Araştırma Makalesi
Research Article

Adnan Menderes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi 2026: 10(3); 443-461
Journal of Adnan Menderes University Health Sciences Faculty
doi: 10.46237/amusbfd.1992523

Pancar Suyu Tüketiminin Erkek Voleybolcuların Aerobik ve Anaerobik Performansı Üzerine Etkisi

The Effect of Beetroot Juice Consumption on Aerobic and Anaerobic Performance in Male Volleyball Players

Gizem ÇETİNKAYA[1 A,C,D,E,F], Duygu KAYA BİLECENOĞLU[1 A,B,F,G], Esin ERGİN[2 B,G]

[1]Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Aydın, Türkiye

[2] Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Antrenörlük Eğitimi Bölümü, Aydın, Türkiye

ÖZ

Amaç: Bu çalışmanın amacı, pancar suyunun voleybolculardaki aerobik ve anaerobik performans üzerine etkilerini belirlemektir.

***Yöntem*:** Çift kör, plasebo kontrollü ve çapraz tasarımla yürütülen çalışmaya, elit olmayan 11 erkek voleybolcu katılmıştır. Çalışma başında sporcuların antropometrik ölçümleri alınmış ve sosyodemografik bilgiler için anket formu doldurmaları istenmiştir. Sporcular altı gün boyunca günlük 140 mL konsantre pancar suyu (~12.8 mmol nitrat) veya plasebo tüketmiştir. Katılımcıların anaerobik performanslarının değerlendirilmesi amacıyla dikey sıçrama ve yaylanarak sıçrama yükseklik değerleri ile kan laktat düzeyleri ölçülmüştür. Aerobik performansları ise Yo-Yo Intermittent Recovery Test Level 1 (Yo-Yo IR1) testi ve VO_2max değerleri ile değerlendirilmiştir. Verilerin analizinde lineer karma modeller kullanılmıştır. Anlamlılık düzeyi $p<0.05$ olarak kabul edilmiştir.

Bulgular: Çalışma sonucunda, pancar suyu ile plasebo koşullarındaki dikey sıçrama yükseklik ortalamaları sırasıyla 44.4 ± 5.9 cm ve 46.8 ± 6.9 cm olup, plasebo yönünde anlamlı bir fark bulunmuştur (β = -2.74, p = 0.011). Yaylanarak sıçrama yüksekliği pancar suyu koşulunda 53.5 ± 5.1 cm, plasebo koşulunda 55.5 ± 6.0 cm olup; fark istatistiksel olarak anlamlı değildir (p = 0.051). Yo-Yo IR1 testi mesafeleri (Pancar suyu: 692.7 ± 253.3 m, Plasebo: 698.2 ± 261.9 m) arasında anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p > 0.05$). VO_2max değerleri, pancar suyu koşulunda 42.2 ± 2.1 ml/kg/dk, plasebo koşulunda 42.3 ± 2.2 ml/kg/dk olarak hesaplanmıştır. Kan laktat düzeylerinde zaman ana etkisi anlamlı bulunmuş ($p < 0.001$), ancak müdahale ve sıra etkileri anlamlı bulunmamıştır ($p > 0.05$).

Sonuç: Kronik pancar suyu tüketiminin elit olmayan erkek voleybolcularda aerobik ve anaerobik performans parametreleri üzerinde plaseboya kıyasla anlamlı bir ergojenik etkisi bulunmamıştır.

Anahtar kelimeler: Ergojenik destek, Nitrat, Pancar suyu, Sporcu beslenmesi, Voleybol.

ABSTRACT

Objective: The aim of this study was to determine the effects of beetroot juice on aerobic and anaerobic performance in volleyball players.

Methods: Eleven, non-elite male volleyball players participated in this double-blind, placebo-controlled, cross-over study. First, the athletes' complete a questionnaire regarding sociodemographic information and their anthropometric measurements were taken. The athletes consumed either 140 mL/day of concentrated beetroot juice (~12.8 mmol nitrate) or a placebo for six days. To evaluate anaerobic performance, vertical jump and countermovement jump heights, as well as blood lactate levels, were measured. Aerobic performance was assessed using the Yo-Yo IR1 and VO_2max values. Linear mixed models were used for data analysis. The significance level was set at $p<0.05$.

Sorumlu Yazar: Duygu KAYA BİLECENOĞLU
Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Aydın, Türkiye
dbilecenoglu@adu.edu.tr
*Bu çalışma birinci yazarın Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü 28/06/2019 tarihinde kabul edilen ve YÖK Ulusal Tez Merkezi'nde 557532 tez numarası ile yayımlanan yüksek lisans tezinden üretilmiştir.
Geliş Tarihi: 14.07.2026 – Kabul Tarihi: 12.08.2026
Yazar Katkıları: A) Fikir/Kavram, B) Tasarım, C) Veri Toplama ve/veya İşleme, D) Analiz ve/veya Yorum, E) Literatür Taraması, F) Makale Yazımı, G) Eleştirel İnceleme

Results: Mean vertical jump heights were 44.4 ± 5.9 cm for the beetroot juice and 46.8 ± 6.9 cm for the placebo condition, revealing a significant difference favoring the placebo (β = -2.74, p = 0.011). Countermovement jump heights were 53.5 ± 5.1 cm in the beetroot juice and 55.5 ± 6.0 cm in the placebo conditions; the difference was not statistically significant (p = 0.051). No significant difference was found between Yo-Yo IR1 test results (Beetroot juice: 692.7 ± 253.3 m, Placebo: 698.2 ± 261.9 m) (p > 0.05). VO_2max values for beetroot juice and placebo conditions were calculated as 42.2 ± 2.1 ml/kg/min and 42.3 ± 2.2 ml/kg/min, respectively. A significant main effect of time was observed for blood lactate levels (p < 0.001), whereas the effects of intervention and order were not significant (p > 0.05).

Conclusion: Chronic beetroot juice consumption did not yield a significant ergogenic effect on aerobic and anaerobic performance parameters in non-elite male volleyball players compared to placebo.

Keywords: Ergogenic aid, Nitrate, Beetroot juice, Sports nutrition, Volleyball.

1. GİRİŞ

Beslenme, yaşamın tüm evrelerinde bireyin sağlığını ve fizyolojik fonksiyonlarını doğrudan etkileyen temel bir faktördür. Sporcularda performansın belirlenmesinde genetik yatkınlık, uygun ve planlı antrenman programları, psikolojik durum ve beslenme alışkanlıkları önemli rol oynamaktadır. Antrenman programlarının bilimsel temellere dayalı uygun bir beslenme planı ile desteklenmesi, sporcuların dayanıklılık düzeylerini ve genel atletik performanslarını artırmaktadır (1). Beslenmenin yanısıra, sportif performansın artırılmasına yönelik yaklaşımlara olan ilgi giderek artmış ve bu doğrultuda çeşitli besinsel destekler ön plana çıkmıştır. Sporda performansı iyileştirebilen, antrenmana uyum yeteneğini geliştirebilen herhangi bir antrenman tekniği, mekanik ekipman, beslenme uygulaması, farmakolojik veya psikolojik yöntemlerin tümü ergojenik yardımcılar olarak tanımlanmaktadır. Performansı artırmak amacıyla antrenmana ek olarak katkıda bulunan ve doping olarak kabul edilmeyen organik ve inorganik bileşikler, vitaminler ve çeşitli besin ögeleri maddeler ise besinsel ergojenik desteklerdir (2). Bu destekler arasında yer alan diyetle alınan nitrat, özellikle son dönemde dikkat çeken bileşenlerden biri olmuştur. Nitrat suplementasyonunun vazodilatasyon yoluyla kaslara oksijen taşınımını artırdığı, oksijen kullanımını daha verimli hale getirdiği ve buna bağlı olarak dayanıklılık performansını geliştirdiği çeşitli çalışmalarda gösterilmiştir (3-5).

Nitrat, günlük beslenmede farklı gıdalar aracılığıyla alınabilmekte olup, özellikle bazı sebzelerde yüksek konsantrasyonlarda bulunmaktadır. Bu sebzeler arasında yer alan kırmızı pancar (*Beta vulgaris* L.), yüksek nitrat içeriği ile öne çıkmaktadır ve uzun yıllardır farklı mutfak kültürlerinde tüketilmektedir (6). Kırmızı pancarın kök ve yaprakları besinsel olarak tüketilebilmekle birlikte pancar suyu sporcular tarafından besinsel ergojenik destek olarak kullanılmaktadır (7). Ayrıca kırmızı pancar nitrat içeriğinin yanında, başta betalainler (betasiyanin ve betaksantin), polifenoller gibi bir çok biyoaktif bileşen içermektedir. Bu bileşenler, pancarın antioksidan, antiinflamatuvar ve damar koruyucu aktivite gibi çalışmalarda da yer alarak öne çıkmasını sağlamıştır (8). Son yıllarda pancar suyunun fizyolojik ve metabolik etkilerine yönelik bilimsel çalışmaların sayısında belirgin bir artış gözlenmiştir. Bu çalışmaların önemli bir kısmı spor performansı üzerine odaklanmaktadır (9).

Pancar suyu ve ergojenik etkiden sorumlu bileşik nitrat, Dünya Anti-Doping Ajansı (WADA) tarafından güncel yasaklı maddeler listesinde yer almamakta olup, bu yönüyle sporcular için güvenli ve yasal bir besinsel destek olarak kabul edilmektedir (10). Bu nedenle hem performans artırıcı etkileri hem de uzun dönem sağlık üzerine potansiyel katkıları açısından yaygın olarak kullanılmaktadır (11). Diyetle alınan nitratın biyolojik etkisi, vücutta

nitrite ve ardından nitrik okside (NO) dönüşmesiyle ortaya çıkmaktadır (12). Nitrik oksit, güçlü bir vazodilatör olarak damar genişlemesine yol açmakta ve kan basıncını düşürücü etki göstermektedir (13). Bu mekanizma nedeniyle nitratın kardiyovasküler sistem üzerindeki etkileri de araştırılmış ve özellikle hipertansiyon üzerinde olumlu sonuçlar elde edilmiştir (14,15). Pancar suyunun temel etki mekanizması olan nitrik oksit üretiminin, çeşitli spor branşlarında kaslara giden kan akışını artırarak oksijen kullanımını optimize ettiği tespit edilmiştir (13). Bu mekanizma özellikle dayanıklılık egzersizlerinde avantaj sağlarken, kısa süreli ve yüksek şiddetli egzersizlerde belirleyici olan anaerobik metabolizma üzerindeki etkileri değişkenlik göstermektedir (16).

Spor performansı, enerji üretiminde kullanılan aerobik ve anaerobik metabolik sistemlerin etkileşimine bağlıdır. Anaerobik enerji sistemi, kısa süreli ve yüksek şiddetli egzersizlerde (örneğin patlayıcı kuvvet gerektiren aktivitelerde) baskın rol oynarken, aerobik sistem daha uzun süreli egzersizlerde enerji üretimini sürdürmektedir (17). Bu bağlamda spor branşına özgü enerji sistemi gereksinimleri, performans belirleyicileri açısından önem taşımaktadır. Pancar suyunun sporcu performansı üzerine etkisi konusunda yapılan çalışmalarda, günlük yaklaşık 4.2–16.8 mmol aralığında nitrat içeren pancar suyu tüketiminin herhangi bir olumsuz yan etkiye neden olmadığı bildirilmiştir (18). Farklı spor branşlarında, elit ve elit olmayan sporcular üzerinde gerçekleştirilen araştırmalarda pancar suyunun performans üzerindeki etkileri çeşitli testlerle değerlendirilmiştir. Bu kapsamda aerobik performans üzerindeki etkileri için koşu testleri, yorgunluk sınırı testi, Yo-Yo kesikli toparlanma testleri; anaerobik performans üzerindeki etkileri için sıçrama testleri ve rampa testleri, sprint aralıklı ve yüksek yoğunluklu interval antrenmanlar (HIIT) gibi ölçüm yöntemleri ile testler sonrası kan laktat düzeyi ölçümleri kullanılmıştır (5,16,19-20). Elde edilen bulgular sonucunda, pancar suyu aracılığıyla alınan nitratın farklı spor branşlarında performansı iyileştirdiği, spor sonrası toparlanma sürelerini kısalttığı saptanmıştır (21-24).

Voleybol, oyun süresinin değişkenlik gösterebilmesi, şiddetli ve ani sıçrama, sprint ve yön değiştirme hareketlerini içermesi nedeniyle hem aerobik hem de anaerobik enerji sistemlerinin birlikte kullanıldığı bir takım sporudur (25). Bu nedenle voleybolcularda performansı artırmaya yönelik besinsel ergojenik desteklerin etkisinin değerlendirilmesi önemlidir (26) Literatürde nitrattan zengin pancar suyunun farklı spor branşlarındaki performans üzerine etkilerini sunan çok fazla çalışma bulunmasına rağmen, voleybol oyuncuları üzerindeki etkileri hakkında yeterli çalışma bulunmamaktadır (27,28). Bu çalışma, pancar suyu tüketiminin elit düzeyde olmayan erkek voleybolculardaki etkilerini ortaya koyan ilk çalışmadır.

2. GEREÇ VE YÖNTEMLER

Araştırmanın Türü

Bu çalışma randomize, çift kör, plasebo kontrollü ve çapraz deneysel bir tasarımda yürütülmüştür.

Araştırmanın Evreni ve Örneklemi

Araştırmanın evrenini voleybol branşındaki sporcular oluşturmaktadır. Örneklem grubuna dahil edilecek sporcu sayısı için hesaplama G*Power (v3.1.9.7) programı kullanılarak

gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın çapraz (crossover) tasarımı dikkate alınarak bağımlı gruplarda ortalamalar arası fark için güç analizi yapılmıştır. Orta düzey (Cohen's d = 0.5) etki büyüklüğü, α = 0.05 ve güç (1-β) = 0.80 alınmış olup, minimum örneklem büyüklüğü 9 kişi olarak bulunmuştur. Olası kayıplar düşünülerek %15 ekleme yapıldığında toplam örneklem hacmi 11 olarak belirlenmiştir. Örneklem grubu Aydın Adnan Menderes Üniversitesi erkek voleybol takımında oynayan sporculardan oluşmuştur. Çalışmaya elit olmayan (milli/profesyonel kategoride olmayan) 12 erkek voleybolcu dahil edilmiş olup bir kişinin çalışma onayı alma aşamasında, çalışmayı etkileyebilecek uzun süreli bir ilaç kullandığının öğrenilmesi nedeniyle çalışma 11 sporcu ile tamamlanmıştır. Basit randomizasyon tekniği ile 11 sporcu için iki farklı uygulama sırası atanmıştır. Uygulama sırası, çift kör tasarım gereği çalışmayı gerçekleştirenlerden ve sporculardan gizli tutulmuştur.

Veri Toplama Araçları

Katılımcıların patlayıcı güç ve reaktif kuvvet performansları dikey sıçrama ve yaylanarak sıçrama testleriyle belirlenmiştir. Sporcuların müsabaka içi kesikli eforlara karşı gösterdiği fonksiyonel dayanıklılık ve aerobik adaptasyon düzeyleri ise voleybolcuların fiziksel kapasite takibinde geçerliliği kabul edilen Yo-Yo IR1 testi kullanılarak ölçülmüştür.

Sporcuların vücut analizleri (boy, kilo, vücut yağ ve kas değerleri) için Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Antropometrik Analiz Laboratuvarı'nda bulunan InBody 370 S Bioelektrik İmpedans Analiz cihazı kullanılmıştır. Çalışmada uygulanan testler (sıçrama testleri ve Yo-Yo IR1) Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi Spor Salonu'nda gerçekleştirilmiştir. Sıçrama testleri (dikey sıçrama, yaylanarak sıçrama) için, sporcunun havada kalış süresini ölçerek dikey sıçrama yüksekliğini ve patlayıcı kuvvetini belirlemeyi sağlayan Smartspeed sıçrama matı ve el bilgisayarı (Fusion Sport, Avusturya) kullanılmıştır. Kan laktat testi, sporcularda yüksek yoğunluklu egzersizler sırasında ve sonrasında anaerobik enerji sisteminin yan ürünü olarak kanda biriken laktik asit konsantrasyonunu (mmol/L) belirlemek amacıyla yapılan invaziv bir ölçüm yöntemidir (29). Yo-Yo IR1 testi öncesi ve sonrasında işaret parmak ucundan steril bir lansetle bir damla kan alınarak ölçülmüştür. Ölçüm için Lactate Scout cihazı ve ona uyumlu stripler kullanılmıştır. Maksimal oksijen tüketimi (VO_2max) bireyin kademeli artan bir egzersiz testi sırasında kasları tarafından bir dakika içinde kullanabildiği maksimum oksijen miktarını (ml/kg/dk) ifade etmektedir ve aerobik kapasitenin en net göstergelerinden biridir (30). Bu değer doğrudan laboratuvar ortamında gaz analizörlü maskelerle ölçülebildiği gibi, saha koşullarında uygulanabilirliği artırmak amacıyla bazı test parametreleri aracılığıyla indirekt olarak da hesaplanabilmektedir. Bu çalışmada sporcuların VO_2max değeri, Bangsbo ve ark. (2008) tarafından belirlenen formül kullanılarak hesaplanmıştır (31):

VO_2Max (ml/kg/dk) = Yo-Yo IR1 testi koşu mesafesi (m) × 0.0084 + 36.4

Bu çalışma için VO_2max değerleri, bağımsız bir sonuç değişkeni olmayıp yalnızca tanımlayıcı bir tahmin olarak sunulmuştur.

Dikey Sıçrama Testi

Sporcularda anaerobik kapasitenin tespiti ve voleybolcularda fonksiyonel performansın pratik olarak değerlendirilmesinde dikey sıçrama testleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Test,

katılımcının yer çekimine karşı dikey düzlemde üretebildiği maksimum gücü ve sıçrama yüksekliğini ölçmeyi amaçlar (32). Sporcular çift ayakla sıçrama matı üzerinde, hiç adım almadan ve sıçrama anında ayak kaydırmadan tüm güçleriyle dikey olarak zıplamışlardır. Elde edilen yükseklik değerleri santimetre biriminde cihaza yansımıştır. Her katılımcı testi üç kez tekrar etmiş, elde edilen en yüksek değer dikey sıçrama skoru olarak kayda geçirilmiştir. Sporcular her tekrardan önce dinlendirilmiş ve hazır olana kadar bekletilmiştir.

Yaylanarak Sıçrama

Katılımcının elleri kalçada sabitken, dikey sıçrama öncesi hızlı bir eksantrik diz bükme hareketi yaparak en yüksek noktaya sıçramasını içeren ve anaerobik performansı ölçen dinamik bir güç testidir (33). Sporcular sıçrama matı üzerinde eller kalçada olacak şekilde dik bir postürde hazır olduktan sonra test sinyaliyle birlikte hızla dizlerini yaklaşık 90 derece bükülü pozisyona getirdikten sonra hızla sıçrama gerçekleştirmişlerdir. Elde edilen yükseklik değerleri santimetre biriminde cihaza yansımıştır. Her katılımcı testi üç kez tekrar etmiş, elde edilen en yüksek değer yaylanarak sıçrama skoru olarak kayda geçirilmiştir. Sporcular her tekrardan önce dinlendirilmiş ve hazır olana kadar bekletilmiştir.

Yo-Yo IR1 Testi

Voleybol maçlarındaki dinamiklere benzer şekilde sporcuların ardışık yüksek şiddetli eforlar sonrasındaki aerobik toparlanma kapasitesini ölçen artırmalı bir saha testidir (34). Bu test işaretlenmiş başlama, dönme ve bitiş çizgileri arasında tekrarlı ve gittikçe artan hızlarda 2x20 metrelik koşular içermektedir. Koşuların başlangıç ve bitişi sesli uyarı sistemi ile kontrol edilir. Sporcu tükendiğinde ya da iki kez bitiş çizgisine ulaşamadığında test sonlanır ve tamamlanan toplam koşu mesafesi kaydedilir (35).

Veri Toplama

Çalışma Kasım 2018-Temmuz 2019 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya başlamadan önce gönüllülere çalışma anlatılmış ve tüm katılımcılardan yazılı bilgilendirilmiş onam alınmıştır.

Yapılan planlı ilk görüşmede çalışma planı hakkında bilgilendirme yapılmıştır. Buna göre sporculardan çalışma boyunca herhangi bir ilaç veya takviye kullanmamaları ayrıca nitratın ağız içi bakteriler tarafından nitrite indirgenmesine engel olması nedeniyle antibakteriyel gargaralardan uzak durmaları istenmiştir (36). Çalışmada tüketilen nitrat miktarın çalışma için optimum düzeyde standardize edilmesi için katılımcılara nitrat içeriği yüksek besinler liste halinde verilip çalışma boyunca bu besinleri tüketmemeleri istenmiştir. Bu besinleri tüketip tüketmediklerinin kontrolünü sağlamak amacıyla her görüşmenin başında tek günlük geriye dönük 24 saatlik besin tüketim kayıtları alınmıştır.

Protokol ve Zaman Akışı

Çalışma çift kör, plasebo kontrollü ve çapraz geçişli araştırma desenine uygun olarak yürütülmüştür. Araştırma takvimi ve iş akışı şu kronolojik sırayla gerçekleştirilmiştir:

Aşama 1 (Temel Ölçümler). Çalışmanın başında tüm sporcuların antropometrik verileri kaydedilmiş ve müdahale öncesi performans test ölçümleri tamamlanmıştır. Bu ölçümler katılımcıları tanımlamak ve test prosedürüne alıştırmak amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Aşama 2 (1. Müdahale Dönemi). Katılımcılar randomize olarak iki gruba ayrılmıştır. Sporcular 6 gün boyunca, her gün aynı saatte olacak şekilde konsantre pancar suyu veya nitratı uzaklaştırılmış pancar suyu (plasebo) tüketmişlerdir. 6. günün sonunda, son içecek alımından 2,5 saat sonra olacak şekilde performans testleri tekrarlanmıştır.

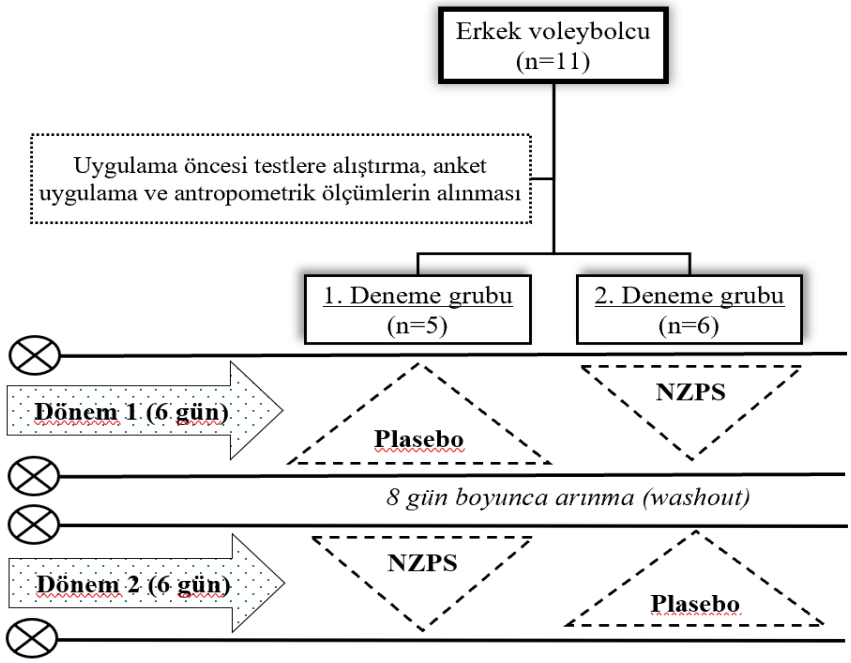
Aşama 3 (Arınma Dönemi). İlk müdahalenin olası etkilerini ortadan kaldırmak amacıyla katılımcılara sekiz günlük bir arınma süresi uygulanmıştır.

Aşama 4 (2. Müdahale Dönemi). Arınma süresi sonunda gruplar çaprazlanmış (katılımcılar alternatif müdahale içeceğine geçirilmiş) ve yine 6 gün boyunca günlük içecek tüketimi sağlanmıştır. 6. günün sonunda son içecek alımından 2.5 saat sonra son performans ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

Test Günü Uygulama Protokolü

Sporcuların testten 48 saat önce ağır egzersiz yapmamaları, 12 saat önce kafeinli içecek tüketmemeleri ve 24 saat önce alkol tüketmemeleri istenmiştir. Öğrenme etkisini ve çevresel etkenleri standardize etmek amacıyla tüm testler, çalışma boyunca her sporcu için günün aynı saatinde uygulanmıştır. Test oturumunda sırasıyla şu adımlar izlenmiştir:

Katılımcılar test öncesinde ısınmaya yönelik kısa süreli genel yürüyüş/koşu gerçekleştirmiştir. Ardından farklı kas gruplarına yönelik 10 dakikalık statik/dinamik germe egzersizlerinden oluşan standardizasyon süreci tamamlanmıştır. Test esnasında olası yorgunluk transferini önlemek amacıyla, her bir performans testi arasında sporculara tam dinlenme arası verilmiştir. (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma Tasarımı. (⊗ : Test ve ölçümlerin yapıldığı zamanlar, NZPS: Nitrattan zengin pancar suyu)

Çalışmada pancar suyu olarak, James White Drinks (İngiltere) firması tarafından geliştirilen ve her bir 70 ml'lik pastörize ünitesinde 400 mg (~6.4 mmol) nitrat konsantrasyonuna sahip "Beet It Sport Nitrate 400" konsantre içeceği kullanılmıştır. Sporcular için özel olarak üretilen bu ürün sporcuların mide-bağırsak konforunu bozmayacak şekilde düşük hacimde maksimum nitrat dozu sağlamak üzere dizayn edilmiştir. Bu sayede sporcular hacimce fazla sıvı almadan nitrattan zengin pancar suyu tüketebilmektedir. Araştırmanın çift kör yapısını korumak adına, plasebo grubu için aynı firma tarafından aynı organoleptik özelliklere (tat, koku, renk ve şişe tasarımı) sahip fakat nitrat bileşenleri tamamen uzaklaştırılmış olan konsantre pancar suyu tedarik edilmiştir. Ürünün 100 ml'lik besinsel profili 437 kJ/103 kkal enerji, 0.2 g yağ, 22 g karbonhidrat (20 g'ı şekerlerden gelir), 3.6 g protein ve 0.3 g tuz şeklindedir.

Verilerin Değerlendirilmesi

Verilerin istatistiksel analizi IBM SPSS 22.0 for Windows (IBM Corp., Armonk, NY, ABD) yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tanımlayıcı veriler ortalama ± standart sapma ve alt-üst değerler şeklinde sunulmuştur. Verilerin normal dağılıma uygunluğu Shapiro-Wilk testi ile değerlendirilmiştir. Pancar suyu ve plasebo koşullarından elde edilen dikey sıçrama, yaylanarak sıçrama, Yo-Yo IR1 koşu mesafesi, ve kan laktat düzeylerinin analizinde lineer karma modeller (Linear Mixed Models - LMM) kullanılmıştır. Sporcuların tekrarlı ölçümleri (pancar suyu x plasebo) arasındaki bağımlılığı ve bireysel varyasyonları kontrol etmek amacıyla "katılımcı" rastgele etki olarak modele dahil edilmiştir. Modelde müdahale türü (pancar suyu x plasebo), dönem (1. Dönem x 2. Dönem) ve sıra etkisi (pancar-plasebo x plasebo-pancar) sabit etkiler olarak tanımlanmıştır. Analizler kısıtlı maksimum olabilirlik (REML) yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. İstatistiksel anlamlılık düzeyi $p<0.05$ olarak kabul edilmiştir.

Araştırmanın Etik Yönü

Araştırma için, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından 2018/44 protokol numaralı çalışma olarak 01.08.2018 tarihli 92340882-050.04.04 sayılı kararı ile etik kurul onayı alınmıştır. Ayrıca 16.10.2018 tarihinde Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi Dekanlığı'ndan, cihazların kullanımı ile egzersiz ve testlerin spor salonunda yapılabilmesi için gerekli izin alınmıştır. Araştırmaya dahil edilen sporculara araştırma ile ilgili bilgi verilmiş ve yazılı onamları alınmıştır. Araştırma Helsinki Bildirgesi kurallarına uygun olarak yürütülmüştür.

3. BULGULAR

Sporcuların yaş ortalaması 20.73 ± 1.42; boy ortalaması 185.1 ± 6.70 cm ve vücut ağırlığı ortalaması 78.0 ± 10.38 kg olarak bulunmuştur. Vücut ağırlığının boyun karesine bölünmesiyle elde edilen sporcuların beden kütle indeksi (BKİ) değeri ortalama 22.83 ± 3.41 kg/m^2'dir. Voleybolcuların ortalama vücut yağ oranı %11.05 ± 5.5; ortalama yağsız vücut kütlesi ise 69.1 ± 7.67 kg olarak hesaplanmıştır. Sporcular ortalama 8.6 ± 2.20 yıldır sporla

uğraşmaktadır. Haftanın 4 günü antrenman yapmakta ve bu antrenmanlar ortalama 2.9 ± 0.3 saat sürmektedir (Tablo 1).

Tablo 1. Sporcuların Demografik Bilgileri (n:11)

Değişkenler	Ortalama ± SS	Alt	Üst
Yaş (yıl)	20.7 ± 1.42	18	23
Boy (cm)	185.1 ± 6.70	172	193
Ağırlık (kg)	78.0 ± 10.38	71.8	95.1
BKİ (kg/m^2)	22.8 ± 3.41	17.7	31.1
Vücut yağ oranı (%)	11.1 ± 5.50	4.8	23.6
Yağsız vücut kütlesi (kg)	69.1 ± 7.67	57.3	86
Spor geçmişi (yıl)	8.6 ± 2.20	6	13

SS: Standart sapma

Katılımcıların pancar suyu tüketimi koşulunda dikey sıçrama yüksekliği ortalaması 44.4 ± 5.92 cm iken, plasebo tüketimi koşulunda dikey sıçrama yüksekliği ortalaması 46.8 ± 6.92 cm'dir (Tablo 2).

Tablo 2. Sporcuların Pancar Suyu ve Plasebo Koşullarındaki Değişken Değerleri

Değişken	Pancar suyu Ortalama ± SS (Alt-Üst)	Plasebo Ortalama ± SS (Alt-Üst)
Dikey sıçrama yüksekliği (cm)	44.4 ± 5.92 (38.7-55.2)	46.8 ± 6.92 (37.5-56.4)
Yaylanarak sıçrama yüksekliği (cm)	53.5 ± 5.1 (45.9-61.5)	55.5 ± 6.0 (47.6-67.1)
YoYoIR1 (m)	692.7 ± 253.3 (400-1220)	698.2 ± 261.9 (360-1200)
VO_2max (ml/kg/dk)	42.2 ± 2.1 (39.8 - 46.6)	42.3 ± 2.2 (39.4 - 46.5)
Kan laktat düzeyi (mmol/L) (Test öncesi)	1.86 ± 0.37 (1.4-2.6)	1.93 ± 0.95 (1.3-4.5)
Kan laktat düzeyi (mmol/L) (Test sonrası)	12.38 ± 2.55 (9.5-16.4)	11.50 ± 2.75 (8.1-16.0)

SS: Standart sapma

LMM sonuçlarına göre, pancar suyu koşulu ile plasebo koşulu arasında dikey sıçrama yüksekliği açısından dönem ve sıra etkileri kontrol edildikten sonra istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmıştır (β = -2.74, t = -2.536, p = 0.011, %95 GA [-4.86; -0.62]). Negatif β katsayısı, pancar suyu koşulunda dikey sıçrama değerlerinin plaseboya kıyasla daha düşük olduğunu göstermektedir (Tablo 3).

Yaylanarak sıçrama yüksekliği ortalamaları pancar suyu tüketimi sonrası 53.5 ± 5.1 cm iken plasebo tüketimi sonrası 55.5 ± 6.0 cm olarak bulunmuştur (Tablo 2). Müdahale etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı gözlenmiştir (β = -2.02, t = -1.951, p = 0.051, %95 GA [-4.06; 0.01]). İki koşul arasında dönem ve sıra etkileri istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (sırasıyla p=0.747, p=0.239) (Tablo 3).

Pancar suyu ve plasebo koşullarındaki ham Yo-Yo IR1 mesafe ortalamaları sırasıyla 692.7±253.3 m ve 698.2±261.9 m'dir (Tablo 2). Müdahale etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir (β = 1.67, t = 0.059, p = 0.953, %95 GA [-53.27; 56.60]). Buna karşılık, müdahaleden bağımsız olarak ikinci dönemde Yo-Yo IR1 mesafe ortalaması 78.33 m daha yüksektir

(β=78.33, t=2.80, p=0.005, %95 GA [23.40, 133.27]). Sıra etkisi anlamlı değildir (p=0.124) (Tablo 3).

Tablo 3. Sporcuların Performans Değişkenlerine ait Lineer Karma Model (LMM) Sonuçları

Bağımlı Değişken	Sabit etkiler*	β	SH	t	p	%95 GA
Dikey Sıçrama (cm)	Sabit	47.13	2.59	18.18	<0.001	[42.05, 52.21]
	Müdahale (Pancar)	-2.74	1.08	-2.54	**0.011**	[-4.86, -0.62]
	Dönem (2. Dönem)	-3.22	1.08	-2.98	**0.003**	[-5.34, -1.10]
	Sıra (2. Sıra)	3.26	3.66	0.89	0.373	[-3.91, 10.43]
Yaylanarak Sıçrama (cm)	Sabit	54.01	2.28	23.67	<0.001	[49.53, 58.48]
	Müdahale (Pancar)	-2.02	1.04	-1.95	0.051	[-4.06, 0.01]
	Dönem (2. Dönem)	-0.34	1.04	-0.32	0.747	[-2.37, 1.70]
	Sıra (2. Sıra)	3.76	3.19	1.18	0.239	[-2.49, 10.01]
YoYoIR1 Mesafesi (m)	Sabit	755.00	98.15	7.69	<0.001	[562.63, 947.37]
	Müdahale (Pancar)	1.67	28.03	0.06	0.953	[-53.27, 56.60]
	Dönem (2. Dönem)	78.33	28.03	2.80	**0.005**	[23.40, 133.27]
	Sıra (2. Sıra)	-219.00	142.31	-1.54	0.124	[-497.91, 59.91]
Kan laktat değeri (mmol/L)	Sabit	2.11	0.29	7.28	<0.001	[1.54, 2.68]
	Müdahale (Pancar)	-0.25	0.32	-0.78	0.44	[-0.88, 0.38]
	Zaman (Sonra)	9.39	0.86	10.91	**<0.001**	[7.70, 11.08]
	Müdahale x zaman	1.53	1.03	1.48	0.15	[-0.49, 3.55]
	Dönem (2. Dönem)	-0.18	0.41	-0.44	0.66	[-0.99, 0.63]
	Sıra (2. Sıra)	0.12	0.45	0.27	0.79	[-0.76, 1.00]

*Modellerde referans kategoriler: Müdahale için plasebo, dönem için 1. dönem, sıra için 1. sıra (önce pancar suyu alanlar) olarak belirlenmiştir. Anlamlılık düzeyi p<0.05 olarak alınmıştır. (SH: Standart Hata, GA: Güven Aralığı)

Katılımcıların pancar suyu ve plasebo kullanım durumlarında Yo-Yo IR1 testi koşu mesafesi üzerinden hesaplanan VO_2max ortalamaları sırasıyla 42.23 ± 2.11 ml/kg/dk ve 42.27 ± 2.21 ml/kg/dk olarak belirlenmiştir (Tablo 2). Bu değer Yo-Yo IR1 mesafesinin matematiksel dönüşümü olduğundan bağımsız bir sonuç olarak analiz edilmemiştir.

Sporcuların kan laktat düzeyi yanıtları lineer karma model ile müdahale (Pancar suyu, Plasebo) x Zaman (egzersiz öncesi, egzersiz sonrası) ortak etkileşim modeli kullanılarak analiz edilmiştir. Zaman ana etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuş olup (p< 0.001), müdahaleden bağımsız olarak egzersiz sonrası kan laktat düzeylerinin belirgin şekilde arttığı doğrulanmıştır. Pancar suyu ile plasebo koşulları arasında egzersiz öncesi ölçümlerde anlamlı bir fark bulunmamıştır (p=0.44). Müdahale x zaman etkileşimi de benzer şekilde istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (p=0.15). Bu sonuca göre, pancar suyu tüketiminin egzersize bağlı kan laktat yanıtını plaseboya kıyasla anlamlı düzeyde değiştirmediği gözlenmiştir. Dönem etkisi (p=0.66) ve sıra etkisi (p=0.79) anlamlı bulunmamıştır.

4. TARTIŞMA

Bu çalışmaya, yaşları 18–23 (20.7 ± 1.42 yıl) arasında değişen, lisanslı 11 erkek voleybolcu gönüllü olarak katılmıştır. Katılımcıların ortalama boy uzunluğu 185.0 ± 2.0 cm, vücut ağırlığı 78.0 ± 3.1 kg, beden kütle indeksi 22.83 ± 3.4 kg/m^2, vücut yağ oranı %11.05 ± 5.5 ve yağsız vücut kütlesi 69.1 ± 7.67 kg olduğu belirlenmiştir. Elde edilen bu demografik ve antropometrik bulgular, pancar suyu tüketiminin spor performansı üzerindeki etkilerini inceleyen benzer çalışmalarla karşılaştırıldığında, örneklem grubunun literatürle uyumlu ve benzer metodolojideki çalışmalarla karşılaştırılabilir nitelikte olduğunu göstermektedir (37). Katılımcıların elit olmayan ancak lisanslı ve aktif sporculardan seçilmiş olması, fizyolojik yanıtların daha homojen bir dağılım göstermesine katkı sağlamıştır. Çalışmanın ana amacı, altı günlük konsantre pancar suyu tüketiminin; dikey sıçrama, yaylanarak sıçrama, Yo-Yo IR1 koşu mesafesi, VO_2max değerleri ve kan laktat değerleri üzerindeki etkilerini plaseboyla karşılaştırarak değerlendirmektir. Çapraz tasarımlı çalışmalarda dönemler arasında yeterli arınma süresi verildiğinde, taşınma etkisinin ortadan kaldırıldığı belirtilmektedir (38). Çalışmada sekiz günlük arınma dönemi, olası taşınma etkisini azaltmak amacıyla kullanılmıştır. Bu çalışmada lineer karma modeller sonuçlarına göre sıra etkisinin hiçbir performans değişkeninde istatistiksel olarak anlamlı bulunmaması ($p_{Dikey\ sıçrama}$= 0.373, $p_{Yaylanarak\ sıçrama}$= 0.239, $p_{Yo\text{-}Yo\ IR1}$= 0.124, $p_{kanlaktat}$= 0.79) çapraz tasarımın istatistiksel geçerliliğine katkı sunmaktadır (Tablo 3).

Dikey sıçrama yüksekliği ölçümü, spor bilimlerinde alt ekstremite kas gücünü ve kuvvetini değerlendirmek amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır (39). Voleybolda dikey sıçrama ve yaylanarak sıçrama gibi ani ve patlayıcı güç gerektiren performans göstergeleri, büyük ölçüde Tip II (hızlı kasılan) kas liflerinin aktivasyonuna bağlıdır. Nitrat takviyesinin özellikle bu liflerde vasküler kontrolü, kalsiyum salınımını ve kuvvet üretimini optimize ettiği öne sürülmektedir (40). Mevcut çalışmada dikey sıçrama yüksekliği açısından pancar suyu ve plasebo kullanımı arasında plasebo yönünde anlamlı bir değişiklik saptanmıştır (Tablo 3). Söz konusu bulgu, pancar suyunun performansı azalttığına ilişkin bir kanıt olarak değil, daha fazla çalışma sonucu ile doğrulanması gereken bir gözlem olarak yorumlanabilir. Pancar suyu takviyesinin kadın voleybolcularda egzersiz sonrası kas iyileşmesi üzerindeki etkilerini inceleyen bir çalışmada egzersizle indüklenen kas hasarından sonra konsantre pancar suyu tüketiminin, plasebo ile karşılaştırıldığında dikey sıçrama yüksekliği üzerinde anlamlı bir fark yaratmadığı görülmüştür (27). Yapılan meta-analiz çalışmasında, pancar suyunun dikey sıçrama üzerindeki etkilerinin heterojenlik gösterdiğini belirtmektedir (41).

Çalışmamızda pancar suyu tüketiminin yaylanarak sıçrama performansında plasebo grubuna göre anlamlı bir fark sağlamadığı saptanmıştır ($p>0.05$). Sağlıklı ve günlük yaşamda aktif olan 18-40 yaş aralığındaki erkekler üzerinde yapılmış bir çalışmada benzer şekilde altı günlük pancar suyu takviyesinin yaylanarak sıçrama yüksekliğinde iyileşmeye etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (42). Maraton koşusu, egzersizle indüklenen kas hasarı sonrası ya da akut pancar suyu uygulaması sonucunda yaylanarak sıçrama yükseliğinde anlamlı değişim olmadığını belirten veya oluşan anlamlılıkta takviye etkisinin bulunmadığını saptayan çalışmalar da mevcuttur (43-45). Jonvik ve ark. (2021) ayrıca pancar suyunun özellikle üst ekstremite kas gruplarında ergojenik yanıtlar oluşturabildiğini; buna karşın alt ekstremite kuvvet, patlayıcı güç ve kas mekaniği üzerindeki etkisinin sınırlı kalabildiğini rapor

etmiştir. Dolayısıyla, alt ekstremiteye dayalı ani ve patlayıcı güç testi olan yaylanarak sıçrama testinde anlamlı bir fark elde edilememesi, nitratın bölgesel kas kütleleri ve egzersiz türleri üzerindeki farklı etki mekanizmalarıyla açıklanabilir (42). Bu veriler, nitrat desteğinin anaerobik performansta sınırlı faydalar sağlayabileceğini, ve bu etkinin egzersiz türüne, sporcunun fizyolojik durumuna ve çalışma protokolüne göre değişebildiğini göstermektedir (16,22).

Çalışmamızda Yo-Yo IR1 koşu mesafeleri ortalama değerlerinde pancar suyu ve plasebo koşulları arasında anlamlı fark bulunmamıştır (Tablo 3). Sonuçlar, önceki çalışmalarda bildirilen bazı bulgularla kısmen örtüşmemektedir. Örneğin, Wong ve ark. (2021) tarafından gerçekleştirilen sistematik derleme ve meta-analizde, Yo-Yo IR1 testinde kat edilen mesafede anlamlı ve büyük bir etki büyüklüğü rapor edilmiştir (46). Ancak söz konusu analiz yalnızca üç çalışmayı içermekte olup, bu çalışmaların tümünde %3.4–4.2 arasında performans artışı gözlenmiştir. Buna karşın, aynı çalışmada yüksek heterojenite düzeyinin bulunması, etki büyüklüğüne duyulan güveni sınırlayan önemli bir faktör olarak vurgulanmıştır. Yo-Yo IR1 testi, voleyboldaki gibi aralıklı (intermittent) yüksek şiddetli aktivitelere benzer şekilde aerobik ve anaerobik sistemlerin ortak kullanımını gerektirir. Ayrıca Yo-Yo IR1 testinin progresif yapısı nedeniyle aerobik ve yorgunluk direncine dayalı mekanizmaların (örneğin mitokondriyal oksidatif fosforilasyon verimliliği ve kas kasılma ekonomisi) daha belirgin rol oynadığı belirtilmektedir (46). Ancak mevcut çalışmada bu tür fizyolojik adaptasyonların ortaya çıkması için yeterli süre, dozaj veya bireysel duyarlılık sağlanmamış olabilir.

Çalışma sonucunda dikey sıçrama ve Yo-Yo IR1 için anlamlı dönem etkileri saptanmıştır. Buna göre ikinci dönemde dikey sıçrama 3.22 cm azalırken Yo-Yo IR1 mesafesi 78.33 m artmıştır. Bu zıt yönlü dönem değişimleri tekrarlı testlere bağlı öğrenme, dönemler arasındaki antrenman yükü, motivasyon, yorgunluk veya test-tekrar değişkenliğiyle ilişkili olabilir.

Çalışmamızda voleybolcuların VO_2max değerleri YO-YO IR1 test değerleri kullanılarak kabul gören formül üzerinden indirekt olarak hesaplanmıştır. Formülle hesaplama yöntemi bilimsel literatürde kabul gördüğü için indirekt olarak formülle hesaplamak, çalışma sonucunu etkilememektedir (47). Ancak testin doğası gereği anaerobik bileşenler içermesi ve performansın yalnızca mesafeye dayalı olarak değerlendirilmesi, gerçek maksimal oksijen tüketim kapasitesini tam olarak yansıtmamış olabilir. Yo-Yo IR1 testi doğası gereği yüksek mekanik stres (ani yavaşlama, ivmelenme ve 180 derece dönüşler) barındırır. Elit olmayan sporcularda testin sonlandırılma mekanizması, metabolik veya aerobik sınırlardan daha çok, zayıf koşu ekonomisi, periferik kas yorgunluğu ve eksentrik kas harabiyeti olabilir. Dolayısıyla, kronik nitrat takviyesinin mitokondriyal seviyede sağladığı olası mikrovasküler avantajlar, amatör sporcuların bu periferik ve mekanik kısıtlılıklarını aşmaya yetmemiş olabilir. Bu veriyi destekler nitelikte MacLeod ve ark. (2015), iyi düzeyde idmanlı 11 erkek bisikletçi ile gerçekleştirdiği çalışma sonunda pancar suyunun maksimum oksijen tüketim düzeylerine etkisinin olmadığı ve egzersiz performansını geliştirmediğini belirtmişlerdir (48). Wilkerson ve ark. (2012), sekiz erkek bisikletçi ile çalışmış ve pancar suyunun plaseboya karşı VO_2max değerlerini anlamlı düzeyde etkilemediğini göstermiştir. Her iki çalışmada da dozun yetersiz kalmış olabileceği ve doz kavramının belirlenmesi için daha çok çalışmaya ihtiyaç duyulduğu belirtilmiştir (49). Çalışmamızda sporculara uygulanan günlük nitrat dozu (~12,8 mmol nitrat)

her iki çalışmadan da yüksektir. Buna rağmen voleybolcularda yüksek nitrat içeren pancar suyunun VO_2max değerleri üzerinde anlamlı bir etki yaratmadığı görülmektedir (Tablo 2). Çalışma sonucunu destekler nitelikte olan bir başka araştırmada, benzer dozda akut olarak alınan pancar suyunun anaerobik performansı olumsuz etkilediği tespit edilmiştir (50). Futbolcular ve takım sporcuları üzerinde yapılan çalışmalarda, pancar suyu takviyesi sonrasında uygulanan Yo-Yo IR1 performansında (koşu mesafesinde) artış görülse bile, sporcuların VO_2max değerlerinde plaseboya göre anlamlı bir farklılık oluşmamıştır (51). Daha uzun süreli pancar suyu tüketilen bir çalışmada katılımcılara artan yüklü koşu bandı (treadmill ramp) protokolü uygulanarak doğrudan VO_2max testi yapılmıştır. 7 günlük kronik pancar suyu tüketimi sonrasında, pancar suyu grubu (51.07 ± 6.12 ml/kg/dk) ile plasebo grubu (50.46 ± 6.06 ml/kg/dk) VO_2max ortalamaları arasında istatistiksel anlamlı fark bulunamamıştır ($p = 0.17$) (52). Bu sonuçlara ek olarak geniş ölçekli bir meta-analiz ve sistematik derlemede de diyetle alınan nitratın egzersiz performansı ve submaksimal VO_2 kinetiği üzerinde olumlu etkileri rapor edilmesine rağmen, özellikle rekreasyonel sporcularda VO_2max parametresi üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığı gösterilmiştir (53,54). Bu durum, pancar suyunun temel ergojenik mekanizmasının maksimal oksijen taşıma veya tüketim kapasitesini (VO_2max tavanını) fiziksel olarak yukarı çekerek değil; mitokondriyal solunum verimliliğini optimize etmek ve tip II kas liflerindeki mikro-vasküler kan akışını düzelterek kasın sub-maksimal iş yapma ekonomisini iyileştirmek olduğunu düşündürmektedir.

Elde edilen sonuçlara göre kronik pancar suyu tüketiminin, egzersize verilen laktat yanıtını, plasebo koşuluna göre anlamlı derecede değiştirmediği tespit edilmiştir. Bu bulgu, Yo-Yo IR1 koşu mesafeleri ortalamalarında iki koşul arasında fark bulunamamış olmasıyla birlikte gözlenmiştir. Elit yarış yürüyüşçüleri ile yapılan bir çalışmada yarıştan 2 gün önce başlayan ve yarış günü devam eden takviyenin, 26 km'lik yarışta oksijen alımı, kalp atım hızı ve laktat düzeyleri üzerinde anlamlı bir fark yaratmadığı görülmüştür (45,55). Direnç antrenmanı yapmış erkeklerde pancar suyu kullanımının zirve ve ortalama güç çıktılarını anlamlı şekilde artırmasına rağmen, egzersiz sonrası 30. ve 180. saniyelerde ölçülen laktat konsantrasyonlarında plaseboya göre hiçbir fark saptamamıştır. Literatürde nitratın, tip II kas liflerindeki kalsiyum idaresini düzelterek ve yorgunluk yapıcı yan ürünlerin birikimini yavaşlatarak laktat birikimini azaltabileceği iddia edilse de, bu durum genellikle çok daha yüksek şiddetli akut tükenme protokollerinde veya elit sporcularda belirgindir (56). Elit olmayan sporcu grubumuzda, Yo-Yo IR1 testinin yarattığı yoğun asidite ve periferik yorgunluk yükü, kronik nitrat takviyesinin laktat metabolizması üzerinde tamponlayıcı bir etki göstermesini sınırlandırmış olabilir.

Son dönemde yapılan kapsamlı meta-analizler ve derlemeler pancar suyunun aralıklı egzersizlerdeki etki büyüklüğünün küçük/orta düzeyde kaldığını ve bireysel yanıt değişkenliğinin çok fazla olduğunu doğrulamaktadır (37,53,57). Sporcuların günlük diyetlerindeki bazal nitrat alımları, ağız içi mikrobiyota çeşitlilikleri ve elit olmayan düzeydeki antrenman geçmişleri, kronik nitrat takviyelerine verilen fizyolojik yanıtı doğrudan etkilemektedir (24). Dolayısıyla, çalışmamızda nitrattan zengin pancar suyu tüketiminin plaseboya göre aerobik ve anaerobik egzersiz parametreleri üzerinde anlamlı bir fark göstermemesi, takviye protokolünün kendisinden ziyade katılımcıların popülasyon spesifik özelliklerinden kaynaklanıyor olabilir (58,59). İstatistiksel anlamlılık elde edilmemesine

rağmen etki büyüklüğünün orta düzeyde olması, daha büyük örneklemlerde anlamlı sonuçlar elde edilebileceğini düşündürmektedir.

Çalışma, voleybolcularda yapılan sınırlı sayıdaki çalışmadan biri olması sebebiyle önem taşımaktadır. Ancak voleybolcularda pancar suyu tüketiminin sportif olarak aerobik ve anaerobik performanslar üzerine etkisi konusunda kesin bir kanıya varabilmek için daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, elit olmayan lisanslı erkek voleybolcularda 6 gün süreyle uygulanan nitrattan zengin pancar suyu tüketiminin; dikey sıçrama, yaylanarak sıçrama, Yo-Yo IR1 koşu performansı, VO_2max ve egzersize verilen kan laktat yanıtı düzeyleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Elde edilen bulgular, pancar suyu takviyesinin incelenen performans parametreleri üzerinde plaseboya kıyasla istatistiksel olarak anlamlı bir gelişim yaratmadığını düşündürmektedir. Bu sonuçlar, özellikle anaerobik ve patlayıcı güç gerektiren performans göstergelerinde nitrata bağlı ergojenik etkinin sınırlı olabileceğini ve bu etkinin egzersiz türüne, sporcu düzeyine ve uygulanan protokole bağlı olarak değişkenlik gösterebileceğini ortaya koymaktadır. Ayrıca Yo-Yo IR1 performansı değerlerinde anlamlı bir farklılık bulunmaması, nitrattan zengin takviyelerin maksimal oksijen tüketim kapasitesini artırmaktan ziyade daha çok submaksimal egzersiz ekonomisi üzerinde etkili olabileceği görüşünü desteklemektedir.

Sonuç olarak, bu çalışma voleybolcularda pancar suyu takviyesinin performans üzerine etkisini inceleyen sınırlı sayıdaki araştırmalardan biri olup, elde edilen bulgular nitrattan zengin takviyelerin farklı spor branşlarındaki benzer performans parametreleri üzerinde evrensel bir etki göstermediğini ortaya koymaktadır. Bu nedenle, sporcu beslenmesinde pancar suyu kullanımının performans artırıcı bir strateji olarak değerlendirilmesi, spor branşı, performans türü ve bireysel özellikler göz önünde bulundurularak yapılmalıdır.

Araştırmanın Sınırlılıkları

Çalışmada sporcuların plazma nitrat (NO_3^-) ve nitrit (NO_2^-) seviyelerinin ölçülmemiş olması araştırmanın bir sınırlılığıdır. Fizyolojik farklılıklar nedeniyle sporcuların nitrat biyoyararlanım düzeyleri çalışma sonuçlarını etkilemiş olabilir.

VO_2max değerinin direkt ölçümünde gaz analizörü kullanarak gerçek değer bulunabilmektedir. Ancak bu yöntem pahalı ve daha çok elit sporcularda tercih edilmektedir. Yine de formül ile hesaplanan VO_2max değerlerinin, gaz analizörü kullanarak elde edilen bulgular karşılaştırılamamış olması çalışmanın sınırlılıkları arasındadır.

Araştırmanın Etik Yönü

Araştırma için, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından 2018/44 protokol numaralı çalışma olarak 01.08.2018 tarihli 92340882-050.04.04 sayılı kararı ile etik kurul onayı alınmıştır. Ayrıca 16.10.2018 tarihinde Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi Dekanlığı'ndan, cihazların kullanımı ile egzersiz ve testlerin spor salonunda yapılabilmesi için gerekli izin alınmıştır. Araştırmaya dahil edilen sporculara araştırma ile ilgili

bilgi verilmiş ve yazılı onamları alınmıştır. Araştırma Helsinki Bildirgesi kurallarına uygun olarak yürütülmüştür.

Çıkar çatışması

Yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Teşekkür

Bu tez Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından SBF-18013 proje numarası ile desteklenmiştir. Çalışmaya dahil olan sporculara teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

1. Ersoy, G., (2004) *Egzersiz ve spor yapanlar için beslenme* kitabından, Geliştirilmiş 3. baskı, Nobel Yayın No:621, Nobel Basımevi, Ankara.

2. Dinç, N., & Beşikçi, E. A. (2025). A qualitative research on national athletes' use of ergogenic aids: the case of combat athletes. *Journal of Sport Sciences Research*, *10(1)*, 67-79. https://doi.org/10.25307/jssr.1512612

3. Lansley, K. E., Winyard, P. G., Fulford, J., Vanhatalo, A., Bailey, S. J., Blackwell, J. R., et al. (2011). Dietary nitrate supplementation reduces the O_2 cost of walking and running: A placebo-controlled study. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, *110*(3), 591–600. https://doi.org/10.1152/japplphysiol.01070.2010

4. Cermak, M. N., Gibala, J. M., & van Loon, J. C. L. (2012). Nitrate supplementation's improvement of 10-km time-trial performance in trained cyclists, *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism, 22*, 64 -71. https://doi.org/10.1123/ijsnem.22.1.64

5. Nyakayiru, J., Jonvik, L. K, Trommelen, J., Pinckaers, J. M. P., Senden, M.J., van Loon J.C.L., et al. (2017). Beetroot juice supplementation improves high-intensity intermittent type exercise performance in trained soccer players, *Nutrients*, *9*, 314. https://doi.org/10.3390/nu9030314

6. Hord, G. N., Tang, Y., & Bryan, S. N. (2009). Food sources of nitrates and nitrites: the physiologic context for potential health benefits, *American Journal of Clinical Nutrition, 90*, 1-10. https://doi.org/10.3945/ajcn.2008.27131

7. Şahin Kömür, A., & Şenel, Ö. (2024). Spor beslenmesinde bir ergojenik destek olarak pancar suyu: sistematik derleme çalışması. *Spormetre Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, *22*(1), 154-167. https://doi.org/10.33689/spormetre.1266414

8. Kubas, W., Sadok, A., Białek, A., Karczewski, J., Niemcewicz, W. J., Ryń, K., et al. (2026). The impact of beetroot juice supplementation on performance in endurance sports: A review of running, cycling, and swimming. *Quality in Sport*, *54*, 69969. https://doi.org/10.12775/QS.2026.54.69969

9. Zamani, H., de Joode, M. E. J. R., Hossein, I. J., Henckens, N. F. T., Guggeis, M. A., Berends, et al. (2021). The benefits and risks of beetroot juice consumption: A systematic review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *61*(5), 788-804. https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1746629

10. World Anti-Doping Agency. (2025). *WADA's 2025 Prohibited List now in force*. https://www.wada-ama.org/en/news/wadas-2025-prohibited-list-now-force

11. Jones A. (2014). Dietary nitrate supplementation and exercise performance. *Sports Medicine, 44*, 35-45. https://doi.org/10.1007/s40279-014-0149-y

12. Jakubcik, E. M., Rutherfurd-Markwick, K., Chabert, M., Wong, M., & Ali, A. (2021). Pharmacokinetics of nitrate and nitrite following beetroot juice drink consumption. *Nutrients*, *13*(2), 281. https://doi.org/10.3390/nu13020281

13. Lundberg, O.J., Weitzberg, E., & Gladwin T.M. (2008). The nitrate–nitrite–nitric oxide pathway in physiology and therapeutics, *Nature, 7*(2), 156-67. https://doi.org/10.1038/nrd2466

14. Gilchrist, M., Shore, C.A., & Benjamin, N. (2011) Inorganic nitrate and nitrite and control of blood pressure, *Cardiovascular Research*, *89*, 492-498. https://doi.org/10.1093/cvr/cvq309

15. da Silva, D., de Oliveira Silva, F., Perrone, D., Pierucci, A., Conte-Junior, C., Alvares, T., et al. (2016). Physicochemical, nutritional, and sensory analyses of a nitrate enriched beetroot gel and its effects on plasmatic nitric oxide and blood pressure, *Food & Nutrition Research, 60*. https://doi.org/10.3402/fnr.v60.29909

16. Uçar, H., Buzdağlı, Y., & Türkmen, M. (2026). Nitrat metabolizması ve fiziksel aktivite: sistematik inceleme. *Spor Bilimleri Dergisi*, *37*(1), 1-12. https://doi.org/10.17644/sbd.1794660

17. Yılmaz, A., Müniroğlu, S., Kin, İ. A., & Akalan, C. (2012). Aerobik ve anaerobik performans özelliklerinin tekrarlı sprint yeteneği ile ilişkisi. *Spormetre Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, *10*(3), 95-100. https://doi.org/10.1501/Sporm_0000000225

18. Wylie, J. L., Kelly, J., Bailey, J. S., Blackwell, J., Skiba, P., Winyard, P., et al. (2013). Beetroot juice and exercise: Pharmacodynamic and dose-response relationships, *Journal of Applied Physiology-American Journal of Physiology, 115*, 325-336. https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00372.2013

19. Muggeridge, D. J., Howe, C. C. F., Spendiff, O., Pedlar, C., James, P. E., & Easton, C. (2014). A single dose of beetroot juice enhances cycling performance in simulated altitude. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *46*(1), 143–150. https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3182a1dc51

20. Walker, C. (2014). The effects of acute beetroot juice supplementation on the physiological responses during a rugby league match simulation protocol and recovery. Master's Thesis, University of Chester Sports Sciences, 84. (Yayımlanmamış tez)

21. Rojano-Ortega, D., Pena Amaro, J., Berral-Aguilar, A. J., & Berral-de la Rosa, F. J. (2021). Effects of beetroot supplementation on recovery after exercise-induced muscle damage: A systematic review. *Sports Health*, *14*, 556–565. https://doi.org/10.1177/19417381211036412

22. Tan, R., Cano, L., Lago-Rodriguez, A., & Dominguez, R. (2022). The effects of dietary nitrate supplementation on explosive exercise performance: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *19*(2), 762. https://doi.org/10.3390/ijerph19020762

23. Wong, T. H., Ooi, D. S. Q., & Burns, S. F. (2025). Five-day supplementation with an isotonic beetroot juice drink improves sprint interval exercise and muscle oxygenation in

physically active individuals: A randomized crossover trial. *Beverages*, *11*(4), 97. https://doi.org/10.3390/beverages11040097

24. Lee, E., Park, H. Y., Sun, Y., Choi, J. H., Woo, S., Cho, S., et al. (2026). Beetroot juice and exercise for clinical health and athletic performance: A narrative review. *Nutrients*, *18*(1), 151. https://doi.org/10.3390/nu18010151

25. Reeser, J. C. ve Bahr, R. (Ed.s). (2003). *Handbook of sports medicine and science: Volleyball* (1. baskı). Blackwell Science. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9780470693902

26. Hernández-Landa, R. E., Lazo, M., Salado, D. D., Sánchez-Almanzar, E., Cepeda-Marte, J. L., Zare, R., et al. (2024). Dietary supplementation strategies for improving training adaptations, antioxidant status and performance of volleyball players: A systematic review. *Journal of Science in Sport and Exercise*, 1-21. https://doi.org/10.1007/s42978-024-00297-6

27. Hemmatinafar, M., Zaremoayedi, L., Koushkie Jahromi, M., Alvarez-Alvarado, S., Wong, A., Niknam, A., et al. (2023). Effect of beetroot juice supplementation on muscle soreness and performance recovery after exercise-induced muscle damage in female volleyball players. *Nutrients*, *15*(17), 3763. https://doi.org/10.3390/nu15173763

28. López-León, I., Moreno-Lara, J., Sánchez-Oliver, A.J., Rico-Saborido, E., Muñoz-López, A., Muñoz-Llerena, A., et al. (2025). Does beetroot juice supplementation affect to sport performance in high performance female volleyball players? *Cultura, Ciencia y Deporte, 20*(64), 2235. https://doi.org/10.12800/ccd.v20i64.2235

29. Bonaventura, J. M., Sharpe, K., Knight, E., Fuller, K. L., Tanner, R. K., & Gore, C.J. (2015). Reliability and accuracy of six hand-held blood lactate analysers. *J Sports Sci Med*, *14*(1), 203-14. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25729309/

30. Poole, D. C., & Jones, A. M. (2017). Measurement of the maximum oxygen uptake VO_2max: VO_2peak is no longer acceptable. *Journal of applied physiology*, *122*(4), 997-1002. https://doi.org/10.1152/japplphysiol.01063.2016

31. Bangsbo, J., Iaia, F. M., & Krustrup, P. (2008). The Yo-Yo intermittent recovery test : a useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, *38*(1), 37–51. https://doi.org/10.2165/00007256-200838010-00004

32. Başandaç, G., Bargı, G., & Bayrakcı Tunay, V. (2023). Elit sporcularda anaerobik kapasite, anaerobik güç, yorgunluk indeksi ve fonksiyonel performansın karşılaştırılması. *Journal of Exercise Therapy and Rehabilitation*, *10*(1), 57-65. https://doi.org/10.15437/jetr.1126517

33. Barker, L.A., Harry, J.R., & Mercer, J.A. (2018). Relationships between countermovement jump ground reaction forces and jumpheight, reactive strength index, and jump time. *J Strength Cond Res*, *32*(1), 248–254. doi: 10.1519/JSC.0000000000002160

34. Kilic-Toprak, E., Yapici, A., Kilic-Erkek, O., Koklu, Y., Tekin, V., Alemdaroglu, U., et al. (2015). Acute effects of Yo-Yo intermittent recovery test level 1 (Yo-Yo IR1) on hemorheological parameters in female volleyball players. *Clinical Hemorheology and Microcirculation*, *60*(2), 191–199. https://doi.org/10.3233/CH-141844

35. Krustrup, P., Mohr, M., Amstrup, T., Rysgaard, T., Johansen, J., Steensberg, A., et al. (2003). The Yo-Yo intermittent recovery test: Physiological response, reliability, and

validity. *Med Sci Sports Exerc, 35*, 697-705. https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000058441.94520.32

36. Bailey, S. J., Fulford, J., VanHatalo, A., Winyard, P. G., Blackwell, J. R., DiMenna, F., et al. (2009). Dietary nitrate supplementation reduces the O_2 cost of low intensity exercise and enhances tolerance to high intensity exercise in humans. *Journal of Applied Physiology, 107,* 1144-1155. https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00722.2009

37. Tian, C., Jiang, Q., Han, M., Guo, L., Huang, R., Zhao, L., et al. (2025). Effects of beetroot juice on physical performance in professional athletes and healthy individuals: An umbrella review. *Nutrients*, *17*, 1958. https://doi.org/10.3390/nu17121958

38. Li, T., Yu, T., Hawkins, B. S., & Dickersin, K. (2015). Design, analysis, and reporting of crossover trials for inclusion in a meta-analysis. *PloS one*, *10*(8), e0133023. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0133023

39. López-Samanes, Á., Moreno-Pérez, D., Aguilar-Navarro, M., Muñoz, A., López-Moreno, M., Garcés-Rimón, M., et al. (2026). Acute beetroot juice ingestion fails to improve sprint performance and neuromuscular function in trained male sprinters: a randomized, double-blind, placebo-controlled study. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, *23*(1), 2674220. https://doi.org/10.1080/15502783.2026.2674220

40. Poole, D., Vanhatalo, A., Bailey, S., Ferguson, S., & Jones, A. (2016). Fiber type-specific effects of dietary nitrate. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, *44*(2), 53–60. https://doi.org/10.1249/JES.0000000000000074

41. Jones, L., Bailey, S. J., Rowland, S. N., Alsharif, N., Shannon, O. M., & Clifford, T. (2021). The effect of nitrate-rich beetroot juice on markers of exercise-induced muscle damage: A systematic review and meta-analysis of human intervention trials. *J. Diet. Suppl., 19*, 749–771. https://doi.org/10.1080/19390211.2021.1939472

42. Jonvik, K. L., Hoogervorst, D., Peelen, H. B., de Niet, M., Verdijk, L. B., van Loon, L. J. C., et al. (2021). The impact of beetroot juice supplementation on muscular endurance, maximal strength and countermovement jump performance. *European Journal of Sport Science*, *21*(6), 871–878. https://doi.org/10.1080/17461391.2020.1788649

43. Clifford, T., Allerton, D. M., Brown, M. A., Harper, L., Horsburgh, S., Keane, K. M., et al. (2017). Minimal muscle damage after a marathon and no influence of beetroot juice on inflammation and recovery. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, *42*(3), 263-270. https://doi.org/10.1139/apnm-2016-0525

44. Clifford, T., Howatson, G., West, D. J., & Stevenson, E. J. (2017). Beetroot juice is more beneficial than sodium nitrate for attenuating muscle pain after strenuous eccentric-bias exercise. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, *42*(11), 1185-1191. https://doi.org/10.1139/apnm-2017-0238

45. Cuenca, E., Jodra, P., Pérez-López, A., González-Rodríguez, L. G., Fernandes da Silva, S., Veiga-Herreros, P., et al. (2018). Effects of beetroot juice supplementation on performance and fatigue in a 30-s all-out sprint exercise: A randomized, double-blind cross-over study. *Nutrients*, *10*(9), 1222. https://doi.org/10.3390/nu10091222

46. Wong, T. H., Sim, A., & Burns, S. F. (2021). The effect of beetroot ingestion on high-intensity interval training: A systematic review and meta-analysis. *Nutrients*, *13*(11), 3674. https://doi.org/10.3390/nu13113674

47. Alemdaroğlu, U., Dündar, U., Köklü, Y., & Aşçı, A. (2012). Evaluation of aerobic capacity in soccer players: Comparison of field and laboratory tests. *Biology of sport*, *29*(2), 157-161. doi: 10.5604/20831862.990468

48. MacLeod, K. E., Nugent, S. F., Barr, S. I., Koehle, M. S., Sporer, B. C., & MacInnis, M. J. (2015). Acute beetroot juice supplementation does not improve cycling performance in normoxia or moderate hypoxia. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, *25*, 359-366. https://doi.org/10.1123/ijsnem.2014-0129

49. Wilkerson, D. P., Hayward, G. M., Bailey, S. J., Vanhatalo, A., Blackwell, J. R., & Jones, A. M. (2012). Influence of acute dietary nitrate supplementation on 50-mile time trial performance in well-trained cyclists, *Eur J Appl Physiol*, *112*, 4127-4134. https://doi.org/10.1007/s00421-012-2397-6

50. Tatlici, A. & Çakmakçı, O. (2019). The effects of acute dietary nitrate supplementation on anaerobic power of elite boxers. *Med. Dello Sport*, *72*, 225–233. https://www.minervamedica.it/en/journals/medicina-dello-sport/article.php?cod=R26Y2019N02A0225

51. Alsharif, N. S., Clifford, T., Alhebshi, A., Rowland, S. N., & Bailey, S. J. (2023). Effects of dietary nitrate supplementation on performance during single and repeated bouts of short-duration high-intensity exercise: A systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *Antioxidants*, *12*, 1194. https://doi.org/10.3390/antiox12061194

52. Perez, J. M., Dobson, J. L., Ryan, G. A., & Riggs, A. J. (2019). The effects of beetroot juice on VO_2max and blood pressure during submaximal exercise. *International journal of exercise science*, *12*(2), 332. doi: 10.70252/DXYA1365

53. Gao, C., Gupta, S., Adli, T., Hou, W., Coolsaet, R., Hayes, A., et al. (2021). The effects of dietary nitrate supplementation on endurance exercise performance and cardiorespiratory measures in healthy adults: a systematic review and meta-analysis. *J Int Soc Sports Nutr*, *18*(1), 55. doi: 10.1186/s12970-021-00450-4

54. Qin, G. & Kim, S. (2026) Effects of beetroot juice supplementation on maximal oxygen uptake during aerobic exercise: A systematic review and meta-analysis. *Front Nutr, 13*, 1858216. https://doi.org/10.3389/fnut.2026.1858216

55. Burke, L. M., Hall, R., Heikura, I. A., Ross, M. L., Tee, N., Kent, G.L. et al. (2021). Neither beetroot juice supplementation nor increased carbohydrate oxidation enhance economy of prolonged exercise in elite race walkers. *Nutrients*, *13*(8), 2767. https://doi.org/10.3390/nu13082767

56. Ferrada-Contreras, E., Bonomini-Gnutzmann, R., Jorquera-Aguilera, C., MacmiIlan Kuthe, N., Pena-Jorquera, H., & Rodriguez-Rodriguez, F. (2023). Does co-supplementation with beetroot juice and other nutritional supplements positively impact sports performance?: A systematic review. *Nutrients*, *15*(22), 4838. https://doi.org/10.3390/nu15224838

57. Cai, C., Huang, P., Cheng, X. & Zhou, J. (2026). Effectiveness of beetroot juice on aerobic and anaerobic exercise performance: systematic review and meta-analysis. *Front Nutr*, *13*, 1844096. doi: 10.3389/fnut.2026.1844096

58. Bibi, J., Lei, Y., Ahmad, M. Z., Kotwica-Mojzych, K., Głowacka, M., & Mojzych, M. (2026). Beetroot boost: Unlocking the power of *Beta vulgaris* for peak athletic

performance. *Journal of Functional Foods*, *138*, 107196. https://doi.org/10.1016/j.jff.2026.107196

59. Eroglu, M. N., Kose, B., Kolayis, İ. E., & Haberal, B. (2026). Acute beetroot juice supplementation enhances short duration high-intensity exercise performance and influences muscle oxygenation in football players. *Sci Rep*, *16*(1), 7581. doi: 10.1038/s41598-026-37514-x