinde ölçülen laktik asit değerlerinde anlamlı farklılık bulundu (p<0,05). Max HR, toplam test süresi, anaerobik eşiğe ulaşma süresi dayanıklılık süresi, dinlenik LA, MBP 3. seviyesindeki LA ve test sonlandığındaki LA'da fark görülmedi.

6 hafta süresince, bölüm 5.3.'te belirtilen egzersiz programı ile plasebo kullanan kontrol grubunun fiziksel performans değerleri grup içi karşılaştırmalı analiz ile Tablo 4'te belirtildi.

Tablo 4. Kontrol grubunun ön test-son test grup içi karşılaştırmalı analizi (fiziksel performans)

Değişkenler	Min.	Maks.	X̄	SS	p
ÖT VO_2max (O_2 mL. kg^{-1}. dak^{-1})	31	50,5	40,7	5,3	,499
ST VO_2max (O_2 mL. kg^{-1}. dak^{-1})	32,1	49,8	41,1	5,5	
ÖT Max HR	178	203	189,4	7,3	,223
ST Max HR	181	206	191,7	8,5	
Toplam ÖT Süresi (sn)	811	1092	1013,3	90,7	,101
Toplam ST Süresi (sn)	850	1138	1029,2	89,9	
ÖT Anaerobik HR	134	178	146,9	14,2	,451
ST Anaerobik Eşik Kalp Atım Hızı	125	171	142,9	14,7	
ÖT Anaerobik Eşiğe Ulaşma Süresi (sn)	643	772	704,8	48,1	,178
ST Anaerobik Eşiğe Ulaşma Süresi (sn)	555	718	650,4	63,8	
ÖT Dayanıklılık Süresi (sn)	53	433	308,5	11,2	,071
ST Dayanıklılık Süresi (sn)	67	507	358,5	140,3	
ÖT Dinlenik LA (mmol/L)	0,9	1,6	1,2	0,2	,355
ST Dinlenik LA (mmol/L)	0,6	2,2	1,0	0,4	
ÖT MBP 3.Seviye LA (mmol/L)	0,8	2,8	1,6	0,6	,269
ST MBP 3.Seviye LA (mmol/L)	0,8	2,1	1,2	0,4	
ÖT RER>1.15 LA (mmol/L)	2,5	11,3	6,1	2,9	,034*
ST RER>1.15 (mmol/L)	2,4	5,4	3,6	1,0	
ÖT Son LA (mmol/L)	6	19.5	12.4	4,3	,185
ST Son LA (mmol/L)	9,2	18,8	13,4	3,4	

*p<0,05; ÖT, Ön Test; ST, Son Test; VO_2max, Maksimum Oksijen Tüketimi; Max HR, Maksimum Kalp Atım Hızı; Anaerobik Eşik HR, Anaerobik Eşik Kalp Atım Hızı; RER, Solunum Değişim Oranı, LA; Laktik Asit

Kontrol grubunun ÖT-ST verileri karşılaştırıldığında VO_2max, maksimum kalp atım hızı, toplam test süresi, anaerobik eşik kalp atım hızı, anaerobik eşiğe ulaşma süresi, dayanıklılık süresi, dinlenik laktik asit, MBP'nün 3. Seviyesindeki laktik asit ve test sonu laktik asit değerlerinde anlamlı fark bulunmazken ($p<0.05$), RER>1.15 seviyesindeyken alınan kan laktadı değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı artış gözlemlendi ($p<0.05$).

Katılımcıların ÖT KPET ölçümü yapılmadan önce alınan vücut kompozisyonu değerleri karşılaştırmalı olarak Tablo 5'te belirtildi. Independent Sample t Testi ile yapılan istatistiksel analiz sonucu gruplar vücut kompozisyonu ölçümleri arasında fark bulunmadı ($p<0.05$).

Tablo 5. Ön test grupların karşılaştırmalı analizi (vücut kompozisyonu)

Değişkenler	Suplement Durumu	X̄	SS	p
VA (kg)	SP Suplementi	67,7	14,8	,959
	Plasebo	67,3	18,1	
BKİ (kg/m²)	SP Suplementi	23,2	3,2	,982
	Plasebo	23,3	4,5	
VYY (%)	SP Suplementi	21,3	7,0	,513
	Plasebo	19,3	5,9	
FFM (kg)	SP Suplementi	52,8	9,7	,833
	Plasebo	54,0	13,9	
TBW (kg)	SP Suplementi	38,7	7,1	,831
	Plasebo	39,5	10,2	

*p<0,05; VA, Vücut Ağırlığı; BKİ, Beden Kitle İndeksi; VYY, Vücut Yağ Yüzdesi, FFM, Yağsız Vücut Kütlesi

6 hafta boyunca, Spirulina Platensis suplementi kullanan deney grubu ve plasebo kullanan kontrol grubunun ST KPET testine girmeden önce alınan vücut kompozisyonu değerleri karşılaştırıldığında vücut kompozisyonu ölçümleri arası istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmadı ($p<0.05$) (Tablo 6).

Tablo 6. Son test grupların karşılaştırmalı analizi (vücut kompozisyonu)

Değişkenler	Suplement Durumu	X̄	SS	p
VA (kg)	SP Suplementi	67,7	15,4	,998
	Plasebo	67,6	17,9	
BKİ (kg/m²)	SP Suplementi	23,2	3,4	,925
	Plasebo	23,4	4,5	
VYY (%)	SP Suplementi	21,7	8,1	,531
	Plasebo	19,7	5,7	
FFM (kg)	SP Suplementi	52,0	8,8	,701
	Plasebo	54,1	14,2	
TBW (kg)	SP Suplementi	38,4	6,6	,773
	Plasebo	39,6	10,4	

*p<0,05; VA, Vücut Ağırlığı; BKİ, Beden Kitle İndeksi; VYY, Vücut Yağ Yüzdesi, FFM, Yağsız Vücut Kütlesi; TBW, Toplam Vücut Suyu

Deney ve kontrol grubunun ÖT KPET ölçümü ve laktik asit ölçümlerinden elde edilen verilerin ortalamaları arasındaki fark Tablo 7'de karşılaştırıldı.

Tablo 7. Ön test grupların karşılaştırmalı analizi (fiziksel performans)

Değişkenler	Suplement Durumu	$\bar{X}$	SS	p
VO_2max (O_2 mL. kg^{-1}. dak^{-1})	SP Suplementi	39,4	6,8	,630
	Plasebo	40,7	5,3	
Max HR	SP Suplementi	190,7	6,7	,683
	Plasebo	189,4	7,3	
Toplam Test Süresi (sn)	SP Suplementi	997,8	93,8	,718
	Plasebo	1013,3	90,7	
Anaerobik Eşik HR	SP Suplementi	145,0	11,6	,747
	Plasebo	146,9	14,2	
Anaerobik Eşiğe Ulaşma Süresi (sn)	SP Suplementi	697,9	64,7	,790
	Plasebo	704,8	48,1	
Dayanıklılık Süresi (sn)	SP Suplementi	299,9	67,8	,837
	Plasebo	308,5	111,2	
Dinlenik LA	SP Suplementi	1,2	0,3	,830
	Plasebo	1,2	0,2	
MBP 3. Seviye LA	SP Suplementi	1,7	0,8	,906
	Plasebo	1,6	0,6	
RER>1.15 LA	SP Suplementi	8,3	4,4	,201
	Plasebo	6,1	2,9	
Test Sonu LA	SP Suplementi	14,5	2,9	,218
	Plasebo	12,4	4,3	

*p<0,05; ÖT, Ön Test; ST, Son Test; VO_2max, Maksimum Oksijen Tüketimi; Max HR, Maksimum Kalp Atım Hızı; Anaerobik Eşik HR, Anaerobik Eşik Kalp Atım Hızı; RER, Solunum Değişim Oranı, LA; Laktik Asit

Deney ve kontrol gruplarının karşılaştırılan fiziksel performans belirteçlerinde VO_2max, maksimum kalp atım hızı, toplam test süresi, anaerobik eşik kalp atım hızı, anaerobik eşiğe ulaşma süresi, dayanıklılık süresi ve LA değerleri arasında gruplar arası anlamlı fark bulunmadı (p<0,05).

6 haftalık SP suplementasyonu ve plasebo kullanımının grupların fiziksel performans değerleri ortalamaları arasındaki fark Tablo 8'da incelendi.

Tablo 8. Son test grupların karşılaştırmalı analizi (fiziksel performans)

Değişkenler	Suplement Durumu	$\bar{X}$	SS	p
VO_2max (O_2 mL. kg^{-1}. dak^{-1})	SP Suplementi	41,7	6,5	,830
	Plasebo	41,1	5,5	
Max HR	SP Suplementi	193,1	6,0	,677
	Plasebo	191,7	8,5	
Toplam Test Süresi (sn)	SP Suplementi	1017,8	102,5	,794
	Plasebo	1029,2	89,9	
Anaerobik Eşik HR	SP Suplementi	153,1	18,2	,185
	Plasebo	142,9	14,7	
Anaerobik Eşiğe Ulaşma Süresi (sn)	SP Suplementi	725,7	59,6	,077
	Plasebo	670,7	70,9	
Dayanıklılık Süresi (sn)	SP Suplementi	292,1	84,2	,216
	Plasebo	358,5	140,4	
Dinlenik LA	SP Suplementi	1,2	0,4	,318
	Plasebo	1,0	0,5	
MBP 3. Seviye LA	SP Suplementi	1,3	0,6	,729
	Plasebo	1,2	0,4	
RER>1.15 LA	SP Suplementi	3,6	1,4	1,0
	Plasebo	3,6	0,9	
Test Sonu LA	SP Suplementi	13,6	3,2	,948
	Plasebo	13,5	3,4	

*p<0,05; ÖT, Ön Test; ST, Son Test; VO_2max, Maksimum Oksijen Tüketimi; Max HR, Maksimum Kalp Atım Hızı; Anaerobik Eşik HR, Anaerobik Eşik Kalp Atım Hızı; RER, Solunum Değişim Oranı, LA; Laktik Asit

Deney ve kontrol gruplarının karşılaştırılan fiziksel performans belirteçlerinde VO_2max, maksimum kalp atım hızı, toplam test süresi, anaerobik eşik kalp atım hızı, anaerobik eşiğe ulaşma süresi, dayanıklılık süresi ve LA değerleri arasında gruplar arası anlamlı fark bulunmadı ($p<0,05$).

Cinsiyet ve SP suplementasyonu kullanımına göre değişkenler arasındaki fark varyansların homojenliği göz önüne alınarak Anova ve Welch testi ile belirlendi. Anova ve Welch testinde fark görülen değişkenler için farkın hangi gruplar arasında olduğu varyansların homojen olduğu değişkenler için Post-Hoc Tukey HSD testi kullanılarak, varyansların homojen olmadığı değişkenler için ise Post-Hoc Dunnet t3 testi kullanılarak tespit edildi (Tablo 9).

Tablo 9. Cinsiyet ve SP kullanımı değişkenlerine göre anova analizi

Değişkenler	Gruplar	Min.	Maks.	$\bar{X}$	SS.	Anova/ Welch	Post-Hoc
Boy Uzunluğu	SPK	157	174	164,6	6,1	,020	PK-SPE ,05*
	PK	153	173	162,8	9,3		
	SPE	166	185	175,0	7,5		
	PE	171	179	174,6	3,2		
ÖT VA	SPK	48,9	82,0	62,6	13,6	,068	-
	PK	41,2	73,4	55,3	14,9		
	SPE	60,0	98,6	72,9	15,5		
	PE	64,7	97,7	79,4	12,1		
ÖT BKİ	SPK	19,8	27,1	22,9	3,5	,158	-
	PK	16,7	24,5	20,5	3,5		
	SPE	20,0	28,8	23,6	3,3		
	PE	22,1	31,9	26,0	3,9		
ÖT VYY	SPK	19	34	24,6	6,2	,229	-
	PK	14	31	21,6	7,1		
	SPE	11	27	18,0	6,6		
	PE	13	23	17,1	4,0		
ÖT FFM	SPK	39,3	59,0	46,6	7,4	<,001	SPK-PE ,005* PK-PE ,001* SPE-PK ,01*
	PK	34,8	51,3	42,5	7,9		
	SPE	52,1	71,6	59,0	7,8		
	PE	56,4	75,1	65,5	6,7		
ÖT TBW	SPK	28,8	43,2	34,2	5,4	<,001	SPK-PE ,006* PK-SPE ,01* PK-PE ,001*
	PK	25,5	37,6	31,2	5,8		
	SPE	38,1	52,4	43,2	5,7		
	PE	41,3	55,0	47,9	4,9		
ÖT VO_2max	SPK	32,0	46,2	37,6	5,7	,213	-
	PK	31,0	41,3	37,2	3,8		
	SPE	27,8	48,6	41,2	8,1		
	PE	39,6	50,5	44,3	4,3		
ÖT Max HR	SPK	184	201	189,6	6,7	,929	-
	PK	187	193	190,0	2,5		
	SPE	183	201	191,8	7,2		
	PE	178	203	188,8	10,6		
ÖT Toplam Test Süresi	SPK	904	1107	961,8	84,7	,146	-
	PK	811	1092	957,8	100,4		
	SPE	854	1113	1033,8	105,5		
	PE	1028	1090	1068,8	27,4		
ÖT Anaerobik Eşik HR	SPK	133	164	144,2	13,1	,629	-
	PK	137	178	152,2	16,9		
	SPE	132	163	145,8	11,4		
	PE	134	156	141,6	9,9		
ÖT Anaerobik Eşik Süresi	SPK	583	750	686,6	64,4	,914	-
	PK	654	758	710,4	38,0		
	SPE	629	776	709,2	70,3		
	PE	643	772	699,2	60,8		
ÖT Dinlenik LA	SPK	0,7	1,9	1,3	0,4	,790	-
	PK	0,9	1,6	1,2	0,2		
	SPE	0,9	1,4	1,1	0,2		
	PE	0,9	1,5	1,2	0,2		

Tablo 9. Cinsiyet ve SP kullanımı değişkenlerine göre anova analizi (devam)

Değişkenler	Gruplar	Min.	Maks.	X̄	SS.	Anova/ Welch	Post-Hoc
ÖT MBP 3. Seviye LA	SPK	0,9	3,4	2,0	1,0	,381	-
	PK	0,9	2,8	1,9	0,7		
	SPE	1,0	1,8	1,3	0,3		
	PE	0,8	2,0	1,4	0,5		
ÖT RER>1.15 LA	SPK	4,8	17,1	9,2	5,3	,556	-
	PK	2,5	9,6	6,2	3,3		
	SPE	3,6	11,2	7,4	3,6		
	PE	4,1	11,3	6,0	3,0		
ÖT Test Sonu LA	SPK	10,7	17,8	14,2	3,0	,056	-
	PK	6,0	13,4	9,7	3,4		
	SPE	10,6	19,2	14,9	3,1		
	PE	10,4	19,5	15,2	3,4		
ST VA	SPK	48,7	81,5	62,3	13,5	,063	-
	PK	42,0	74,8	55,3	14,6		
	SPE	59,3	100,7	73,0	16,7		
	PE	65,9	97,0	80,0	11,5		
ST BKİ	SPK	19,8	26,9	22,8	3,5	,135	-
	PK	16,8	25,0	20,6	3,4		
	SPE	19,8	29,4	23,6	3,6		
	PE	22,5	31,7	26,2	3,7		
ST VYY	SPK	18,8	34,8	24,7	7,4	,322	-
	PK	15,4	32,4	22,3	6,7		
	SPE	10,9	31,3	18,7	8,4		
	PE	12,9	22,6	17,2	3,5		
ST FFM	SPK	39,4	54,5	45,8	5,5	<,001	SPK-SPE ,04*
	PK	35,0	50,8	42,3	7,7		SPK-PE ,001*
	SPE	52,3	69,2	58,2	6,9		PK-SPE ,009*
	PE	57,4	75,1	65,9	6,6		PK-PE ,001*
ST TBW	SPK	28,8	41,4	33,8	4,6	<,001	SPK-SPE ,04*
	PK	25,6	37,2	30,9	5,7		SPK-PE ,002*
	SPE	38,3	50,7	43,0	4,9		PK-SPE ,008*
	PE	42,0	55,0	48,2	4,9		PK-PE ,001*
ST VO_2max	SPK	34,9	49,2	39,9	5,7	,159	-
	PK	32,1	42,7	37,4	4,0		
	SPE	33,0	51,6	43,6	7,3		
	PE	39,9	49,8	44,9	4,3		
ST Max HR	SPK	181	200	190,0	6,9	,442	-
	PK	181	200	189,6	8,4		
	SPE	193	201	196,2	3,1		
	PE	182	206	193,8	9,1		
ST Toplam Egzersiz Süresi	SPK	898	1107	965,8	85,2	,029	,0731
	PK	850	1060	963,6	77,9		
	SPE	918	1162	1069,8	98,1		
	PE	1037	1138	1094,8	36,8		
ST Anaerobik Eşik HR	SPK	133	183	156,6	21,3	,406	-
	PK	135	171	147,8	13,7		
	SPE	133	173	149,6	16,1		
	PE	125	162	138,0	15,5		
ST Anaerobik Eşik Süresi	SPK	698	793	740,6	35,3	,088	-
	PK	555	783	665,8	101,9		
	SPE	605	782	710,8	78,7		
	PE	631	712	675,6	29,2		
ST Dinlenik LA	SPK	0,7	1,6	1,2	0,4	,327	-
	PK	0,6	1,2	0,8	0,2		
	SPE	0,9	2,2	1,3	0,5		
	PE	0,8	2,2	1,3	0,5		

Tablo 9. Cinsiyet ve SP kullanımı değişkenlerine göre anova analizi (devam)

Değişkenler	Gruplar	Min.	Maks.	X̄	SS.	Anova/ Welch	Post-Hoc
ST MBP 3. Seviye LA	SPK	0,7	2,3	1,3	0,7	,971	-
	PK	0,8	2,1	1,3	0,5		
	SPE	0,6	2,3	1,4	0,7		
	PE	0,8	2,0	1,2	0,5		
ST RER>1.15 LA	SPK	2,2	5,9	4,4	1,4	,171	-
	PK	2,7	4,3	3,4	0,7		
	SPE	1,8	4,7	2,8	1,1		
	PE	2,4	5,4	3,9	1,1		
ST Test Sonu LA	SPK	9,4	19,7	13,0	4,1	,021	PK-PE ,013*
	PK	9,2	12,9	10,5	1,5		
	SPE	11,7	17,6	14,1	2,4		
	PE	14,4	18,8	16,4	1,6		
ÖT Dayanıklılık Süresi	SPK	227,0	357,0	275,2	60,1	,136	-
	PK	53,0	392,0	247,4	127,1		
	SPE	217,0	413,0	324,6	72,3		
	PE	312,0	433,0	369,6	48,4		
ST Dayanıklılık Süresi	SPK	148,0	314,0	225,2	61,9	,010	SPK-SPE ,025* SPK-PE ,008*
	PK	67,0	505,0	297,8	175,8		
	SPE	313,0	386,0	359,0	30,5		
	PE	325,0	507,0	419,2	64,9		

*p<0,05; SPK, Spirulina Platensis Suplementi Kullanan Kadın; PK, Plasebo Kullanan Kadın; SPE, Spirulina Platensis Suplementi Kullanan Erkek; PE, Plasebo Kullanan Erkek; ÖT, Ön Test; VA, Vücut Ağırlığı; BKİ, Beden Kitle İndeksi; VYY, Vücut Yağ Yüzdesi, FFM, Yağsız Vücut Kütlesi; TBW, Toplam Vücut Suyu; VO_2max, Maksimum Oksijen Tüketimi; Max HR, Maksimum Kalp Atım Hızı; Anaerobik Eşik HR, Anaerobik Eşik Kalp Atım Hızı; MBP, Modifiye Bruce Protokolü; RER, Solunum Değişim Oranı; LA, Laktik Asit; ST, Son Test

ÖT MBP 3. Seviye LA, ST Anaerobik eşik Süresi ve ST dayanıklılık düresi değişkenleri için varyansların homojenliği koşulu sağlanamadığından Welch testi sonuçları dikkate alındı.

ST Dayanıklılık Süresi Welch testi sonucu gruplar arası anlamlı bir farklılık gözlemlendi (,010). Post-Hoc Dunnet t3 testi kullanılarak bu farkın SPK-SPE (,025) ve SPK-PE (,008) grupları arasında olduğu tespit edildi.

Boy uzunluğu değişkeni için, varyansların homojenliği tespit edildi ve Anova testi sonucu dikkate alındı. Anova testi sonucu gruplar arası anlamlı bir farklılık gözlemlendi (,020). Post-Hoc Tukey HSD testi kullanılarak bu farkın PK-SPE (,05) grupları arasında olduğu tespit edildi.

ÖT FFM ve ÖT TBW değişkenleri için, varyansların homojenliği tespit edildi ve Anova testi sonucu dikkate alındı. Anova testi sonucu gruplar arası anlamlı bir farklılık gözlemlendi (<,001). Post-Hoc Tukey HSD testi kullanılarak bu farkların ÖT FFM için, SPK-PE (,005), PK-PE (,001) ve SPE-PK (,01) grupları arasında olduğu tespit edildi. ÖT TBW için, SPK-PE (,006), PK-SPE (,01) ve PK-PE (,001) grupları arasında olduğu tespit edildi.

ST FFM ve ST TBW değişkenleri için, varyansların homojenliği tespit edildi ve Anova testi sonucu dikkate alındı. Anova testi sonucu gruplar arası anlamlı bir farklılık gözlemlendi (<,001). Post-Hoc Tukey HSD testi kullanılarak bu farkların ST FFM için, SPK-SPE (,04), SPK-PE (,001), PK-SPE (,009) ve PK-PE (,001) grupları arasında olduğu tespit edildi. ST TBW için SPK-SPE (,04), SPK-PE (,002), PK-SPE (,008) ve PK-PE (,001) grupları arasında olduğu tespit edildi.

ST Toplam Egzersiz Süresi değişkeni için, varyansların homojenliği tespit edildi ve Anova testi sonucu dikkate alındı. Anova testi sonucu gruplar arası anlamlı bir farklılık gözlemlendi (,029). Bu farklılığın hangi gruplar arasında olduğunu belirlemek amacıyla yapılan Post-Hoc Tukey HSD testi sonucunda farklılığın, SPK ($\bar{x}$=965,8) ile PK ($\bar{x}$ =963,6), SPK ($\bar{x}$ = 965,8) ile SPE ($\bar{x}$=1069,8), SPK ($\bar{x}$= 965,8) ile PE ($\bar{x}$=1094,8), PK ($\bar{x}$=963,6) ile SPE ($\bar{x}$=1069,8), PK ($\bar{x}$=963,6) ile PE ($\bar{x}$=1094,8) ve SPE ($\bar{x}$=1069,8) ile PE ($\bar{x}$=1094,8) arasından kaynaklandığı bulundu.

ST Test Sonu LA değişkeni için, varyansların homojenliği tespit edildi ve Anova testi sonucu dikkate alındı. Anova testi sonucu gruplar arası anlamlı bir farklılık gözlemlendi (,021). Post-Hoc Tukey HSD testi kullanılarak bu farkın PK-PE (,013) grupları arasında olduğu tespit edildi.

Değişkenlerin birbirleri ile korelasyonu Pearson Korelasyon Analizi ile belirlendi. ÖT vücut kompozisyonu ve ÖT fiziksel performans değişkenleri arasında ilişki Tablo 10'de, ST vücut kompozisyonu ve ST fiziksel performans değişkenleri arasında ilişki Tablo 11'de, ÖT fiziksel performans değişkenlerinin birbirleri arasındaki ilişki Tablo 12'te ve ST fiziksel performans değişkenlerinin birbirleri arasındaki ilişki Tablo 13'te belirtildi.

Tablo 10. Ön test vücut kompozisyonu ve ön test fiziksel performans değişkenleri korelasyonu

		VO_2max	Max HR	Egzersiz Süresi (sn)	Anaerobik Eşik HR	Anaerobik Eşik Süresi (sn)	LA 1	LA 2	LA 3	LA 4	Dayanıklılık
Boy Uzunluğu	r	,337	-,106	,475*	-,485*	,009	-,046	-,311	,291	,504*	,482*
	p	,146	,656	,034	,030	,969	,849	,182	,214	,024	,032
VA (kg)	r	,084	-,099	,267	-,413	-,217	,009	-,139	,219	,457*	,409
	p	,726	,678	,254	,070	,357	,971	,560	,353	,043	,073
BKİ	r	-,029	-,088	,159	-,338	-,309	,057	-,019	,173	,404	,354
	p	,903	,711	,504	,145	,186	,812	,937	,466	,077	,125
VYY	r	-,551*	-,109	-,417	-,139	-,424	,194	,384	,430	-,084	-,166
	p	,012	,647	,067	,560	,063	,413	,094	,058	,724	,484
FFM	r	,308	-,065	,459	-,402	-,064	-,054	-,298	,088	,544*	,511*
	p	,187	,785	,042	,079	,790	,820	,202	,712	,013	,021
TBW	r	,308	-,065	,459*	-,402	-,065	-,054	-,298	,089	,544*	,512*
	p	,187	,785	,042	,079	,786	,821	,203	,710	,013	,021

*<0,05; **<0,01; VA, Vücut Ağırlığı; BKİ, Beden Kitle İndeksi; VYY, Vücut Yağ Yüzdesi, FFM, Yağsız Vücut Kütlesi; TBW, Toplam Vücut Suyu; VO_2max, Maksimum Oksijen Tüketimi; Max HR, Maksimum Kalp Atım Hızı; Anaerobik Eşik HR, Anaerobik Eşik Kalp Atım Hızı; MBP, Modifiye Bruce Protokolü; RER, Solunum Değişim Oranı; LA, Laktik Asit

Ön test vücut kompozisyonu ve ön test fiziksel performans değişkenlerinin korelasyonu incelendiğinde; VO_2max değerleri ile VYY değerlerinin negatif yönde korelasyon gösterdiği (r=,551, p<0,05) bulundu.

Egzersiz süresi değişkeni ile boy uzunluğu (r=,475, p<0,05) ve TBW (r=,459, p<0,05) değişkenlerinin pozitif korelasyon gösterdiği tespit edildi.

Anaerobik eşik esnasında ölçülen kalp atım hızı ile boy uzunluğunun negatif korelasyon gösterdiği (r=-,485, p<0,05) bulundu.

Test sonu ölçülen laktik asit değişkeninin boy uzunluğu (r=,504, p<0,05), VA (r=,457, p<0,05), FFM (r=,544, p<0,05) ve TBW (r=,544 p<0,05) değişkenleri ile pozitif yönde korelasyon gösterdiği tespit edildi.

Dayanıklılık değişkeni ile boy uzunluğu (r=,482, p<0,05), FFM (r=,511, p<0,05) ve TBW (r=,512, p<0,05) değişkenlerinin pozitif yönde korelasyon gösterdiği bulundu.

Tablo 11. Son test vücut kompozisyonu ve son test fiziksel performans değişkenleri korelasyonu

		VO_2max	Max HR	Egzersiz Süresi	Anaerobik Eşik HR	Anaerobik Eşik Süresi	LA 1	LA 2	LA 3	LA 4	Dayanıklılık
Boy Uzunluğu	r	,377	,060	,537*	-,428	-,270	,026	,026	,043	,584**	,589**
	p	,101	,801	,015	,060	,250	,914	,915	,856	,007	,006
VA	r	,092	,118	,272	-,303	-,118	-,193	-,191	,283	,556*	,287
	p	,700	,619	,246	,194	,620	,414	,419	,226	,011	,220
BKİ	r	-,041	,107	,123	-,195	,015	-,263	-,257	,376	,473*	,090
	p	,863	,655	,605	,409	,950	,263	,273	,102	,035	,707
VYY	r	-,559*	-,179	-,528*	,034	,017	-,525*	-,279	,465*	-,161	-,432
	p	,010	,451	,017	,888	,944	,017	,233	,039	,498	,057
FFM	r	,334	,198	,529*	-,370	-,141	,018	-,085	,095	,671**	,506*
	p	,151	,403	,017	,108	,553	,940	,721	,691	,001	,023
TBW	r	,340	,195	,534*	-,377	-,136	,005	-,064	,090	,678**	,507*
	p	,142	,410	,015	,101	,568	,983	,790	,706	,001	,022

*<0,05; **<0,01; VA, Vücut Ağırlığı; BKİ, Beden Kitle İndeksi; VYY, Vücut Yağ Yüzdesi, FFM, Yağsız Vücut Kütlesi; TBW, Toplam Vücut Suyu; VO_2max, Maksimum Oksijen Tüketimi; Max HR, Maksimum Kalp Atım Hızı; Anaerobik Eşik HR, Anaerobik Eşik Kalp Atım Hızı; MBP, Modifiye Bruce Protokolü; RER, Solunum Değişim Oranı; LA, Laktik Asit

Son test vücut kompozisyonu ve son test fiziksel performans değişkenlerinin korelasyonu incelendiğinde; VO_2max değerleri ile VYY değerlerinin negatif korelasyon (r=-,559, p<0,05) tespit edildi.

Egzersiz süresi-boy uzunluğu (r=,537, p<0,05), egzersiz süresi- TBW (r=,528, p<0,05) ve egzersiz süresi-FFM (r=,529, p<0,05) değerlerinin pozitif korelasyon, egzersiz süresi-VYY değişkenlerinin ise negatif korelasyon (r=-,528, p<0,05) gösterdiği bulundu.

Dinlenik laktik asit- VYY değişkenlerinin negatif korelasyon (r=-,525, p<0,05) gösterdiği tespit edildi.

RER<1,15'te ölçülen laktik asit-VYY değişkenlerin için pozitif korelasyon (r=,465, p<0,05) gözlemlendi.

Test sonu ölçülen laktik asit değişkeninin boy uzunluğu (r=,584, p<0,01), VA (r=,556, p<0,05), BKİ (r=,473, p<0,05), FFM (r=,671, p<0,01) ve TBW (r=,678 p<0,01) değişkenleri ile pozitif korelasyon gösterdiği bulundu.

Dayanıklılık değişkeninin boy uzunluğu (r=,589, p<0,01), FFM (r=,506, p<0,05) ve TBW (r=,507, p<0,05) değişkenleri ile pozitif korelasyon gösterdiği tespit edildi.

Tablo 12. Ön test fiziksel performans değişkenleri korelasyonu

		VO_2max	Max HR	Egzersiz Süresi	Anaerobik Eşik HR	Anaerobik Eşik Süresi	LA 1	LA 2	LA 3	LA 4	Dayanıklılık
VO_2max	r	1	,259	,889**	-,119	,492*	-,175	-,544*	-,049	,472*	,608**
	p		,269	<,001	,618	,028	,460	,013	,836	,036	,004
Max HR	r	,259	1	,072	,514*	,209	-,001	-,054	,078	,046	-,056
	p	,269		,764	,020	,376	,998	,820	,745	,848	,815
Egzersiz Süresi	r	,889**	,072	1	-,359	,345	-,158	-,494*	-,040	,607**	,813**
	p	<,001	,764		,120	,137	,505	,027	,867	,005	<,001
Anaerobik Eşik HR	r	-,119	,514*	-,359	1	,299	-,331	,111	-,263	-,424	-,554*
	p	,618	,020	,120		,201	,154	,640	,262	,063	,011
Anaerobik Eşik Süresi	r	,492*	,209	,345	,299	1	-,279	-,405	-,057	,076	-,266
	p	,028	,376	,137	,201		,234	,077	,811	,750	,257
LA 1	r	-,175	-,001	-,158	-,331	-,279	1	,115	,208	,102	,010
	p	,460	,998	,505	,154	,234		,628	,379	,667	,967
LA 2	r	-,544*	-,054	-,494*	,111	-,405	,115	1	,276	-,220	-,257
	p	,013	,820	,027	,640	,077	,628		,238	,351	,274
LA 3	r	-,049	,078	-,040	-,263	-,057	,208	,276	1	-,074	-,006
	p	,836	,745	,867	,262	,811	,379	,238		,756	,981
LA 4	r	,472*	,046	,607**	-,424	,076	,102	-,220	-,074	1	,577**
	p	,036	,848	,005	,063	,750	,667	,351	,756		,008
Dayanıklılık	r	,608**	-,056	,813**	-,554*	-,266	,010	-,257	-,006	,577**	1
	p	,004	,815	<,001	,011	,257	,967	,274	,981	,008	

*<0,05; **<0,01; VO_2max, Maksimum Oksijen Tüketimi; Max HR, Maksimum Kalp Atım Hızı; Anaerobik Eşik HR, Anaerobik Eşik Kalp Atım Hızı; RER, Solunum Değişim Oranı, LA; Laktik Asit

ÖT fiziksel performans değişkenlerinin birbirleri ile korelasyonu incelendiğinde; VO_2max-egzersiz süresi (r=,889, p<0,01) ve VO_2max-dayanıklılık (r=,608, p<0,01) değişkenleri arasında kuvvetli pozitif korelasyon, VO_2max-Anaerobik eşik süresi (r=,492 p<0,05) ve VO_2max-test sonu LA (r=,472, p<0,05) pozitif korelasyon, VO_2max-MBP 3. Seviye LA (r=,049, p<0,05) değişkenleri arasında negatif korelasyon bulundu.

Max HR-Anaerobik eşik HR değişkenleri arasında pozitif korelasyon (r=,514, p<0,05) gözlemlendi.

Egzersiz süresi- test sonu LA (r=,813, P<0,01) ve egzersiz süresi-dayanıklılık (r=,813, p<0,01) değişkenleri arasında kuvvetli pozitif korelasyon, egzersiz süresi- MBP 3. Seviye LA (-,494, p<0,05) değişkenleri arasında negatif korelasyon bulundu.

Anaerobik eşik HR-dayanıklılık değişkenleri arasında negatif korelasyon (r=,554, p<0,05) gözlemlendi.

Test sonu LA-dayanıklılık değişkenleri arasında kuvvetli pozitif korelasyon bulundu (r=,577, p<0,01).

Tablo 13. Son test fiziksel performans değişkenleri korelasyonu

		VO_2max	Max HR	Egzersiz Süresi	Anaerobik Eşik HR	Anaerobik Eşik Süresi	LA 1	LA 2	LA 3	LA 4	Dayanıklılık
VO_2max	r	1	,153	,917**	,007	,138	,409	,337	-,211	,567**	,651**
	p		,519	<,001	,978	,563	,073	,146	,371	,009	,002
Max HR	r	,153	1	,042	,508*	,388	,109	-,109	-,353	,117	-,196
	p	,519		,860	,022	,091	,648	,649	,127	,622	,406
Egzersiz Süresi (sn)	r	,917**	,042	1	-,210	-,012	,348	,352	-,161	,653**	,806**
	p	<,001	,860		,374	,961	,132	,128	,497	,002	<,001
Anaerobik Eşik HR	r	,007	,508*	-,210	1	,563**	-,104	-,318	-,014	-,139	-,502*
	p	,978	,022	,374		,010	,664	,171	,955	,559	,024
Anaerobik Eşik Süresi (sn)	r	,138	,388	-,012	,563**	1	,044	-,204	-,011	,144	-602**
	p	,563	,091	,961	,010		,853	,388	,963	,544	,005
LA 1	r	,409	,109	,348	-,104	,044	1	,442	-,075	-,005	,252
	p	,073	,648	,132	,664	,853		,051	,754	,984	,283
LA 2	r	,337	-,109	,352	-,318	-,204	,442	1	-,460*	-,216	,402
	p	,146	,649	,128	,171	,388	,051		,041	,359	,079
LA 3	r	-,211	-,353	-,161	-,014	-,011	-,075	-,460*	1	,257	-,122
	p	,371	,127	,497	,955	,963	,754	,041		,275	,607
LA 4	r	,567**	,117	,653**	-,139	,144	-,005	-,216	,257	1	,436
	p	,009	,622	,002	,559	,544	,984	,359	,275		,054
Dayanıklılık	r	,651**	-,196	,806**	-,502*	-,602**	,252	,402	-,122	,436	1
	p	,002	,406	<,001	,024	,005	,283	,079	,607	,054	

*<0,05; **<0,01; VO_2max, Maksimum Oksijen Tüketimi; Max HR, Maksimum Kalp Atım Hızı; Anaerobik Eşik HR, Anaerobik Eşik Kalp Atım Hızı; RER, Solunum Değişim Oranı, LA; Laktik Asit

ST fiziksel performans değişkenlerinin birbirleri ile korelasyonu incelendiğinde; VO_2max-egzersiz süresi (r=,917, p<0,01), VO_2max-dayanıklılık (r=,651, p<0,01) VO_2max- Test sonu LA (r=,567, p<0,01) değişkenleri arasında kuvvetli pozitif korelasyon bulundu.

Max HR-Anaerobik eşik HR değişkenleri arasında pozitif korelasyon (r=,508, p<0,05) gözlemlendi.

Egzersiz süresi değişkeni ile test sonu LA (r=,653, P<0,01) ve dayanıklılık (r=,806, p<0,01) değişkenleri arasında kuvvetli pozitif korelasyon tespit edildi.

Anaerobik eşik HR-anaerobik eşik süresi değişkenleri arasında kuvvetli pozitif korelasyon (r=,563, p<0,01) gözlendi. Anaerobik eşik-dayanıklılık değişkenleri arasında ise negatif korelasyon (r=-,502, p<0,05) bulundu.

Anaerobik eşik süresi-dayanıklılık değişkenleri arasında kuvvetli negatif korelasyon (r=-,602, p<0,01) izlendi.

MBP 3. Seviye LA-RER <1,15 LA değişkenleri arasında negatif korelasyon (r=-,460, p<0,05) tespit edildi.

7. TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu çalışmanın amacı SP suplementasyonunun aerobik kapasite, yorgunluk ve toparlanma performanslarının belirteçleri olan VO_2max ve laktik asit değerleri üzerine etkisinin incelenmesidir.

Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre, SP suplementi kullanan örneklem grubunun SP suplementasyonu öncesi ve sonrası vücut kompozisyonu verilerinde anlamlı fark bulunmadı. Fiziksel performans verilerinde ise SP suplementasyonu öncesi ve sonrası aktivite esnasında tüketilen oksijen miktarı, anaerobik eşikteki kalp atım hızı ve anaerobik eşikteki laktik asit miktarı değişkenlerinde anlamlı farklılık ($p<0,05$) bulundu.

Bu bağlamda SP suplementasyonu sonrası anaerobik eşikteki laktik asit değerlerinin düşmesi kişilerin yorgunluğa karşı daha dirençli hale geldiklerini düşündürmektedir. Buna karşılık kontrol grubunda da ÖT-ST arasında anaerobik eşikteki laktik asit değerlerinin anlamlı azalması istatistiksel olarak anlamlı farklılığın, uygulanan egzersiz programı kaynaklı olduğu düşüncesini ön plana çıkarmaktadır. Araştırma süresince kişilerin diğer biyokimyasal parametrelerinin kontrol edilememiş olması, SP suplementi kaynaklı laktik asit eliminasyon sistemlerinin kalitesi hakkında bilgi sahibi olmamızı engellemiştir.

Kontrol ve deney grubunun vücut kompozisyonu ve fiziksel performans değerlerine yönelik son ölçümlerini karşılaştırıldığında veriler arasında anlamlı bir farklılık bulunamadı ($p<0,05$). Örneklem grubuna sağlanan plasebo ve SP suplementi dışında bireylerin günlük gıda tüketimlerinde değişiklik yapmaması ÖT-ST vücut kompozisyonu verilerinde anlamlı farklılık görülmemesine neden olarak gösterilebilir.

Deney grubunda SP suplementi tüketildikten sonra egzersiz esnasında istatistiksel olarak anlamlı artış görülen VO_2max değerinin, kontrol grubu ile aynı egzersiz protokolünün uygulanması ve kontrol grubunda VO_2max değerinde artış görülmemesi dolayısıyla SP suplementi kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Ancak, doğrudan SP suplementinin vücuttaki antioksidan enzimleri arttırdığını ve oksidatif stresi azaltarak dolaylı yoldan VO_2max değerinin arttırdığını söylememiz için çeşitli biyokimyasal parametrelerin ölçüldüğü çalışmalara ihtiyaç vardır.

ÖT-ST grupların karşılaştırmalı vücut kompozisyonu ve fiziksel performans belirteçlerinin analizinde deney ve kontrol grupları arasında hiçbir değişkende istatistiksel açıdan anlamlı farklılığa rastlanmadı ($p<0,05$).

Cinsiyet, SP suplementi ve plasebo kullanımı faktörlerine göre yapılan anova analizi sonucu son test dayanıklılık süresinde SP suplementi ve plasebo kullanan erkeklerin SP suplementi kullanan kadınlardan daha dayanıklı olduğu sonucuna varıldı ($p<0,05$). FFM ve TBW miktarlarının SP suplementi ve plasebo kullanımı fark etmeksizin kadın gönüllülerden fazla olduğu görüldü ($p<0,05$). ST toplam egzersiz süresinin tüm faktörler için farklı olduğu tespit edildi ($p<0,05$).

Değişkenlerin birbirleri ile olan korelasyonuna baktığımızda ÖT-ST için; boy uzunluğu ve arttıkça egzersiz süresinin uzadığını, dayanıklılığın arttığını, VYY azaldıkça VO_2max'ın arttığını, FFM ve TBW arttıkça dayanıklılığın arttığını söylememiz mümkündür.

Değişkenlerin birbirleri ile olan korelasyonuna baktığımızda ÖT-ST için; VO_2max'nın artması ile egzersiz süresi ve dayanıklılık artışında korelasyon olduğu görüldü ($p<0,05$). Bu sonuç ile SP suplementinin dayanıklılık antrenmanı eşliğinde uzun süreli kullanımının VO_2max üzerinde olumlu etkisi olabileceğini ve sporcularda SP suplementinin performans arttrma amaçlı kullanılabileceğini söyleyebiliriz.

SP suplementasyonunun atletik performansa ve biyokimyasal parametrelere yönelik etkilerini yönelik incelenen literatür Tablo 14 'da belirtildi.

Lu ve ark.'nın (2006) yaptıkları çalışmada 16 sedanter bireyde SP suplementasyonunun, egzersizin neden olduğu oksidatif strese bağlı iskelet kası hasarı üzerindeki önleyici etkileri araştırılmıştır. Katılımcılar rastgele olacak şekilde deney ve kontrol grubu olarak 2'ye ayrılmış ve ön test- son test aşamasında Bruce artırımlı koşu protokolüne uygun Kardiyopulmoner Egzersiz Testi (KPET) 'ne katılmıştır. Ön test- son test aşamaları arasında deney grubu, 3 hafta boyunca günlük beslenmelerine ek olarak 7,5 gr Spirulina Platensis takviyesi uygulamış; kontrol grubuna ise eşit miktarda soya proteini verilmiştir. Katılımcılardan, ön test- son test olarak gerçekleştirilen KPET'den 30 dakika sonra kan örneği alınmış olup Malondialdehit, Toplam Kreatin Kinaz, Laktat Dehidrogenaz, Laktat, Süperoksikt Dismutaz (SDO) ve Glutatyon Peroksidaz (GPX) değerleri incelenmiştir. Ön test ve son test sonuçları

incelendiğinde hem deney hem de kontrol grubunda Süperoksit Dismutaz değerlerinde önemli ölçüde pozitif yönde farklılık gözlemlenmiş ayrıca deney grubunun Malondialdehit (MDA) değeri son testte önemli ölçüde azalmıştır ($p<0.05$). Deney grubunun son test KPET sırasında ölçülen tükenme zamanı ve laktat konsantrasyonu ön testtekine oranla önemli ölçüde artmıştır ($p<0.05$). Bu çalışmada SP suplementasyonunun gözlemlenen oksidatif stres belirteçlerinin azaltmasına ve egzersiz süresinin artmasına yönelik bulgular ile çalışmamızdan elde ettiğimiz laktik asit değerlerinin SP suplementasyonu sonrası azalmasına (Tablo 3) dair bulguların benzerlik gösterdiği görüldü.

Tablo 14. Spirulina Platensis'in atletik performans ve biyokimyasal parametrelere yönelik etkisi (literatür çalışması)

Yazar/Çalışmanın Yılı	SP Kullanım Dozu (Gün)	SP Kullanım Süresi	Katılımcılar	SP İçin Ana Bulgular
Lu ve ark. (2006)	7,5 gr	3 hafta	n=8 SP n=8 P	SP= MDA ⇩ LDH ⇩ Tükenme Süresi ⇧ Laktat Konsantrasyonu ⇧ SP-P = SOD ⇧
Milasius ve ark. (2009)	0,75 gr	2 hafta	12 Sporcu	RDW ⇧ CD3, CD3+CD4+Lenfosit Sayısı ⇧
Sandhu ve ark. (2010)	2 gr	8 hafta	n=10 SP Antrenmanlı n=10 P Antrenmanlı n=10 SP Antrenmansız n=10 P Antrenmansız	Tepe ve Ortalama Kuvvet ⇧ Yorgunluk İndeksi ⇩
Franca ve ark. (2010)	7.5 gr "SP Maxima"	4 hafta	n=11 SP n=7 P	SP-P = LDH ⟺ SOD ⟺ MDA ⟺ CK ⟺
Kalafati ve ark. (2010)	6 gr	4 hafta	n=9 Koşucu Çapraz Gruplu	Yorgunluk Zamanı ⇧ Karbonhidrat Oksidasyonu ⇩ Yağ Oksidasyonu ⇧ Glutatyon ⇧ CK ⟺
Kalpana ve ark. (2012)	3 gr	12 hafta	n=15 Aerobik Egz. Spirulina (AS) n=15 Aerobik Egz. Deney II (AD) n=15 Aerobik Egz. Kontrol (AK) n=15 Karma Egz. Spirulina (KS) n=15 Karma Egz. Deney II (KD) n=15 Karma Egz. Kontrol (KK)	AS-AD-KS-KD= β-Karoten ⇧ AS-AD-KS-KD= Tokoferol ⇧ AS-AD-KS-KD= Askorbik Asit ⇧ AS-AD-KS-KD= MDA ⇩
Kalpana ve ark. (2017)	3 gr	12 hafta	n=15 Aerobik Egz. Spirulina (AS) n=15 Aerobik Egz. Deney II (AD) n=15 Aerobik Egz. Kontrol (AK) n=15 Karma Egz. Spirulina (KS) n=15 Karma Egz. Deney II (KD) n=15 Karma Egz. Kontrol (KK)	AS-AD-KS-KD= Toparlanma Kalp Atım Hızı ⇩ Tepe Laktat ⇩ MDA ⇩ AS-AD-AK-KS-KD-KK = Maksimal Oksijen Tüketimi ⟺ Maksimum Kalp Atım Hızı ⟺ Toplam Egzersiz Zamanı ⟺

BFP, Vücut Yağ Yüzdesi; BMI, Vücut Kitle İndeksi; CD3, Başkalaşım Kümesi 3; CD4, Başkalaşım Kümesi 4; CK, Kreatin Kinaz; CRP, Kreatin Fosfat; GPX, Glutatyon Peroksidaz; Hb, Hemoglobin; LDH, Laktat Dehidrogenaz; MDA, Malondialdehit, P, Plasebo Kullanan; RDW, Kırmızı Kan Hücresi Dağılım Genişliği; SOD, Süperoksit Dismutaz; SP, Spirulina Kullanan; TOK, Toplam Antioksidan Kapasite; WHR, Bel-Kalça Oranı; ⇧ anlamlı artış; ⇩ anlamlı düşüş; ⟺ fark yok

Tablo 14. Spirulina Platensis'in atletik performans ve biyokimyasal parametrelere yönelik etkisi (literatür çalışması) (devam)

Yazar/Çalışmanın Yılı	SP Kullanım Dozu (Gün)	SP Kullanım Süresi	Katılımcılar	SP İçin Ana Bulgular
Sadeghi ve ark. (2018)	0,5 gr	12 hafta	n=12 SP Antrenmansız n=10 SP Antrenmalı n=10 Antrenmanlı (A)	(BFP) ⇩ SPA-A = (WHR) ⇩ (BMI) ⇩ SP-SPA-A= Homosistein ⇩
Gurney ve Spendiff (2020)	6gr	1 hafta	n=11 Antrenmansız Çapraz Gruplu	Hb ⇧ 30 dakikalık egzersizde oksijen alımı ve kalp atım hızı ⇩ Yorgunluk anında oksijen alımı ⇧
Gurney ve Spendiff (2021)	6 gr	3 hafta	n=15 Antrenmanlı Çapraz Gruplu	Submaksimal Test sırasında Kalp Atım Hızı ve Laktat ⇩ Hb ⇧ Tekrarlı Bisiklet Sprint Testi sırasında Laktat Eşiği ⟺
Pappas ve ark. (2021)	6gr	4 gün	n=12 SP n=12 P	Redoks Durumu ⟺ Kas Hasarı ⟺ Egzersiz Performansı ⟺
Chaouachi ve ark. (2021)	5,7 gr	7 hafta	n=11 SP Antrenmanlı n=11 P Antrenmanlı	Vücut Kompozisyonu ⟺ Dikey Sıçrama ⟺ Sprint Performans ⟺
Kashani ve ark. (2022)	8gr	3 hafta	n=8 SP n=8 P Çapraz Gruplu	LDH ⇩ CK ⇩ İnterlökin 6 ⇩ SOD ⇧ TOK ⇧ GPX ⇧ MDA ⟺
Zhang ve ark. (2022)	3 gr	8 hafta	n=20 SP n=19 P	Lökosit ⟺ Monosit ⟺ Eizinofil ⟺ Bazofil ⟺
Chaouachi ve ark. (2022)	5,7 gr	7 hafta	n=9 SP n=8 P	CRP ⇩ CK ⇩ F2-İzoprostan ⇩

BFP, Vücut Yağ Yüzdesi; BMI, Vücut Kitle İndeksi; CD3, Başkalaşım Kümesi 3; CD4, Başkalaşım Kümesi 4; CK, Kreatin Kinaz; CRP, Kreatin Fosfat; GPX, Glutatyon Peroksidaz; Hb, Hemoglobin; LDH, Laktat Dehidrogenaz; MDA, Malondialdehit, P, Plasebo Kullanan; RDW, Kırmızı Kan Hücresi Dağılım Genişliği; SOD, Süperoksit Dismutaz; SP, Spirulina Kullanan; TOK, Toplam Antioksidan Kapasite; WHR, Bel-Kalça Oranı; ⇧ anlamlı artış; ⇩ anlamlı düşüş; ⟺ fark yok

12 performans sporcusunun 2 hafta boyunca günde 0,75 gr SP tableti kullandıkları çalışmada (Milasius ve ark., 2009), SP'nin kanın morfolojik değerleri üzerine etkileri incelenerek; SP takviyesinin biyokimyasal parametreler ve bağışıklık sistemi parametreleri üzerinde etkisi olduğu bildirdi. Aynı zamanda sporcular SP suplementasyonunu bıraktıktan sonra alınan kan değerleri ile de olumlu değişikliklerin devam ettiği gözlemlendi.

SP'in quadriceps kas grubunda izometrik kuvvet ve izometrik dayanıklılığı etkisinin incelendiği bir çalışmada (Sandu ve ark., 2010) örneklem grubunu takviye alan antrenmansız, takviye alan antrenmanlı, takviye almayan antrenmansız ve takviye almayan antrenmanlı olacak şekilde 4 gruba ayrılan 40 katılımcı oluşturdu. Ön test ve son testte katılımcıların baskın bacaklarında quadriceps kasında maksimal kuvvet, yorgunluk indeksi, ortalama kuvveti ölçüldü. Ön-son test arasında katılımcılar 8 hafta boyunca günde 2 gr olacak şekilde Spirulina Platensis veya plasebo kullandılar. Ön test ve son test verileri grup içi ve gruplar arası karşılaştırılmıştır. Takviye öncesi ve sonrası plasebo kullanan antrenmanlı ve antrenmansız grupta hiçbir parametre için anlamlı bir fark gözlemlenmedi. Takviye alan antrenmanlı ve antrenmansız gruplarda ise maksimal kuvvet, yorgunluk indeksi ve ortalama kuvvet için takviye öncesi ve sonrası anlamlı fark gözlemlendi ($p<0.01$). Gruplar arası ön test- son test değerlerinde ön test maksimal kuvvet parametresinde antrenmanlı ve antrenmansız gruplar arasında anlamlı fark bulundu ($p<0.05$), ortalama kuvvet ve yorgunluk indeksi parametrelerinde ise anlamlı bir fark bulunmadı ($p<0.05$). Gruplar arası son test karşılaştırıldığında ise maksimal kuvvet ve ortalama kuvvette istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülürken ($p<0.05$), yorgunluk indeksinde fark bulunamadı ($p<0.05$). Yapılan post hoc testi sonrası takviye sonucu maksimal kuvvet artımının istatistiksel olarak en anlamlı olan grubun takviye alan antrenmanlı grup olduğu, sonrasında bu grubu takviye alan antrenmansız grubun izlediği tespit edildi. Bu çalışma antrenmanla beraber kullanılan SP takviyesinin maksimal kuvvet artırımı için önemli bir faktör olduğunu bildirmektedir.

Franca ve ark. (2010), Spirulina Maxima kullanarak yaptıkları çalışmada, profesyonel bisiklet sporcularında kas hasarı ve oksidatif stres belirteçlerini değerlendirdi. 4 hafta boyunca yoğun antrenmanla beraber günde 7,5 gr Spirulina Maxima kullanan sporcularda CK, MDA, LDH ve SOD değerleri takip edildi. Sonuç olarak Spirulina Maxima'nın CK, MDA, LDH ve SOD değerlerine etkisi bulunmadığı ($p<0.05$), kas hasarı ve antioksidan duruma tesir etmediği bildirildi. Şekil 2'de belirtilen 16 adet Spirulina türü için yetişme koşulu, hücre boyutu, besin

değeri ve renk gibi farklılıkların olması, suplement olarak kullanılan Spirulina türünün de vücuttaki etkilerinin farklı olabileceği sonucuna varmamız açısından önemlidir.

SP'nin egzersiz performansı, substrat metabolizması, dinlenme ve egzersiz sonrası toparlanma sırasında kan redoks durumu üzerine etkisinin incelendiği çalışmada (Kalafati ve ark., 2010), SP kullanımı sonrası VO_2max ölçümlerinde yorgunluğa kadar egzersiz süresinin uzadığını, karbonhidrat oksidasyonunu azaltarak yağ oksidasyonunu arttırdığını bildirdi ($p<0.05$). Ölçülen CK seviyelerinde herhangi bir değişiklik bildirilmezken, egzersiz süresinin uzamasıyla glutatyon miktarının artması arasında doğrusal bir ilişki olduğu bildirildi.

Kalpana ve ark. (2012), SP'in sporcularda egzersize bağlı oksidatif stres ve antioksidan durumuna etkisini, ticari bir antioksidan takviyesiyle kıyaslamak için 15'er kişilik 6 örneklem grubunu analiz etti. Öncelikle 90 kişilik örneklem grubu aerobik egzersiz ve karma egzersiz grubu olarak 2 gruba ayrıldı. 45 kişilik gruplar SP suplementi alan grup, ticari antioksidan takviyesi alan grup ve kontrol grubu olmak üzere 15 kişilik 3 grup halinde gözlemlendi. Çalışma sonucu SP suplementi ve ticari antioksidan takviyesi alan tüm gruplarda (aerobik ve karma egzersiz grupları), β-karoten, serum α-tokoferol ve plazma askorbik asit düzeylerinde önemli bir artış. MDA düzeylerinde ise önemli bir azalma ($p<0.05$) izlendi. SP suplementi ve ticari antioksidan kullanan gruplar arası anlamlı bir fark bulunamadı ($p<0.05$).

Kalpana ve ark. (2017), SP'in sporcularda egzersiz sonrası toparlanma kalp atım hızı ve oksidatif stres belirteçlerine etkisini, ticari bir antioksidan takviyesiyle kıyaslamak için 15'er kişilik 6 örneklem grubunu analiz etti. Öncelikle 90 kişilik örneklem grubu aerobik egzersiz ve karma egzersiz grubu olarak 2 gruba ayrıldı. 45 kişilik gruplar SP suplementi alan grup, ticari antioksidan takviyesi alan grup ve kontrol grubu olmak üzere 15 kişilik 3 grup halinde gözlemlendi. Çalışma sonucu SP suplementi ve ticari antioksidan takviyesi sonunda herhangi bir anlamlı fark bulunamadı ($p<0.05$). SP suplementi ve ticari antioksidan takviyesinin toparlanmadaki kalp atım hızını, tepe laktat değerini ve MDA değerlerini düşürdüğü; VO_2max, maksimum kalp atım hızı ve toplam egzersiz zamanında ise herhangi bir değişikliğe neden olmadığı bildirilmiştir.

SP suplementi ve kombine aerobik kuvvet antrenmanının sedanter kadınlarda serum homosisteini üzerindeki etkisini inceleyen bir araştırmada (Sadeghi ve ark., 2018), antrenmanla kombine SP suplementi kullanan ve sadece antrenman yapan kadınlarda vücut kompozisyonu değerlerinde pozitif yönde değişiklik bulundu ($p<0.05$). Antrenmanla kombine SP suplementasyonu, sadece antrenman ve sadece SP suplementi kullanımının homosistein değerlerinde düşüşe neden olduğu ancak antrenmanla kombine SP suplementasyonunun daha büyük bir etkiye sahip olduğu gözlemlendi ($p<0.01$). Homosistein yüksekliği sedanter kadınlarda kardiyovasküler risk faktörü olabileceğinden SP suplementasyonu ile kombine antrenmanların riski düşürebileceği kanısına varıldı.

Gurney ve Spendiff (2020), yaptıkları çalışmada 11 sedanter erkek katılımcı 1 hafta boyunca 6 gram SP takviyesi veya plasebo kullandı. Katılımcıların VO_2max değerleri kol bisikleti ergometresi kullanılarak ölçülmüştür. Çalışma sonucunda Spirulina Platensis takviyesi alan katılımcıların VO_2max değerlerinde ve hemoglobin düzeylerinde artış tespit edildi. Hemoglobin düzeyinin yükselmesi 30 dakikalık egzersiz süresince alınan oksijen miktarının ve kalp atım hızının düşmesini açıklamaktadır.

SP'nin profesyonel bisiklet sporcularının antrenman ve yarışmalar sırasında deneyimlediği zorluklar üzerinde etkisine dair çalışmada (Gurney ve Spendiff, 2021), SP suplementasyonu sonrası submaksimal dayanıklılık testinde laktik asit ve kalp atım hızının düştüğünü, hemoglobin miktarının arttığı bulundu. Zirve ve ortalama güç çıktılarında istatistiksel olarak anlamlı fark görülmesede plasebo'ya kıyasla yükselmişti ($p<0.05$). VO_2max değerleri arasında anlamlı fark bulunmadı ($p<0.05$). SP'nin submaksimal egzersizlerde homeostatik dengeyi koruduğu ve güç çıkışını arttırdığını söylememiz mümkündür.

Pappas ve ark. (2021), amacı, SP suplementinin redoks durumu, kas performansı ve kas hasarına neden olacak eksantrik bir egzersiz sonrasındaki kas hasarı üzerindeki etkilerini değerlendirmek olan çalışma, SP suplementasyonunun redoks durumu, kas performansı ve kas hasarı üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığını bildirdi ($p<0.05$). Çalışmadaki kullanım sıklığının sınırlı olması daha geniş kapsamlı araştırmalar yapılmasına ihtiyaç oluşturmaktadır.

20 profesyonel ragbi sporcusunda SP suplementasyonunun sıçrama, izkinetik bacak kuvveti ve sprint performansına etkisinin değerlendirildiği çalışmada (Chaouachi ve ark., 2021), SP kullanan grupta anlamlı olmayan performans iyileşmesi gözlemlendi. Bu çalışma sonunda

farklı yaş, cinsiyet ve branşlardaki sporcularda daha uzun süreli ve yüksek dozajlı SP kullanımı önerildi.

Kashani ve ark. (2022),'nın SP'nin oksidatif streç, inflamatuar faktörler ve egzersize bağlı kas plazma seviyelerine etkisini inceledikleri çalışmada SP suplementasyonunun plasebo alımıyla karşılaştırıldığında; LDH, CK ve interlökin 6 seviyelerinde önemli bir düşüşe neden olduğunu; SOD, GPX ve toplam antioksidan seviyelerinde ise artışa neden olduğunu bulundu ($p<0.05$). MDA düzeylerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmadı ($p<0.05$). Sonuç olarak, SP'nin antioksidan özelliğinin yanı sıra, zengin protein içeriğinin egzersize bağlı kas hasarını önlemede etkili olduğu belirtildi.

Zhang ve ark. (2022), yaşları ortalaması 20 olan, 39 erkek futbol oyuncusunda yaptıkları çalışmada SP'nin bağışıklık hücrelerine etkisini gözlemlemiştir. Deney ve kontrol grubu olarak gözlemlenen katılımcılar 8 hafta boyunca, günde 3 gr olacak şekilde SP takviyesi kullanmıştır. Katılımcıların lökosit, nötrofil, lenfosit, monosit, eozinofil ve bazofil değerleri 8 haftalık takviye kullanımı öncesi ve sonrası alınan kan değerleri ile belirlenmiştir. SP kullanan katılımcıların bazofil oranı ön-son test arası anlamlı farklılık göstermiştir ($p<0.05$). Son test verilerinde deney ve kontrol grubunun monosit ve bazofil yüzdeleri anlamlı farklılık göstermiştir ($p<0.05$). Sonuç olarak uzun süreli yoğun egzersizler esnasında SP kullanımının lökosit ve monosit oranını dengeleyebileceği tespit edilmiştir.

Chaouachi ve ark. (2022) SP'in egzersize bağlı lipit peroksidasyonu, inflamasyon ve iskelet kası hasarı üzerindeki çalışmasında, 9 katılımcı deney, 8 katılımcı kontrol grubu (plasebo) olacak şekilde toplam 17 elit ragbi oyuncusu yer almıştır. Ön test- son test modeli kullanılan çalışmada katılımcılara ön-son testler içerisinde inflamasyon ve iskelet kası hasarını tetiklemek için Yo-Yo Aralıklı Toparlanma Testi (Yo-Yo ATT) uygulamıştır. Katılımcıların Yo-Yo ATT öncesinde, hemen sonrasında ve testten 24 saat sonra kan örnekleri alınmış ve pro-oksidan durum belirteçleri, inflamasyon belirteçleri ve iskelet kası hasarı belirteçleri incelenmiştir. İlk test – son test arasında katılımcılar 7 hafta boyunca Spirulina Platensis (5.7 gr/gün) takviyesi-plasebo kullanmıştır. Çalışma sonucunda yalnızca plasebo grubunun testten hemen sonraki kan örneklerinde pro-oksidan, inflamasyon ve iskelet kası hasarı durum belirteçlerinde artış gözlemlenmiştir ($P<0.05$). Deney grubunda hiçbir değişiklik olmadığı gözlemlenmiş aynı zamanda deney grubunun Yo-Yo ATT den 24 saat sonraki kan örneklerindeki belirteçlerin testten hemen önce alınan kan örneklerine oranla önemli ölçüde düşük olduğu bulunmuştur

($p<0.05$). Bu çalışmayı göz önüne aldığımızda, SP'nin antrene bireylerde performansa etkisi gözlemlenmemiş, SP'nin iskelet kası hasarını ve inflamasyonu önlediğini söylememiz mümkündür.

2022 Aralık ayında SP takviyesinin egzersiz ve spor açısından antioksidan, antienflamatuar ve immünomodülatör etkilerinin incelendiği, aralarından bazı çalışmalara yukarıda değindiğimiz 13 çalışmanın yer aldığı bir derleme yayınlandı (Calella ve ark., 2022). Çalışmada kapsamında yapılan literatür taramasında SP ile ilgili 981 çalışma bulunduğu ancak bu çalışmaların hayvan çalışmaları, tekrarlayan çalışmalar, başlık ve özeti uygun olmayanlar, egzersiz içeriği bulunmayanlar, kullanım dozu belirtmeyenler ve in vitro çalışmalar hariç tutularak derlemeye dahil edilmediği bildirildi. Derlemeye dahil edilen 13 çalışmada toplam 267 katılımcı mevcutken sadece 3 çalışmada toplam 60 kadın katılımcı yer aldığı gözlemlendi.

Bahsedilen derleme ve yaptığımız literatür taraması SP suplementasyonunun oksijen tüketimi üzerine etkilerine yönelik sınırlı sayıda çalışmanın mevcut olduğunu gösterdi. İncelenen literatürde SP'in kronik (uzun süreli) kullanımı sonucunda oksijen tüketimine ve egzersiz sonrası toparlanmaya olan etkisine yönelik bilgi eksikliğinin olması, literatürde yer alan çalışmalarda kadın katılımcıların sınırlı olması sebebiyle bu çalışma planlandı ve literatürdeki diğer çalışmalardan farklı olarak VO_2max ölçümleri koşu bandı kullanılarak ölçüldü.

Chaouachi ve ark., (2023)'nın, SP'in sporcu performansını iyileştirdiğine yönelik çalışmaların incelendikleri derlemede SP'in vücut kompozisyonu, fiziksel performans ve genel sağlığa etkileri gözlemlendi. Vücut kompozisyonuna yönelik incelemelerde, fazla kilolu bireylerde SP kullanımının olumlu etkileri belirlendi. Aerobik performansa yönelik incelemelerde ise antrenmanlı bireylerden ziyade antrenmansız bireylerde aerobik performansı iyileştirdiğine yönelik bulgular değerlendirildi, ancak antrenmanlı bireylerin kuvvet çıktılarında anlamlı bir iyileşmeden söz edilmedi. Genel sağlık durumu göz önüne alındığında ise SP kullanan antrenmanlı ve antrenmansız tüm bireylerde antioksidan seviyelerinin arttığı ve kas hasarının iyileştiğine yönelik çalışmalar dikkat çekicidir. Bu bağlamda, SP suplementasyonunun sadece antrene bireylerde değil, antrenmansız, sedanter, günlük yaşamlarını ekstra efor harcamadan sürdüren kişilerde de olumlu etkileri olabileceği savunulmaktadır.

SP suplementasyonuna yönelik yapılan literatür taramasında, çalışmalardaki örneklem gruplarının farklı özelliklerde olması, çalışma dozajının ve SP kullanım süresindeki farklılıklar nedeniyle SP'in performansa yönelik etkilerinin net olarak ortaya konmadığı gözlemlendi. Aynı zamanda çalışmalar içerisinde kullanılan SP türlerinin belirtilmemesi, kadın gönüllü sayısının az olması ve ölçülmek istenen değerlerin objektif yöntemlerle ölçülmemesi literatürde eksik olarak saptandı.

Yaptığımız bu çalışma literatürdeki SP suplementinin VO_2max'ı arttırdığına yönelik çalışmaları objektif bir biçimde destekler niteliktedir. Aynı zamanda literatürde eksik olarak tespit edilen kadın gönüllü sayısı desteklenmiştir. Örneklem sayısının azlığı ve biyokimyasal parametrelerin ölçülememesi eksiklik olarak kaydedilmiştir.

Bundan sonraki yapılacak çalışmalarda branş, yaş ve cinsiyet farklılıklarının göz önünde bulundurulmasını, SP'nin besin içeriği ile tüketim sıklığı ve miktarının literatürdeki çalışmalardan yararlanılarak belirlenmesini, atletik performans ölçümlerinin objektif ve daha geniş kapsamlı yapılmasını ve SP'nin sporcularda vitamin ve antioksidan düzeyleri gibi çeşitli biyokimyasal parametreler ile çoklu performans belirteçlerine etkisinin incelenmesini önermekteyiz.

8. KAYNAKLAR

Akgül, H. İ. (2021). Bütün mineraller; işlevleri, günlük ihtiyaçlar ve zengin gıdalar. web.archive.org. https://web.archive.org/web/20221126084744/https://gidavesaglik.net/mineraller/

Akın, Ş. (2021). Enerji tüketimi, yorgunluk ve kas ağrısı. In W. L. Kenney, J. H. Wilmore ve D. L. Costill (Eds.), Spor ve Egzersiz Fizyolojisi (Vol. 1, pp. 121–150). Spor Yayınevi ve Kitabevi.

Akınoğlu, G., ve Korkmaz, A. (2021). Yaprakta toplam klorofil ve karotenoid kapsamlarına Fe-EDDHA ve kirecin etkileri yönünden bazı çeltik çeşitlerinin responsları. Akademik Ziraat Dergisi, 10(1), 145–152. https://doi.org/10.29278/azd.907053

Aktaş, B. (2002). Spirulina Platensis ilave edilerek üretilen kefirin besin içeriğinin belirlenmesi (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Sağlık Bilimleri Üniversitesi.

Albouaini, K., Egred, M., Alahmar, A., ve Wright, D. J. (2007). Cardiopulmonary exercise testing and its application. Postgraduate Medical Journal, 83(985), 675–682. https://doi.org/10.1136/hrt.2007.121558

Ali, S. K., ve Saleh, A. M. (2012). Spirulina- an overview. International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences, 4(3), 9–14.

Aygencel, G. (2018). Potasyum metabolizması bozuklukları. Yoğun Bakım Dergisi, 12(1), 31–42.

Ayça, İ. B., Bakar, K., ve Oral, O. (2018). Sporda ergojenik destek olarak dallı zincirli aminoasiler (BCAA). TURAN-SAM Uluslararası Bilimsel Hakemli Dergisi, 10(39), 246–251. https://doi.org/10.15189/1308-8041

Baysal, A. (2013). Magnezyum ve sağlığımız. Beslenme ve Diyet Dergisi, 41(2), 97–98.

Beaver, W. L., Wasserman, K., ve Whipp, B. J. (1985). Improved detection of lactate threshold during exercise using a log-log transformation. Journal of Applied Physiology, 59(6), 1936–1940. https://doi.org/10.1152/jappl.1985.59.6.1936

Beaver, W. L., Wasserman, K., ve Whipp, B. J. (1986). A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange. Journal of Applied Physiology, 60(6), 2020–2027. https://doi.org/10.1152/jappl.1986.60.6.2020

Belay, A. (2008). Spirulina (Arthrospira): Production and quality assurance. In M. E. Gershwin ve A. E. Belay (Eds.), Spirulina in human nutrition and health (pp. 2–23). CRC Press.

Belgemen, T., ve Akar, N. (2004). Çinkonun yaşamsal fonksiyonları ve çinko metabolizması ile ilişkili genler. Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Mecmuası, 57(3), 161–166. https://doi.org/10.1501/tipfak_0000000108

Benardot, D. (1999). Nutrition for serious athletes. Human Kinetics Publishers.

Bojovic, B., ve Stojanovic, J. (2005). Chlorophyll and carotenoid content in wheat cultivars as a function of mineral nutrition. Archives of Biological Sciences, 57(4), 283–290. https://doi.org/10.2298/abs0504283b

Bourges, H., Sotomayor, A., Mendoza, E., & Chavez, A. (1971). Utilization of the alga Spirulina as a protein source. Nutrition Reports International, 4(1), 31-43.

Brooks, G. A. (1985). Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research. Medicine and Science in Sports and Exercise, 17(1). https://doi.org/10.1249/00005768-198502000-00005

Calella, P., Cerullo, G., Di Dio, M., Liguori, F., Di Onofrio, V., Gallè, F., ve Liguori, G. (2022). Antioxidant, anti-inflammatory and immunomodulatory effects of spirulina in exercise and sport: A systematic review. Frontiers in Nutrition, 9. https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1048258

Ceylan, E. (2014). Cardiopulmonary exercise testing. Journal of Clinical and Experimental Investigations, 5(3). https://doi.org/10.5799/ahinjs.01.2014.03.0448

Chaouachi, M., Gautier, S., Carnot, Y., Bideau, N., Guillemot, P., Moison, Y., Collin, T., Vincent, S., veamp; Groussard, C. (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. https://doi.org/10.1080/19390211.2020.1832639

Chaouachi, M., Gautier, S., Carnot, Y., Guillemot, P., Pincemail, J., Moison, Y., Collin, T., Groussard, C., ve Vincent, S. (2022). Spirulina supplementation prevents exercise-induced lipid peroxidation, inflammation and skeletal muscle damage in elite rugby players. *Journal of Human Nutrition and Dietetics*, *35*(6), 1151-1163. https://doi.org/10.1111/jhn.13014

Ciferri, O. (1983). Spirulina, the edible microorganism. Microbiological Reviews, 47(4), 551–578. https://doi.org/10.1128/mr.47.4.551-578.1983

Cohen, Z., Reungjitchachawali, M., Siangdung, W., ve Tanticharoen, M. (1993). Production and partial purification of γ-linolenic acid and some pigments from spirulina platensis. Journal of Applied Phycology, 5(1), 109–115. https://doi.org/10.1007/bf02182428

Dartsch, P. C. (2008). Antioxidant potential of selected spirulina platensis preparations. Phytotherapy Research, 22(5), 627–633. https://doi.org/10.1002/ptr.2310

Elango, R. (2020). Methionine nutrition and metabolism: Insights from animal studies to ınform human nutrition. The Journal of Nutrition, 150, 2518–2523. https://doi.org/10.1093/jn/nxaa155.

Farrow, E. G., ve White, K. E. (2010). Recent advances in renal phosphate handling. Nature Reviews Nephrology, 6(4), 207–217. https://doi.org/10.1038/nrneph.2010.17

Fox, R. D. (1996). Spirulina: Production ve potential. Edisud.

Franca, G. A. M., Silva, A. S., Costa, M. J. C., Moura Junior, J. S., Nóbrega, T. K. S., Gonçalves, M. C. R., ve Asciutti, l. S. R. (2010). Spirulina does not decrease muscle damage nor oxdidative stress in cycling athletes with adequate nutritional status. Biology of Sport, 27(4), 249–253. https://doi.org/10.5604/20831862.927489

Friedman, M. (2018). Analysis, nutrition, and health benefits of tryptophan. International Journal of Tryptophan Research, 11, 117864691880228. https://doi.org/10.1177/1178646918802282

Furmaniak, M. A., Misztak, A. E., Franczuk, M. D., Wilmotte, A., Waleron, M., ve Waleron, K. F. (2017). Edible cyanobacterial genus Arthrospira: Actual state of the art in cultivation methods, genetics, and application in medicine. Frontiers in Microbiology, 8. https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.02541

Genç, Akkurt, S., Aydın, T., Yıldız, Y., Yağmur, H., ve Kalyon, T. A. (1999). Solunumsal eşik ve laktat eşiği arasındaki ilişiki. Spor Hekimliği Dergisi, 34, 37–45.

Gençoğlu, C., Demir, S. N., ve Demircan, F. (2021). Sporda beslenme ve ergojenik destek ürünleri: bir geleneksel derleme. Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi, 23(4), 56–99.

Gershwin, M. E., ve Belay, A. (Eds.). (2008). Spirulina in human nutrition and health. CRC Press.

Ghosh, A. K. (2004). Anaerobic threshold: Its Concept and role in endurance sport. The Malaysian Journal of Medical Science, 11(1), 24–36.

Griffith, R. S., Norins, A. L., ve Kagan, C. (1978). A multicentered study of lysine therapy in herpes simplex infection. Dermatology, 156(5), 257–267. https://doi.org/10.1159/000250926

Grillo, A., Salvi, L., Coruzzi, P., Salvi, P., ve Parati, G. (2019). Sodium intake and hypertension. Nutrients, 11(9), 1970. https://doi.org/10.3390/nu11091970

Grune, T., Lietz, G., Palou, A., Ross, A. C., Stahl, W., Tang, G., Thurnham, D., Yin, S., ve Biesalski, H. K. (2010). b-Carotene is an important vitamin a source for humans. The Journal of Nutrition, 140, 2268–2285. https://doi.org/10.3945/jn.109.119024.

Gurney, T., ve Spendiff, O. (2020). Spirulina supplementation improves oxygen uptake in arm cycling exercise. European Journal of Applied Physiology, 120(12), 2657–2664. https://doi.org/10.1007/s00421-020-04487-2

Gönder, M., ve Akbulut, G. (2014). Diyabette krom ve magnezyumun rolü. Beslenme ve Diyet Dergisi, 42(3), 252–259. 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. https://doi.org/10.1139/apnm-2021-0344

Günay, M., Tamer, K., ve Cicioğlu, İ. (2013). Maksimal aerobik güç. In İ. Cicioğlu (Ed.), Spor Fizyolojisi ve Performans Ölçümü (Vol. 3, pp. 515–542). Gazi Kitabevi.

Güneyli, U. (1976). Vitamin A: Tanımı etkinliği ve gereksinme. Beslenme ve Diyet Dergisi, 5(1), 55–66.

Gürdöl, F. (2015). Proteinler. In F. Gürdöl (Ed.), Tıbbi Biyokimya (pp. 77–98). Nobel Tıp Kitabevleri.

Han, F., Pang, X., Wang, Q., Liu, Y., Liu, L., Chai, Y., Zhang, J., Wang, S., Lu, J., Sun, L., Zhan, S., Wu, H., ve Huang, Z. (2020). Dietary serine and sulfate-containing amino acids related to the nutritional status of selenium in lactating Chinese women. Biological Trace Element Research, 199(3), 829–841. https://doi.org/10.1007/s12011-020-02204-w

Hazır, T., Kenney, W. L., Wilmore, J. H., ve Costill, D. L. (2021). Egzersiz için yakıt: biyoenerjetik ve kas metabolizması. In Spor ve Egzersiz Fizyolojisi (pp. 53–73)., Spor Yayınevi ve Kitabevi.

Heck, H., Mader, A., Hess, G., Mücke, S., Müller, R., ve Hollmann, W. (1985). Justification of the 4-mmol/L lactate threshold. International Journal of Sports Medicine, 06(03), 117–130. https://doi.org/10.1055/s-2008-1025824

Helgerud, J., Engen, L. C., Wisloff, U., ve Hoff, J. (2001). Aerobic endurance training improves soccer performance. Medicine ve Science in Sports ve Exercise, 1925–1932.

Henrikson, R. (1997). Earth Food Spirulina: How this remarkable blue-green algae can transform your health and our planet. Ronore Enterprises.

Henrikson, R. (2021). Spirulina World Food: How this micro algae can transform your health and our planet. Ronore Enterprises, Inc.

Hill, A. V., Long, C. N. H., ve Lupton, H. (1924). Muscular exercise, lactic acid and the supply and utilisation of oxygen.— parts VII–VIII. Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Containing Papers of a Biological Character, 97(682), 155–176. https://doi.org/10.1098/rspb.1924.0048

Hoseini, S. M., Khosravi-Darani, K., ve Mozafari, M. R. (2013). Nutritional and medical applications of spirulina microalgae. Mini-Reviews in Medicinal Chemistry, 13(8), 1231–1237. https://doi.org/10.2174/1389557511313080009

Howley, E. T., Bassett, D. R., & Welch, H. G. (1995). Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. Medicine & Science in Sports & Exercise, 27(9), 1292-1301. https://doi.org/10.1249/00005768-199509000-00009

Jinap, S., ve Hajeb, P. (2010). Glutamate. its applications in food and contribution to health. Appetite, 55(1), 1–10. https://doi.org/10.1016/j.appet.2010.05.002

Kalafati, M., Jamurtas, A. Z., Nikolaidis, M. G., Paschalis, V., Theodorou, A. A., Sakellariou, G. K., Koutedakis, Y. ve Kouretas, D. (2010). Ergogenic and antioxidant effects of spirulina supplementation in humans. Med Sci Sports Exerc, 42(1), 142-151. https://doi.org/10.1249/mss.0b013e3181ac7a45

Kalpana, K., Kusuma, D. L., Lal, P. R., ve Khanna, G. L. (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, 4(4). https://doi.org/10.29011/2575-7091.100039

Kalpana, K., Kusuma, D. L., Lal, P. R., ve Khanna, G. L. (2012). Effect of Spirulina on antioxidant status and exercise-ınduced oxidative stress of Indian athletes in comparison to a commercial antioxidant. Asian Journal of Exercise ve Sports Science, 9(2).

Karaarslan, T., Özdemir, E., ve Sungur, S. (2020). Bitkisel kaynaklı besin destek ürünleri ve ilaçlarla etkileşimleri. Yeni Yüzyıl Journal of Medical Sciences, 1(2), 10–20. https://doi.org/10.46629/jms.2020.7

Karabulut, H., ve Gülay, M. Ş. (2016). Antioksidanlar. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 1(1), 65–65. https://doi.org/10.24880/maeuvfd.260790

Kashani, A., Keshavarz, S. A., Jafari-Vayghan, H., Azam, K., Hozoori, M., Alinavaz, M., veamp; 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. https://doi.org/10.34172/ps.2022.9

Kılıç, C. (2008). Spirulina Platensis'in Çanakkale koşullarında havuzlarda üretimi ve biyokimyasal yapısında meydana gelen değişimler (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Çanakkale 18 Mart Üniversitesi.

Kreisberg, R. A. (1980). Lactate homeostasis and lactic acidosis. Annals of Internal Medicine, 92(2_Part_1), 227–237. https://doi.org/10.7326/0003-4819-92-2-227

Li, P., Yin, Y.-L., Li, D., Woo Kim, S., ve Wu, G. (2007). Amino acids and immune function. British Journal of Nutrition, 98(2), 237–252. https://doi.org/10.1017/s000711450769936x

Liu, R. H. (2003). Health benefits of fruit and vegetables are from additive and synergistic combinations of phytochemicals. The American Journal of Clinical Nutrition, 78(3). https://doi.org/10.1093/ajcn/78.3.517s

Lu, H.-K., Hsieh, C.-C., Hsu, J.-J., Yang, Y.-K., ve Chou, H.-N. (2006). Preventive effects of spirulina platensis on skeletal muscle damage under exercise-induced oxidative stress. European Journal of Applied Physiology, 98(2), 220–226. https://doi.org/10.1007/s00421-006-0263-0

Marino, G., Sannia, G., ve Rossa, F. (1996). Biochemistry of vitamin B6 and PQQ. Birkhäuser.

McInnis, K. J., Balady, G. J., Weiner, D. A., ve Ryan, T. J. (1992). Comparison of ischemic and physiologic responses during exercise tests in men using the standard and modified Bruce Protocols. The American Journal of Cardiology, 69(1), 84–89. https://doi.org/10.1016/0002-9149(92)90680-w

Milasius, K., Malickaite, R., ve Dadeliene, R. (2009). Effect of spirulina food supplement on blood morphological parameters, biochemical composition and on the immune function of sportsmen. Biology of Sport, 26(2), 157–172. https://doi.org/10.5604/20831862.890162

Neuberg, G. W. (1988). Cardiopulmonary exercise testing. Archives of Internal Medicine, 148(10), 2221. https://doi.org/10.1001/archinte.1988.00380100083018

Okuyucu, A., ve Alaçam, H. (2012). İyot metabolizması. Journal of Experimental and Clinical Medicine, 29(4S), 277–279. https://doi.org/10.5835/jecm.omu.29.s4.014

Orak, E., Yanardağ, R., ve Orak, H. (2000). Selenyum ve kalp hastalıkları ile ilişkisi. Türk Kardiyoloji Derneği Arşivi, 28, 230–238.

O'Leary, F., ve Samman, S. (2010). Vitamin B12 in health and disease. Nutrients, 2(3), 299–316. https://doi.org/10.3390/nu2030299

Ölmez, M., ve Polat, F. S. (2010). Beslenmede taurinin önemi. Ziraat Mühendisliği, 354, 34–41.

Özata, M. (2021). Tiamin mucizesi (1st ed.). Efe Akademi.

Özyarar, F., ve Ünal, M. (2019). Fiziksel aktivitelerde enerji kullanımı. In M. Ünal (Ed.), Egzersiz fizyolojisi (Vol. 1, pp. 125–131). İstanbul Tıp Kitabevleri.

Pappas, A., Tsiokanos, A., Fatouros, I., Poulios, A., Kouretas, D., Goutzourelas, N., Giakas, G., ve Jamurtas, A. (2021). The effects of spirulina supplementation on redox status and performance following a muscle damaging protocol. International Journal of Molecular Sciences, 22(7), 3559. https://doi.org/10.3390/ijms22073559

Paşaoğlu, H., Günay, M., Paşaoğlu, Ö. T., ve Keskin, K. (2019). Egzersiz biyokimyası spor, egzersiz, sağlık: insan performansının biyokimyasal temelleri (Vol. 1). Gazi Kitabevi.

Peechakara, B. V., ve Gupta, M. (2018). Vitamin B3. StatPearls Publishing.

Powers, H. J. (2003). Riboflavin (vitamin B-2) and health. The American Journal of Clinical Nutrition, 77(6), 1352–1360. https://doi.org/0.1093/ajcn/77.6.1352.

Rao, A. V., ve Rao, L. G. (2007). Carotenoids and human health. Pharmacological Research, 55, 207–216. https://doi.org/10.1016/j.phrs.2007.01.012

Sadeghi, R., Irandoust, K., ve Taheri, M. (2108). The effect of spirulina supplementation and combined aerobic-strength training on serum homocysteine of sedentary females. Asian Journal of Sports Medicine, 9(2). https://doi.org/10.5812/asjsm.79628.

Sandhu, J., Dheera, B., ve 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, 02(02), 79–86. https://doi.org/10.4103/1947-489x.210974

Schoeller, D. A. (2006). Bioelectrical impedance analysis what does it measure? Annals of the New York Academy of Sciences, 904(1), 159–162. https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2000.tb06441.x

Takeda, A. (2003). Manganese action in brain function. Brain Research Reviews, 41(1), 79–87. https://doi.org/10.1016/s0165-0173(02)00234-5

Tayfur, M. (1991). Kalsiyum. Beslenme ve Diyet Dergisi, 20, 251–255.

Ünal, M. (2019). Maksimum VO2 alımı ve anaerobik eşik kavramı. In M. Ünal (Ed.), Egzersiz Fizyolojisi (Vol. 1, pp. 133–140). İstanbul Tıp Kitabevleri.

Wang, W., Wu, Z., Dai, Z., Yang, Y., Wang, J., ve Wu, G. (2013). Glycine metabolism in animals and humans: Implications for nutrition and health. Amino Acids, 45(3), 463–477. https://doi.org/10.1007/s00726-013-1493-1

Wasserman, K., Whipp, B. J., Koyl, S. N., ve Beaver, W. L. (1973). Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. Journal of Applied Physiology, 35(2), 236–243. https://doi.org/10.1152/jappl.1973.35.2.236

Wu, G. (2009). Amino acids: Metabolism, functions, and nutrition. Amino Acids, 37(1), 1–17. https://doi.org/10.1007/s00726-009-0269-0

Wu, G., Bazer, F. W., Burghardt, R. C., Johnson, G. A., Kim, S. W., Knabe, D. A., Li, P., Li, X., McKnight, J. R., Satterfield, M. C., ve Spencer, T. E. (2010). Proline and hydroxyproline metabolism: Implications for animal and human nutrition. Amino Acids, 40(4), 1053–1063. https://doi.org/10.1007/s00726-010-0715-z

Yıldız, S. A. (2012). Aerobik ve anaerobik kapasitenin anlamı nedir?. Türkiye Solunum Araştırmaları Dergisi, 14(1), 1–8.

Yılmaz, H. K., Dikbaş, M. D., ve Bilgüven, M. (2016). Siyanobakterilerden elde edilen pigment maddeleri ve kullanım alanları. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 30(1), 139–155.

Yılmaz, İ. (2010). Antioksidan içeren bazı gıdalar ve oksidatif stres. İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi, 17(2), 143–153.

Zhang, Y., Zhang, Y., Wu, W., Xu, Y., Li, X., Qiu, Q., ve Chen, H. (2022). Effects on spirulina supplementation on immune cells' parameters of elite college athletes. Nutrients, 14(20), 4346. https://doi.org/10.3390/nu14204346

9. ÖZGEÇMİŞ

10. BİLİMSEL FAALİYETLER

Bildiri (Poster veya Sözel)

Yücer, Y. ve Ayça, İ. B. ve Özkasap, L. (2023, Haziran 24-25). Yüzücülerde yoğun antrenman programının serum mineral düzeylerine etkisi. 1th Bilsel International World Science and Research, İstanbul, Türkiye. *(Sözel Sunum)*

EKLER

EK 1. Gönüllü Bilgilendirme Formu

Gönüllü olmak istediğiniz çalışmanın adı "Spirulina Platensis Suplementasyonunun Maksimal Oksijen Tüketimi ve Laktik Asit Değerleri Üzerine Etkisinin İncelenmesi" dir. Bu çalışmanın amacı günümüzde popüler bir besin takviyesi olarak kullanılan Spirulina Platensis'in egzersiz yapan bir örneklem grubunda maksimal oksijen tüketimine olan etkisini incelemektir. Çalışma kapsamında sportif performans ölçüm laboratuvarında ortamında 6 hafta aralıklı olacak şekilde 2 kez Kardiyopulmoner Egzersiz Testine (KPET) katılmanız gerekmektedir.

Kardiyopulmoner Egzersiz Testi artan egzersiz yükü ile kullanabildiğiniz oksijen miktarını ölçmemize yarayan geçerli ve güvenilir bir testtir. KPET esnasında 4 kez parmak ucu veya kulak memenizde kan örnekleriniz alınacak ve laktik asit değerleriniz saptanacaktır. Laktik asit testi şeker ölçüm cihazı gibi kullanılan bir cihazla ufak bir kan içerisindeki laktik asit miktarını saptamaya yarayan basit ve zararsız bir testtir. 1. KPET testinizden sonra sizden, araştırmacı tarafından temin edilecek olan Spirulina Platensis takviyesini her gün 7,5 gram olacak şekilde kullanmanız istenecektir. Spirulina Platensis protein içeriği yüksek, antioksidan, organik bir gıda takviyesidir. Kullanım dozunuz "güvenli doz" aralığı içerisinde belirlenmiştir. Gıda takviyesi ile ilgili tüm bilgiler araştırmacı (Uzm. Dyt. Aslıhan ELMAS) tarafından sizinle paylaşılacaktır. Spirulina Platensis takviyesini güvenli doz içerisinde kullanımınız sonucu herhangi bir yan etki öngörülmemektedir. Ancak Spirulina Platensis'i kullanırken baş ağrısı, mide bulantısı, kusma, halsizlik, sussuzluk vb. sizi rahatsız eden tüm durumlarda takviye alımını durdurarak araştırmacıya (Lara ÖZKASAP) ulaşmanız önem arz etmektedir. Tedavi gerektiren bir durum içerisinde katılımcıdan hiçbir parasal yükümlülük talep edilmeyecek ve masraflar araştırmacı (Lara ÖZKASAP) tarafından karşılanacaktır.

Aynı zamanda aynı 6 hafta içerisinde araştırmacının 1.Test sonuçlarınız doğrultusunda planladığı egzersiz programını uygulamanız beklenmektedir. Planlanan egzersizin maksimal yükü, maksimal kalp atımı hızınızın %60-%70'ine denk gelecek şekilde olacağından egzersiz sonucu herhangi bir yaralanma veya yan etki öngörülmemektedir. Olası herhangi bir durum sonucu yaralanma veya yan etki gözlemlenirse çalışmadan çıkarılacaksınız. Tedavi gerektiren bir durum içerisinde katılımcıdan hiçbir parasal yükümlülük talep edilmeyecek ve masraflar araştırmacı (Lara ÖZKASAP) tarafından karşılanacaktır. 6 hafta sonunda 2. Kardiyopulmoner Egzersiz Testine katılmanız gerekmektedir.

Örneklem grubunu ortalama sağlıklı ve fiziksel aktif ancak üst düzey yarışmacı olmayan spor bilimleri fakültesi öğrencisi olan 40 gönüllüden oluşmasını beklemekteyiz. Belirttiğimiz çalışma boyunca herhangi bir yan etki ön görülmemiştir ancak olası herhangi bir durumda, istediğiniz anda ulaşabilmeniz adına araştırmacıların irtibat bilgileri sizinle paylaşılacaktır. Çalışma sonuçları çalışma bitiminde kimliğiniz açıklanmadan yalnızca adı geçen çalışma ile yayımlanabilecektir. Bu araştırmaya katılmanız tamamen gönüllülük esasına dayalıdır. Araştırmaya katılmayı reddedebilir, araştırma başladıktan sonra istediğiniz an sebep göstermeden araştırmadan çekilebilirsiniz.

EK 1. Gönüllü Bilgilendirme Formu(devamı)

Sizden araştırmacıları zor durumda bırakmamak adına;
- Egzersiz programına uy(a)madığınız,
- Kullanmanız istenilen takviyeyi kullan(a)madığınız,
- Araştırmadan çekilmek istediğiniz

durumlarda araştırmacıyı (Lara ÖZKASAP) bilgilendirmenizi rica ediyoruz. Katılımınız sonucu elde edeceğimiz sonuçlar bu konu ile ilgili sonradan yapılacak çalışmalara öncülük edecektir. Çalışma boyunca istenilen testler, egzersizler, besin takviyeleri vb. gereklilikler için sizden herhangi bir parasal yükümlülük talep edilmeyecektir.

EK 2. Katılımcı Beyanı

Araştırmacı Lara ÖZKASAP tarafından Marmara Üniversitesi (Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı, Spor Sağlık Bilimleri)'da tıbbi bir araştırma yapılacağı belirtilerek bu araştırma ile ilgili yukarıdaki bilgiler bana aktarıldı. Bu bilgilerden sonra böyle bir araştırmaya "katılımcı" (denek) olarak davet edildim.

Eğer bu araştırmaya katılırsam araştırmacılar ile aramda kalması gereken bana ait bilgilerin gizliliğine bu araştırma sırasında da büyük özen ve saygı ile yaklaşılacağına inanıyorum. Araştırma sonuçlarının eğitim ve bilimsel amaçlarla kullanımı sırasında kişisel bilgilerimin ihtimamla korunacağı konusunda bana yeterli güven verildi.

Projenin yürütülmesi sırasında herhangi bir sebep göstermeden araştırmadan çekilebilirim. Ancak araştırmacıları zor durumda bırakmamak için araştırmadan çekileceğimi önceden bildirmemim uygun olacağının bilincindeyim. Ayrıca tıbbi durumuma herhangi bir zarar verilmemesi amacıyla araştırmacı tarafından araştırmadan çıkartılabileceğimi de biliyorum. Araştırma için yapılacak harcamalarla ilgili herhangi bir parasal sorumluluk altına girmiyorum. Bana da bir ödeme yapılmayacaktır. İster doğrudan ister dolaylı olsun araştırma uygulamasından kaynaklanan nedenlerle meydana gelebilecek herhangi bir sağlık sorunumun ortaya çıkması halinde, her türlü tıbbi müdahalenin sağlanacağı konusunda gerekli güvence verildi. Bu tıbbi müdahalelerle ilgili olarak da parasal bir yük altına girmeyeceğimi biliyorum. Araştırma sırasında bir sağlık sorunu ile karşılaştığımda; herhangi bir saatte Lara ÖZKASAP'a İstanbul Üniversitesi- Cerrahpaşa Spor Bilimleri Fakültesi Hareket ve Antrenman Anabilim Dalı'nda ve 05********* nolu telefon aracılığı ile, Doç. Dr. İlker YÜCESİR'e İstanbul Üniversitesi- Cerrahpaşa Spor Bilimleri Fakültesi Spor Sağlık Anabilim Dalı'nda ve05********* numaralı telefon aracılığı ile ve Uzm. Sporcu Diyetisyeni Aslıhan Elmas'ı ********** adresinde ve 05********* telefon numarasından ulaşabileceğimi biliyorum. Bu araştırmaya katılmak zorunda değilim ve katılmayabilirim. Araştırmaya katılmam konusunda zorlayıcı bir davranışla karşılaşmış değilim. Eğer katılmayı reddedersem, bu durumun tıbbi bakımıma ve hekim ile olan ilişkime herhangi bir zarar getirmeyeceğini de biliyorum.

Bana yapılan tüm açıklamaları ayrıntılarıyla anlamış bulunmaktayım. Kendi başıma belli bir düşünme süresi sonunda adı geçen bu araştırma projesinde "katılımcı" (denek) olarak yer alma kararını aldım. Bu konuda yapılan daveti büyük bir memnuniyet ve gönüllülük içerisinde kabul ediyorum. İmzalamış bulunduğum bu form kâğıdının bir kopyası bana verilecektir.

EK 3. Gönüllü Onay Formu

Yukarıda gönüllüye araştırmadan önce verilmesi gereken bilgileri gösteren metni okudum. Bunlar hakkında bana yazılı ve sözlü açıklamalar yapıldı. Bu koşullarla söz konusu klinik araştırmaya kendi rızamla hiçbir baskı ve zorlama olmaksızın katılmayı kabul ediyorum. Çalışmaya katılımım esnasında çalışma gerekliliklerini yerine getiremeyecek şekilde sağlık problemim olmadığını beyan ederim.

Gönüllünün Adı-soyadı:

İmzası:

Adresi:

Telefon Numarası:

Velayet veya vesayet altında bulunanlar için;

Veli veya vasinin adı-soyadı:

İmzası:

Adresi:

Telefon Numarası:

Açıklamaları yapan araştırmacının
Adı-soyadı:

İmzası:

Rıza alma işlemine başından sonuna kadar tanıklık eden kuruluş görevlisinin

Adı-soyadı:

İmzası:

Görevi:

EK 4. Veri Toplama Formu

ADI SOYADI:
DOĞUM TARİHİ:
CİNSİYET:

ÖN TEST ÖLÇÜM TARİHİ: ...../...../.....

VÜCUT KOMPOZİSYONU	
Boy Uzunluğu (cm)	
Vücut Ağırlığı (kg)	
Vücut Kitle İndeksi (kg/m²)	
Yağ Kütlesi (kg)	
Vücut Yağ Oranı (%)	
Yağsız Vücut Kütlesi	
Vücut Su Oranı (%)	
Yağsız Yumuşak Doku (kg)	
İskelet Kası Kütlesi (kg)	

KARDİYOPULMONER EGZERSİZ TESTİ	
Maksimal Oksijen Tüketimi (VO_2max, ml/dk/kg)	
Maksimal Kalp Atım Hızı (HRmax)	
Solunum Değişim Oranı (RER, VO_2:VCO_2:)	

LAKTİK ASİT DEĞERİ (mmol/ L)	
1. Ölçüm	
2. Ölçüm	
3. Ölçüm	
4. Ölçüm	

SON TEST ÖLÇÜM TARİHİ:
...../...../.....

VÜCUT KOMPOZİSYONU	
Boy Uzunluğu (cm)	
Vücut Ağırlığı (kg)	
Vücut Kitle İndeksi (kg/m²)	
Yağ Kütlesi (kg)	
Vücut Yağ Oranı (%)	
Yağsız Vücut Kütlesi	
Vücut Su Oranı (%)	
Yağsız Yumuşak Doku (kg)	
İskelet Kası Kütlesi (kg)	

KARDİYOPULMONER EGZERSİZ TESTİ	
Maksimal Oksijen Tüketimi (VO_2max, ml/dk/kg)	
Maksimal Kalp Atım Hızı (HRmax)	
Solunum Değişim Oranı (RER, VO_2:VCO_2:)	

LAKTİK ASİT DEĞERİ (mmol/ L)	
1. Ölçüm	
2. Ölçüm	
3. Ölçüm	
4. Ölçüm	

EK 5. Etik Kurul Onay Formu