



ACIBADEM MEHMET ALİ AYDINLAR ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**REKREASYONEL SPORCULARDA AKUT OLARAK ALINAN  
PANCAR SUYU VE KAFEİNLİ KAHVENİN AEROBİK VE  
ANAEROBİK PERFORMANS ÜZERİNE ETKİSİNİN  
DEĞERLENDİRİLMESİ**

MÜGE ÖZYURT  
DOKTORA TEZİ

BESLENME VE DİYETETİK ANA BİLİM DALI

DANIŞMAN  
Doç. Dr. Gözde Arıtcı Çolak

İKİNCİ TEZ DANIŞMANI  
Prof. Dr. Murat Baş

İSTANBUL-2025





ACIBADEM MEHMET ALİ AYDINLAR ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**REKREASYONEL SPORCULARDA AKUT OLARAK ALINAN  
PANCAR SUYU VE KAFEİNLİ KAHVENİN AEROBİK VE  
ANAEROBİK PERFORMANS ÜZERİNE ETKİSİNİN  
DEĞERLENDİRİLMESİ**

MÜGE ÖZYURT  
DOKTORA TEZİ

BESLENME VE DİYETETİK ANA BİLİM DALI

DANIŞMAN

Doç. Dr. Gözde Arıttıcı Çolak

İKİNCİ TEZ DANIŞMANI

Prof. Dr. Murat Baş

İSTANBUL-2025

## BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen 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.

24.06.2025

Müge Özyurt

## ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Doktora tezimde araştırmanın planlanması ve yazım sürecinin her aşamasında her türlü katkıyı ve desteği sağlayan kıymetli tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Gözde Arıtcı Çolak'a, tanıdığım ilk günden itibaren hem doktora eğitimim hem de sosyal hayatımda bir yol gösterici, bir rol model olarak bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan kıymetli hocam Sayın Prof. Dr. Murat Baş'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Tezimle ilgili testlerin gerçekleştirilebilmesi için Acıbadem Sports Sporcu Sağlığı Merkezi'ni kullanabilmem konusunda yardımlarını esirgemeyen, beni kendi iş yerimde hissettiren Sayın Hakan Artış ve Ant Fuatoğlu'na, tezimin performans testlerinin uygulanmasından, verilerin toplanmasına kadar gerekli olan tüm aşamalarda içtenlikle bana yardımcı olan sevgili hocam Dr. Öğr. Üyesi Doğa Kural'a ve doktora tez çalışmama katılmayı kabul ederek bana destek olan, zaman ayırıp emek veren isimlerini buraya yazamadığım tüm katılımcılara gösterdikleri sabır ve anlayış için teşekkür ederim.

Tezle ilgili sıkıntı yaşadığım dönemlerde hemen yardımına koşan ve destek olan dostum Prof. Dr. Zeynep Göktaş'a, tez dönemim boyunca manevi desteklerini esirgemeyen, anlayış gösteren, enerjim düştüğünde beni toparlayan, başaracağıma inandıran tüm sevgili arkadaşlarım ve danışanlarıma çok teşekkür ederim.

Ne yaparsam yapayım daima sevgilerini ve desteklerini kalbimde hissettiğim annem Şefika Özyurt'a, babam M.Necdet Özyurt'a, ablam Özge Özyurt Genç'e, kardeşim Mert Orçun Özyurt'a, hayatımı anlamlandıran ve bana güç veren, birlikte büyüdüğümüz canım kızlarım Selin Şafak ve Derin Şafak'a sonsuz teşekkür ederim. İyi ki benim ailemsiniz. Sizi çok seviyorum.

# İÇİNDEKİLER

BEYAN.....	iii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	iv
İÇİNDEKİLER .....	v
KISALTMA VE SİMGELER LİSTESİ .....	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	viii
TABLolar LİSTESİ.....	ix
ÖZET.....	1
ABSTRACT .....	2
1 GİRİŞ VE AMAÇ .....	3
2 GENEL BİLGİLER .....	6
2.1 Besin Takviyelerinin Spor Performansındaki Yeri .....	6
2.2 Ergojenik Destek.....	9
2.2.1 Besinsel ergojenik destekler .....	10
2.3 Kafein.....	24
2.3.1 Kafein metabolizması.....	26
2.3.2 Kafeinin etki mekanizmaları.....	27
2.3.3 Kafein tüketim dozu ve zamanlaması.....	31
2.3.4 Kafeinin spor performansına etkileri.....	33
2.4 Enerji Sistemleri .....	36
2.4.1 Kreatin fosfat sistem (ATP – PCr sistem) .....	37
2.4.2 Anaerobik laktat sistemi (glikoliz).....	38
2.4.3 Aerobik enerji sistemi (oksidatif sistem) .....	39
2.5 Maksimum Oksijen Tüketimi (VO <sub>2</sub> maks).....	41
2.6 Aerobik Kapasite .....	41
2.7 Anaerobik Kapasite.....	43
3 GEREÇ VE YÖNTEM .....	45
3.1 Araştırmanın Amacı ve Hipotezleri.....	45
3.2 Araştırmanın Tipi, Yeri, Zamanı ve Örneklem Seçimi .....	45
3.2.1 Çalışmaya dahil edilme kriterleri .....	46
3.2.2 Çalışmadan dışlama kriterleri.....	46
3.3 Araştırmanın Genel Planı .....	46
3.3.1 Kafeinli kahve hazırlanması.....	50
3.4 Verilerin Toplanması ve Değerlendirilmesi .....	51
3.4.1 Anket formu .....	51

3.4.2	Antropometrik ölçümler ve vücut kompozisyonu .....	51
3.4.3	Deri kıvrım kalınlığı ölçümleri.....	52
3.4.4	Dikey sıçrama testi .....	55
3.4.5	20 metre mekik koşu testi .....	55
3.4.6	Algılanan zorluk derecesi (AZD) .....	57
3.4.7	Kalp atım hızı.....	58
4	BULGULAR .....	60
4.1	Katılımcıların Demografik, Sağlık, Aktivite ve Bazı Alışkanlık Bulguları	60
4.2	Katılımcıların Antropometrik Ölçümlerinin tanımlayıcı bulguları .....	63
4.3	Katılımcıların Günlük Besin Alım Değerleri Ortalamasının Bulguları.....	65
4.4	Katılımcıların Performans Ölçüm Bulguları .....	66
5	TARTIŞMA.....	87
5.1	Pancar Suyu Tüketiminin Performans Parametrelerine Dair Bulgularının Değerlendirilmesi .....	87
5.2	Kafeinli Kahve Tüketiminin Performans Parametrelerine Dair Bulgularının Değerlendirilmesi .....	94
5.3	Pancar Suyu ve Kafeinli Kahvenin Kombine Kullanımının Performans Parametrelerine Dair Bulgularının Değerlendirilmesi.....	97
5.4	Algılanan Zorluk Derecesi Bulgularının Değerlendirilmesi .....	100
5.5	Kardiyovasküler Kapasite Değişkenleri Bulgularının Değerlendirilmesi	103
5.6	Katılımcıların Vücut Kompozisyonunun Performans Üzerine Etkisinin Değerlendirilmesi .....	105
5.7	Katılımcıların Günlük Diyetle Tükettikleri Enerji ve Makro Besin Ögesi Alımlarının Değerlendirilmesi .....	107
6	SONUÇ.....	111
7	KAYNAKLAR.....	113
8	EKLER .....	128
EK 1.	Etik Kurulu Kararı .....	128
EK 2.	Araştırmaya Gönüllü Katılım Formu .....	128
EK 3.	Anket Formu.....	132
EK 4.	Araştırma Sürecinde Dikkat Edilmesi Gerekenler .....	137
EK 5.	Algılanan Zorluk Derecesi Ölçeği .....	139
9	ÖZGEÇMİŞ .....	140

## KISALTMA VE SİMGELER LİSTESİ

<b>AIS</b>	Australian Institute of Sport (Avustralya Spor Enstitüsü )
<b>AZD</b>	Algılanan Zorluk Derecesi
<b>cAMP</b>	Adenozin monofosfat
<b>CO<sub>2</sub></b>	Karbon Dioksit
<b>DSHEA</b>	Dietary Supplement Health and Education Act (Gıda Takviyesi Sağlık ve Eğitim Yasası)
<b>EDRF</b>	Endothelium-Derived Relaxing Factor (Endotel Kaynaklı Gevşetici Faktör)
<b>FAD</b>	Flavin Adenin Dinükleotidi
<b>FDA</b>	Food and Drug Administration (Amerika Birleşik Devletleri Gıda ve İlaç Dairesi)
<b>FMN</b>	Flavin Mononükleotid
<b>GABA</b>	Gamma-aminobutirik asit
<b>IOC</b>	International Olympic Committee (Uluslararası Olimpiyat)
<b>ISSN</b>	International Society of Sports Nutrition (Uluslararası Spor Beslenmesi Derneği)
<b>KAH</b>	Kalp Atım Hızı
<b>MF-BIA</b>	Multifrekans Biyoelektrik İmpedans Analizi
<b>MSS</b>	Merkezi Sinir Sistemi
<b>NADPH</b>	Nikotinamid Adenin Dinükleotid Fosfat
<b>NATA</b>	The National Athletic Trainers Association
<b>NO</b>	Nitrik Oksit
<b>NO<sub>2</sub><sup>-</sup></b>	Nitrit
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	Nitrat
<b>NOS</b>	Nitrik Oksit Sentetaz
<b>POMC</b>	Pro-opiomelanokortin
<b>RNS</b>	Reaktif Azot Türleri
<b>VJT</b>	Vertical Jump Test
<b>VO<sub>2</sub>maks</b>	Maksimum Oksijen Tüketimi
<b>WADA</b>	World Anti-Doping Agency (Dünya Anti-Doping Ajansı)

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Nitrik Oksit (NO) sentezi: NOS ve Nitrat–Nitrit–NO yolları.....	18
Şekil 2. Kafein ve adonezin moleküllerinin kimyasal yapısı.....	28
Şekil 3. Çalışmanın tasarımı .....	50
Şekil 4. Deri kıvrım kalınlığı formülü .....	52
Şekil 5. $VO_2$ maks formülü .....	56
Şekil 6. 20 metre mekik koşusu .....	57
Şekil 7. Borg skalası.....	58
Şekil 8. Çalışmanın dizayni .....	59
Şekil 9. Müdahalelerin $VO_2$ maks üzerine etkisi.....	81
Şekil 10. Müdahalelerin sıçrama yüksekliği (cm) üzerine etkisi .....	82
Şekil 11. Müdahalelerin algılanan zorluk derecesi üzerine etkisi.....	82
Şekil 12. Müdahalelerin zirve güç – patlayıcı kuvvet üzerine etkisi .....	82

## TABLolar LİSTESİ

Tablo 1. Takviyelerin kullanıma göre sınıflandırılması.....	8
Tablo 2. Besinsel ergojenik desteklerinin performansa etkileri.....	12
Tablo 3. Farklı besin kaynaklarının nitrat içerikleri .....	13
Tablo 4. Farklı pancar suyu dozlarının egzersiz performansı üzerindeki etkileri.....	19
Tablo 5. Bazı yiyecek ve içeceklerdeki kafein miktarlar.....	26
Tablo 6. Katılımcıların demografik bulgularının tanımlayıcı istatistikleri .....	60
Tablo 7. Katılımcıların genel sağlık durumları ve besin takviyesi kullanım bulgularının dağılımı .....	61
Tablo 8. Katılımcıların bazı beslenme alışkanlıkları durumlarının dağılımı .....	62
Tablo 9. Katılımcıların aktivite durumlarının dağılımları .....	63
Tablo 10. Katılımcıların Antropometrik Ölçümlerinin tanımlayıcı istatistikleri.....	63
Tablo 11. Katılımcıların günlük diyetle tükettikleri enerji ve makro besin ögesi ortalaması ve DRI ile karşılaştırılması.....	65
Tablo 12. Katılımcıların günlük diyetle tükettikleri mikro besin ögesi ortalaması ve DRI ile karşılaştırılması .....	66
Tablo 13. Katılımcıların Performans ölçümlerinin referans ölçüm ile kafeinli kahve karşılaştırması .....	67
Tablo 14. Katılımcıların performans ölçümlerinin referans ölçüm ile pancar suyu karşılaştırması .....	69
Tablo 15. Katılımcıların performans ölçümlerinin referans ölçüm ile pancar suyu + kafeinli kahve karşılaştırması.....	71
Tablo 16. Katılımcıların performans ölçümlerinin tek başına kafeinli kahve ile tek başına pancar suyu karşılaştırması .....	73
Tablo 17. Katılımcıların performans ölçümlerinin kafeinli kahve alımı sonrası pancar suyu + kafeinli kahve karşılaştırması.....	75
Tablo 18. Katılımcıların performans ölçümlerinin pancar suyu alımının pancar suyu + kafeinli kahve karşılaştırması.....	77
Tablo 19. Katılımcıların Müdahalelere göre atletik performans ölçümlerinin karşılaştırması .....	79

Tablo 20. Katılımcıların referans ölçümlerinin AZD, Maks.KAH ve VO2maks ölçümleri arasındaki ilişkinin karşılaştırılması .....	83
Tablo 21. Katılımcıların kafeinli kahve sonrası ölçümlerinin AZD, Maks.KAH ve VO2maks ölçümleri arasındaki ilişki.....	83
Tablo 22. Katılımcıların Pancar Suyu sonrası ölçümlerinin AZD, Max.KAH ve VO2max ölçümleri arasındaki ilişki .....	83
Tablo 23. Katılımcıların Pancar suyu + Kafeinli Kahve ölçümleri sonrası AZD, Maks.KAH ve VO2maks ölçümleri arasındaki ilişki .....	84
Tablo 24. Referans ölçüm, maksimum kalp atım hızı, zirve güç, vücut ağırlığı ve yağ oranı değişkenlerinin VO2maks üzerine etkisine ilişkin çok değişkenli lineer regresyon analizi sonuçları.....	84
Tablo 25. Kafeinli kahve sonrası maksimum kalp atım hızı, zirve güç, vücut ağırlığı ve yağ oranı değişkenlerinin VO2maks üzerine etkisine ilişkin çok değişkenli lineer regresyon analizi sonuçları.....	85
Tablo 26. Pancar suyu sonrası maksimum kalp atım hızı, zirve güç, vücut ağırlığı ve yağ oranı değişkenlerinin VO2maks üzerine etkisine ilişkin çok değişkenli lineer regresyon analizi sonuçları.....	85
Tablo 27. Pancar suyu + kafeinli kahve sonrası maksimum kalp atım hızı, zirve güç, vücut ağırlığı ve yağ oranı değişkenlerinin VO2maks üzerine etkisine ilişkin çok değişkenli lineer regresyon analizi sonuçları .....	86

## ÖZET

### **Rekreasyonel Sporcularda Akut Olarak Alınan Pancar Suyu ve Kafeinli Kahvenin Aerobik ve Anaerobik Performans Üzerine Etkisinin Değerlendirilmesi**

Bu çalışmanın amacı, akut olarak alınan pancar suyu ve kafeinli kahvenin rekreasyonel sporcularda aerobik ve anaerobik performans üzerine etkilerini belirlemektir. Araştırmaya, yaş ortalaması 36,07±4,01 yıl olan, tamamı erkek (n=13) rekreasyonel düzeyde spor yapan bireyler katılmıştır. Çalışmanın başlangıcında katılımcıların antropometrik ölçümleri yapılmış, sosyodemografik anket formu doldurularak, beslenme alışkanlıkları ve fiziksel aktivite düzeyleri değerlendirilmiştir. Çalışmada, 4 farklı müdahale gününde katılımcılara plasebo, pancar suyu, kafeinli kahve ve kombine pancar suyu+kafeinli kahve protokolleri uygulanmıştır. Atletik performans değerlendirmeleri; 20 metre mekik koşu testi ve dikey sıçrama testi ile yapılmıştır. Testler sırasında kalp atım hızı (KAH) izlenmiş ve test sonunda algılanan zorluk derecesi (AZD) ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen verilerin istatistiksel analiz değerlendirmeleri “IBM SPSS 25.0 ile yapıldı. Sonuçlar, katılımcıların pancar suyu ve kafeinli kahve takviyesi alımını sonrasında ortalama kalp atım hızı, maksimum hız, mekik sayısı, kat edilen mesafe, VO<sub>2</sub> maks ve sıçrama yüksekliği gibi aerobik performans göstergelerinde istatistiksel olarak anlamlı bir artış olduğunu ortaya koymuştur (p<0,05). Buna karşın, anaerobik performans belirteci olan zirve güç değerinde ise anlamlı bir fark saptanmamıştır (p>0.05). Sonuçta, pancar suyu ve kafeinli kahve kombinasyonunun akut tüketimi, rekreasyonel sporcularda aerobik performansı tek başına pancar suyu ya da kafeinli kahve kullanımına göre daha fazla artırmaktadır. Ancak anaerobik performans üzerindeki etkilerinin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı ve bu etkinin ergojenik açıdan minimal düzeyde kaldığı sonucuna varılmıştır. Bu çalışmanın sonuçları, yarışma ya da antrenman öncesi pancar suyu ve kafeinli kahve kombinasyonunun, özellikle aerobik dayanıklılık performansını artırmada etkili bir akut beslenme strateji olabileceğini göstermektedir.

**Anahtar Sözcükler:** Aerobik performans, Anaerobik performans, Kafeinli kahve, Pancar suyu, Rekreasyonel sporcu

## **ABSTRACT**

### **Evaluation of The Acute Effects of Beetroot Juice and Caffeinated Coffee on Aerobic and Anaerobic Performance in Recreational Athletes**

The aim of this study was to investigate the effects of acute beetroot juice and caffeinated coffee intake on aerobic and anaerobic performance in recreational athletes. A total of 13 physically active male participants (mean age:  $36.07 \pm 4.01$  years) were enrolled in the study. At baseline, participants underwent anthropometric assessments and completed a sociodemographic questionnaire to evaluate their dietary habits and physical activity levels. Participants received four different interventions on separate days: placebo, beetroot juice, caffeinated coffee and a combination of beetroot juice + caffeinated coffee. Athletic performance assessments were conducted using the 20m shuttle run test and the vertical jump test (VJT). Heart rate (HR) was monitored during the tests and perceived exertion (RPE) were measured throughout upon completion. Statistical analyses were performed using IBM SPSS Statistics 25.0. The results revealed that the combined intake of beetroot juice and caffeinated coffee led to statistically significant improvements in aerobic performance indicators, including mean HR, max running speed, shuttle repetitions, total distance covered, VJT and  $VO_2$  max ( $p < 0.05$ ). However, no statistically significant change was observed in peak power output, a key marker of anaerobic performance ( $p > 0.05$ ). In conclusion, acute co-ingestion of beetroot juice and caffeinated coffee enhanced aerobic performance to a greater extent than either supplement alone in recreationally athletes. Nevertheless, the combination didn't yield statistically significant improvements in anaerobic performance, suggesting that its ergogenic impact in this domain remains minimal. These findings suggest that the acute consumption of beetroot juice and caffeinated coffee prior to training or competition may serve as an effective nutritional strategy to improve aerobic endurance performance.

**Keywords:** Aerobic performance, Anaerobic performance, Beetroot juice, Caffeinated coffee, Recreational athletes

# 1 GİRİŞ VE AMAÇ

Beslenme, anne karnından ölüme kadar sağlığın önemli belirleyicilerindedir. Sporcular için beslenme, performansı arttırmak, antrenman verimliliğini yükseltmek, kas gelişimini desteklemek, enerji seviyelerini korumak, yorgunluğu geciktirmek ve toparlanmayı hızlandırmak açısından önemli bir role sahiptir. Sporcu performansını belirleyen 3 temel faktör bulunmaktadır. Bunla; beslenme, genetik ve antrenmandır (1).

Sporcuların egzersiz sırasında karşılaştıkları en büyük sınırlayıcı faktörlerden biri yorgunluktur. Yorgunluk, kas glikojen depolarının tükenmesi, oksijen taşıma kapasitesinin sınırlanması ve merkezi sinir sisteminin etkinliğinin azalması gibi birçok fizyolojik ve biyokimyasal faktörden etkilenmektedir (2).

Son yıllarda tüm dünyada sporcular arasında performansı daha da geliştirme konusuna duyulan ilgi ve alaka bilimsel araştırmaların da giderek bu konuya daha fazla yönelmesine sebep olmuştur. Sporcular, antrenmana uyum ve adaptasyonu arttırmak, rekabet ortamında avantajı elde tutmak, yorgunluğu geciktirmek, dayanıklılığı sürdürmek ve antrenman sonrası toparlanmayı hızlandırmak için çeşitli beslenme stratejileri uygulamaktadır. Ergojenik yardımcıları da sporcuların fiziksel ve zihinsel performanslarını arttırmak amacıyla kullanılan destekler olarak öne çıkmaktadır (3).

Uluslararası Olimpiyat Komitesi (IOC) tarafından yayınlanmış raporda performansı arttıran besinsel ergojenik destekler listesinde sadece kafein, kreatin, sodyum bikarbonat, beta-alanin ve pancar suyu (besinsel nitrat) yer almaktadır. Kullanılan besinsel ergojenik desteğin ne kadar etkili olduğu miktar, zamanlama, tüketim sıklığı, cinsiyet ve genetik gibi sporcuya bağlı birçok faktörden etkilenmektedir (4).

Bu ergojeniklerin arasında, kafein sporcular tarafından antrenman ve yarışmalarda performans arttırıcı olarak en fazla tercih edilen besinsel ergojenik desteklerdir. Kafein, dünya çapında en yaygın kullanılan psikoaktif maddelerden biridir ve spor

performansını arttırmada etkili bir madde olarak kabul edilir. Kafeinli kahve, doğal bir kafein kaynağı olup, merkezi sinir sistemi üzerinde uyarıcı etkileri ile hem aerobik hem de anaerobik performansı iyileştirme potansiyeline sahiptir (5). Kafein, adrenalini arttırarak yağ hücrelerinden serbest yağ asitlerinin mobilizasyonunu aktive eder ve kasların enerji üretimi için yağları daha fazla kullanmasına ve böylece kas glikojen depolarının korunmasına yardımcı olur, yorgunluğu geciktirir ve dayanıklılığı arttırır (6).

Kafein, sadece fiziksel olarak değil, psikolojik olarak da spor performansını iyileştirebilir. Kafein, merkezi sinir sistemini uyarak egzersiz sırasında yorgunluğu geciktirebilir ve sporcuların fiziksel olarak daha rahat hissetmelerini sağlayabilir (5).

Son yıllarda sporcuların performansını artırma potansiyeline sahip bir diğer ergojenik destek ise nitrattır. Pancar suyu, içerdiği yüksek nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) içeriği sayesinde çalışmalarda ön plana çıkmaktadır (7,8). Pancar suyu, Dünya Anti-Doping Ajansı'nın (WADA) yasaklılar listesinde bulunmadığı için güvenli ve doğal bir besin takviyesi olarak hem sportif performansı iyileştirmede hem de sağlık üzerine fayda sağlaması amacıyla kullanılmaktadır (9).

Yapılan deneysel çalışmalar, pancardan besinsel nitrat alımının dolaşımında bazı fizyolojik yollardan geçerek nitrite ( $\text{NO}_2^-$ ) ve ardından nitrik okside (NO) dönüşerek damar genişlemesine yol açtığını; bu sayede kaslara oksijen taşınımını arttırıp egzersiz sırasında oksijen kullanımını daha verimli hâle getirebileceğini göstermiştir. Bu etki, dayanıklılık sporcuları için oksijen kullanımını daha verimli hâle getirir (10,11).

Yüksek nitrat içeren besin takviyelerinin sporcular tarafından tüketiminin oksijen maliyetini azalttığını ve dolayısıyla sporcunun daha uzun veya daha yüksek şiddette egzersiz yapabilmesini mümkün kıldığını; egzersiz sırasında performanslarının iyileştiği ve dayanıklılık sürelerinin uzadığı rapor edilmiştir (8).

Performans artırıcı besin destekleri, antrenman adaptasyonlarını optimize etmek ve yarışma sırasında üstünlük sağlamak amacıyla sporcular tarafından sıkça

kullanılmaktadır. Pancar suyu ve kafeinli kahve gibi doğal ergojenik destekler, sporcularda kan akışını artırarak, yorgunluğu geciktirerek ve enerji üretim yollarını optimize ederek performans üzerinde olumlu etkiler yaratabilir (12).

Bu bağlamda, özellikle pancar suyu ve kafeinli kahve gibi besin desteklerinin aerobik ve anaerobik performans üzerindeki etkisi geniş bir ilgi alanı haline gelmiştir. Ancak, literatürde kafein ve pancar suyunun ayrı ayrı performans artırıcı etkileri üzerine birçok çalışma bulunmasına rağmen, bu iki ergojenik desteğin kombine kullanımının performansa etkisini inceleyen sınırlı sayıda araştırma bulunmaktadır.

Bu çalışma, pancar suyu ve kafeinli kahve kombinasyonunun rekreasyonel sporcular üzerindeki ergojenik etkilerinin değerlendirilmesi için planlanmıştır.

## 2 GENEL BİLGİLER

### 2.1 Besin Takviyelerinin Spor Performansındaki Yeri

Besin takviyelerinin spor performansına etkileri, egzersiz ve spor bilimi ile beslenme alanındaki pek çok araştırma tarafından incelenmiştir. Genel olarak bu takviyeler; performansı artırma, toparlanmayı hızlandırma ve uzun vadede egzersize bağlı fizyolojik adaptasyonları destekleme potansiyeline sahiptir (13). Ancak her bireyde aynı etkiyi göstermeleri beklenmez. Kullanım dozu, süresi, antrenman tipi ve bireysel fizyolojik farklılıklar, takviyelerin etkililiğinde belirleyici rol oynar (14).

Avustralya Spor Enstitüsü (Australian Institute of Sport – AIS) besin takviyeleri ve sporcu gıdalarının, egzersiz ve spor yapan kişilere yönelik yoğun pazarlama stratejileri ve toplumun bu alana olan ilgisinden de faydalanarak kazançlı ve büyüyen bir sektör haline geldiğine dikkat çekerken, takviye kullanımının hem yaygınlığının hem de çeşitliliğinin giderek arttığı görülmektedir (15).

Besin takviyesinin ne olduğuna dair ne yasal çerçevede ne de beslenme bilimi kapsamında, tek bir tanım bulunmamaktadır. Amerika Birleşik Devletleri (ABD) Kongresi tarafından 1994 yılında Gıda Takviyesi Sağlık ve Eğitim Yasası (Dietary Supplement Health and Education Act – DSHEA) çıkarılmış ve bu yasa ile besin takviyeleri, özel bir kategori olan “besin” sınıfı içerisine alınmıştır. DSHEA kapsamında, “besin takviyesi”, ağız yoluyla alınan ve diyetin desteklenmesini amaçlayan “besinsel bileşen” içeren her türlü ürün olarak tanımlanmıştır. Bu “besinsel bileşenler” arasında şunlar yer alabilir: vitaminler, mineraller, bitkisel ürünler veya diğer botanikler, amino asitler, enzimler, organ ve bez dokuları ile metabolitler gibi biyolojik maddeler (16).

Ayrıca, bitkilerden veya besinlerden elde edilen ekstraktlar ya da konsantreler de besin takviyesi kapsamına girmektedir. Bu ürünler genellikle tablet, kapsül, yumuşak kapsül, sıvı, toz veya bar formlarında piyasaya sunulmaktadır (16).

DSHEA yasası uyarınca, piyasaya sürülen ürünlerin ambalajında “besin takviyesi” ibaresi açıkça belirtilmek zorundadır. Bu düzenleme, tüketicilerin ürün hakkında doğru bilgilendirilmesini ve yanlış yönlendirmelerin önlenmesini amaçlamaktadır (17).

Bu genel bakış kapsamında, bir besin takviyesini şu şekilde tanımlamak daha doğru olabilir: günlük alışlagelmiş olan beslenmeye ek olarak, belirli bir sağlık ve/veya performans yararı elde etmek amacıyla bilinçli olarak alınan bir besin, besin bileşeni, paketli gıda veya besin dışı bileşiktir (18).

Düzenleyici tanımlar, fiziksel form (örneğin; tablet, toz, içecek, gıda), ürünün satış kanalı (örneğin; eczaneler, sağlıklı gıda mağazaları, internet), iddia edilen işlev ve kullanımını destekleyen kanıt düzeyi gibi farklı sınıflandırma sistemleri mevcuttur (19). Bu ürünler şu şekilde kategorize edilir:

**Takviye:** Gıdalardan izole edilmiş veya yoğunlaştırılmış formda sunulan tek veya çok bileşenli ürünler. Toz, sınırlı hacimli sıvı, hap veya kapsül formunda olup, belirli bir sağlık ve/veya performans yararı elde etmek için besin veya diğer besin ögesi bileşenleri sağlar (Örneğin sıvı öğün yerine geçen ürünler, vitamin-mineraller).

**Spor Besinleri:** Sporcuların genel beslenme ihtiyaçlarını normal gıdalara kıyasla daha pratik şekilde karşılamaları ya da egzersiz döneminde hedefe yönelik kullanım yapmaları için formüle edilmiş ürünlerdir. Örneğin egzersiz öncesi-sonrası gibi özel kullanım amaçları için üretilmiş spor içecekleri, jeller, barları gibi.

**Zenginleştirilmiş Besin:** Üretim aşamasında vitamin veya diğer besin öğelerinin eklenmesiyle hem işlevsel özellikleri hem de besin değeri arttırılmış gıdalardır. (Örneğin; mineral veya vitamin takviyesi yapılmış ya da besin öğeleriyle güçlendirilmiş besinler).

**Fonksiyonel Besin:** Temel besin öğelerinin dışında ek besin öğeleri veya bileşenlerle insan sağlığı üzerinde fizyolojik fayda sağlayan ve belirli hastalıkların

riskini azaltmaya yardımcı olan doğal ya da zenginleştirilmiş besinlerdir. Bu zenginleştirmenin amacı, gıdanın doğal besin profiline ait fonksiyonel özellikleri artırmaktır.

Tablo 1. Takviyelerin kullanıma göre sınıflandırılması (15)

Kullanım Alanı	Örnek	Olası Risk Faktörleri
Spor Besinleri: Günlük besin tüketiminin pratik olmadığı durumlarda, besinleri kolay ve uygun şekilde sağlamak amacıyla kullanılan özel ürünler.	Spor içecekleri, enerji jelleri, sıvı besinler, spor barları, protein tozları, elektrolit takviyeleri.	Çoğu sporcu besinleri yasaklı maddelerle kontaminasyon açısından düşük risk taşır.
Tıbbi takviyeler: Teşhis edilmiş besin eksiklikleri gibi klinik sorunları tedavi etmek amacıyla kullanılır.	Demir, kalsiyum, D vitamini, vitamin/mineraller, probiyotikler.	Eczanelerden satın alınan vitamin ve mineral takviyelerinin çoğu (hepsi değil) katı farmasötik denetim altında üretilir.
Ergojenik Takviyeler: Performansı artırma amacı taşıyan takviyelerdir.	Kafein, $\beta$ -alanin, bikarbonat, nitrat (pancar suyu), kreatin, gliserol.	WADA'nın yasaklılar listesinde yer almasa da zararlı maddelerle çapraz bulaşma ve/veya farmasötik ajanların eklenmesi yoluyla kasıtlı hile riskleri mevcuttur.
Fonksiyonel ve süper besinler: Sağlık ve performansı optimize ettiği iddia edilen ürünler.	Bitkiler, deniz yosunu, spirulina, chia tohumu, taze meyve (acai, goji) özleri vb.	Aktif biyolojik madde miktarının garantisi yok. Ürün heterojenliği biyolojik olarak aktif bileşenleri tanımlamayı ve kategorize etmeyi zorlaştırabilir.
Diğer takviyeler: Çok çeşitli bitkisel ve botanik özler ve konsantreleri içerir. Gıdalardan izole edilmiş veya yoğunlaştırılmış formda sunulan ürünler.	Takviyeler: kilo kaybı sağlayıcı, enerji verici, cinsel istek arttırıcı, saç dökülmesi önleyici vb.	MSS uyarıcıları ile hormonlar veya hormon öncülleri içerebilir. Tüketicinin hızlı ve belirgin sonuç beklemesi nedeniyle bu ürünlerin sahtecilik riski yüksektir.

Kişiselleştirilmiş bir spor beslenme planı, sporcunun antrenmandan elde edeceği verim ve faydaları en üst düzeye çıkarmasına, hastalık ve sakatlık riskini azaltmasına ve yarışma ortamında en iyi performansını sergilemesine yardımcı olabilir. “Önce besin” yaklaşımı, yani sporcunun beslenme tercihlerinde ve beslenme programlarında işlenmemiş ve geleneksel besinlere odaklanmak, bu planın temelini oluşturur. Bununla birlikte, besin takviyelerinin ve spor gıdalarının stratejik kullanımı da bu sürece katkı sağlayabilir (18).

Bazı spor gıdaları, yoğun bir yaşam tarzında veya egzersiz sırasında artan enerji ve besin ögesi ihtiyacını karşılama hedeflerine ulaşmayı kolaylaştıran ve hedefe yönelik bir yöntem sunan pratik seçenekler olabilir. Bazı takviyeler ise “risk altındaki” besin öğelerini yeterli dozlarda sağlayarak, tanısı konmuş bir besin ögesi, vitamin-mineral eksikliğini önlemeye veya tedavi etmeye yardımcı olabilir (19). Yine bazı takviyelerin, antrenman adaptasyonu, uyku düzeni, ağırlık yönetimi ile hastalık ve sakatlık riskini azaltma gibi konularda destek sağlayarak dolaylı yoldan performansı iyileştirdiği gösterilmiştir. Spor hekimleri ve spor diyetisyenleri, bu ürünlerin kanıta dayalı kullanımını daha geniş bir planın parçası olarak yönlendirebilir (20).

## **2.2 Ergojenik Destek**

Ergojenik destek, egzersiz performansını artıran ya da antrenmana uyumu ve adaptasyonu geliştiren herhangi bir antrenman tekniği, mekanik bir alet, beslenme müdahalesi, farmakolojik yöntem veya psikolojik performans stratejisi olarak tanımlanır (17,21). Bu tanım oldukça geniş kapsamlıdır ve hem egzersize hazırlık sürecinde hem egzersiz sırasında verimliliğin artırılmasında hem de egzersiz sonrası toparlanmanın iyileştirilmesinde etkili olabilecek yöntemleri içerir.

Ergojenik yardımcıları; bireyin yoğun antrenmanlara daha iyi adapte olmasını, sakatlıklardan korunmasını veya antrenman yükünü tolere etmesini kolaylaştırabilir. Bu yardımcıları yalnızca fiziksel performansı değil, aynı zamanda sporcunun fizyolojik dayanıklılığını ve psikolojik motivasyonunu da destekleyebilir.

Bazı spor beslenmesi uzmanları, bir takviyenin “ergojenik” olarak kabul edilebilmesi için, kontrollü bilimsel çalışmalarda egzersiz performansını anlamlı düzeyde arttırdığının gösterilmesini şart koşmaktadır. Yani, koşu hızını artırması, daha fazla ağırlık kaldırmaya yardımcı olması veya belirli bir egzersiz süresince daha fazla iş yapılmasını sağlaması gibi doğrudan ölçülebilir etkiler göstermesi beklenir (12). Bu bağlamda, kafein ve pancar suyu gibi takviyeler güçlü bilimsel desteğe sahipken; diğer bazı ürünler (vitaminler, yağ yakıcılar gibi) hakkında veriler sınırlı ya da çelişkilidir. Bu nedenle, her ergojenik destek ayrı ayrı değerlendirilmelidir (22).

### 2.2.1 Besinsel ergojenik destekler

Uluslararası Spor Beslenmesi Derneği (International Society of Sports Nutrition-ISSN), herhangi bir besin desteği ya da yönteminin ergojenik etkisini değerlendirirken, bu etkilerin geçerliliği ve bilimsel dayanağının sistematik olarak incelenmesi gerektiğini önermektedir (17).

ISSN, bir besin desteği ya da tekniğin performans artırıcı potansiyelini değerlendirirken aşağıdaki gibi temel soruların sorulmasını önermektedir:

- Bu takviyenin/teknikğin fizyolojik veya biyolojik etkilerine dair mantıklı bir bilimsel açıklama var mı?
- Ergojenik etkiler, hakemli yayınlarla destekleniyor mu?
- Etki düzeyi nedir? (küçük, orta, büyük)
- Yan etki riski nedir? Güvenlik profili uygun mu?
- Uygulama şekli ve tüketim miktarı bilimsel temellere dayanıyor mu?
- Benzer amaçlara yönelik başka, daha etkili veya daha güvenli alternatifler var mı?

Bu sorular, bir besin desteğinin bilimsel değerini nesnel ölçütlerle analiz etmek için temel bir çerçeve sunar.

Son yıllarda özellikle sporcularda besinsel ergojenik desteklere olan ilgide artış görülmektedir ancak kanıta dayalı olarak spor performansı üzerine olumlu etkileri olduğu gösterilen besinsel ergojenik destek sayısı oldukça azdır. Bunlar doğal ve sentetik kaynaklı olabilir (18):

- Doğal Ergojenik Destekler: Pancar Suyu, Kafein, Kreatin, Beta-Alanin
- Sentetik Ergojenik Destekler: Sodyum Bikarbonat, L-karnitin

Besinsel ergojenik destekler arasında karbonhidratlar, proteinler, elektrolitler ve amino asitler de yer alır. Bu destekler enerji metabolizmasını iyileştirerek aerobik ve

anaerobik kapasiteyi geliştirmede önemli bir rol oynayabilir, yorgunluğu geciktirebilir veya metabolik süreçleri idealize edebilir (12).

Çoğu sporcu enerji ve besin ögesi ihtiyacını yeterli ve dengeli bir diyetle karşılayabilse de beslenmelerini dışarıdan bir takviye ile desteklediklerinde bunun fizyolojik etkilerinin yanı sıra, kendilerine duydukları güven ve inançtan kaynaklanan psikolojik faydalarından da yararlanabilir. “Plasebo etkisi” olarak adlandırılan bu durum kimi zaman görmezden gelinse de sporcular için ölçülebilir düzeyde olumlu katkı sağlayabilir. Bu durum, sporcuları düzensiz ve yetersiz planlanmış bir programdan ziyade, iyi tasarlanmış ve gerekli takviyelerle desteklenmiş bir beslenme planı uygulamaya teşvik eder (20,22).

Besinsel ergojenik desteklerde yer alan çok sayıda bileşen, zaman zaman yasaklı maddeler ya da ürün etiketinde belirtilmemiş bazı içerikleri de bulunabilir. Bu durum özellikle doping karşıtı kuralların ihlal edilmesi riskini beraberinde getirebilir. Ergojenik destek kullanımının yanlış planlanması ve ürün içeriklerinin yeterince kontrol edilmemesi hem sporcu sağlığı üzerine olumsuz etkilere yol açabilir hem de kasıtlı ya da kasıtsız olarak dopingle ilişkilendirilmesine yol açabilir (23). Bu bakımdan fiziksel ve bilişsel performans artışı için sporcular ve spor hekimi spor diyetisyenleri yalnızca güçlü bir kanıt grubunun güvenli, yasal ve etkili olarak kullanımını desteklediği ergojenik besinleri dikkate almalıdırlar.

IOC tarafından yayınlanan performansı arttırdığı kanıtlanmış olan besinsel destekler listesinde sadece kafein, kreatin, nitrat, sodyum bikarbonat ve beta-alanin yer almaktadır (18). ASI, performans üzerinde etkisi kanıtlanmış olan besin takviyelerini bir değerlendirmeye tabii tutmuştur. Bu değerlendirmeye göre;  $\beta$ -alanin, sodyum bikarbonat, kafein, kreatin, gliserol ve pancar suyunun A kanıt düzeyinde etki gösteren besin takviyeleri olduğu belirtilmektedir (15).

Tablo 2. Besinsel ergojenik desteklerinin performansa etkileri (15)

Takviye	Aerobik Performansa Etkisi	Anaerobik Performansa Etkisi
<b>Kafein</b>	Yorgunluk algısını azaltır, dayanıklılığı artırır.	Güç ve sprint performansını artırır.
<b>Pancar Suyu</b>	Oksijen kullanım verimliliğini artırır.	Sprint performansına minimal etkisi vardır
<b>Kreatin</b>	Aerobik performansa doğrudan etkisi sınırlıdır	Kas içi fosfokreatin depolarını artırarak patlayıcı gücü artırır.
<b>Beta-Alanin</b>	Aerobik kapasiteyi arttırmaz.	Laktik asit tamponlamasını artırarak anaerobik performansı geliştirir.
<b>Sodyum Bikarbonat</b>	Kan pH dengesini destekleyerek dayanıklılığı artırabilir	Laktik asit birikimini geciktirerek anaerobik kapasiteyi artırır.

### 2.2.1.1 Besinsel nitrat takviyesi olarak pancar suyu

Beta vulgaris olarak bilinen pancar, lif, karbonhidratlar ve fenolik bileşikler gibi besinler ve biyoaktif maddeler açısından zengin bir kaynaktır. Ayrıca bu sebze; potasyum, demir, kalsiyum, bakır, sodyum ve çinko gibi makro ve mikro elementlerin yanı sıra B1, B2, B3, B6, biyotin ve B12 vitaminlerini de içerir. Bu biyoaktif bileşiklerin temel yapıtaşını betalainler oluştururken, kumarin, karotenoid, seskiterpenoid, triterpen ve astragalin, tilirozid, rhamnositrin, kaempferol ile rhamnetin gibi flavonoidler de önemli bir yer tutar (24). Kırmızı pancar, kendine özgü yoğun rengini betasiyanin pigmentlerine borçludur; bu pigmentler arasında betanin, izobetanin, betanidin, izobetanidin, vulgaksantin I ve II ile indiksantin bulunur. Ayrıca bu sebze nitrit ve nitrat bakımından da zengindir. Besinlerde alınan nitratların ağız yoluyla biyoyararlanımı %100'dür (25). Pancar ve pancardan elde edilen ürünlerdeki bu yararlı bileşenlerin, pek çok sağlık problemini önleme ve yönetme potansiyeli olduğu belirtilmektedir. Farmakolojik ve fitokimyasal olarak incelendiğinde, pancarın antioksidan, antibakteriyel, antikanserojen, kolesterol düşürücü ve antiinflamatuar niteliklere sahip olduğu görülür (26).

Yeşil yapraklı sebzeler, nitratın başlıca diyet kaynaklarını oluşturmaktadır. Araştırmalar, yapraklı sebzelerin tohum veya kök kısımlarına kıyasla daha yüksek seviyelerde nitrat içerdiğini göstermektedir (26,27). Yüksek nitrat içeriğine (>1000 mg/kg) sahip yapraklı sebzeler arasında roka, ıspanak, marul yer almaktadır. Ayrıca,

pancar, turp ve kereviz de önemli miktarda nitrat içeren diğer kök sebze örneklerindedir. Bu sebzeler yaklaşık olarak 100gram başına 140 ila 260 mg nitrat içermektedir. Bu miktar, yaklaşık 2,3–4,2 mmol nitrat alımına denk gelir (62 mg nitrat≈1mmol) (28). Farklı besinlerde bulunan besinsel nitrat içerikleri Tablo 3’de verilmiştir (29).

Lucarini ve diğerlerinin çalışmasında, sebzelerdeki nitrat içeriği mevsimsellik ve tarımsal yetiştirme sistemlerinden önemli ölçüde etkilenmektedir. Özellikle marul üzerine yapılan karşılaştırmalı analizlerde, biyodinamik olarak yetiştirilen bitkilerin, aynı koşullarda organik olarak yetiştirilenlere kıyasla 1,3 ila 2 kat daha az nitrat biriktirdiği tespit edilmiştir. Bu bulgu, nitrat birikiminin yalnızca bitkinin türüne değil, aynı zamanda tarımsal uygulamalara ve çevresel koşullara da bağlı olduğunu göstermektedir (30).

Bu nedenle, diyetle alınan nitrat miktarını değerlendirirken yalnızca besin türüne değil, aynı zamanda üretim yöntemine ve mevsime de dikkat edilmesi gerektiği söylenebilir.

Tablo 3. Farklı besin kaynaklarının nitrat içerikleri (29)

Nitrat Düzeyi	Taze Sebze / Kilogram Başına	Besinler
Çok Yüksek	2500mg (40mmol)	Pancar, kereviz, marul, ıspanak, roka
Yüksek	1000-2500mg (18-40mmol)	Çin lahanası, kereviz, hindiba, pırasa, maydanoz
Orta	500-1000mg (9-18mmol)	Lahana, dereotu, şalgam, havuç suyu
Düşük	200-500mg (3-9mmol)	Brokoli, havuç, karnabahar, kabak
Çok Düşük	<200mg (<3mmol)	Kuşkonmaz, enginar, bakla, bezelye, mantar, domates, karpuz, patates

Besin kaynaklı nitrat tüketiminin sağlık üzerine olumlu etkileri, çok sayıda çalışma tarafından ortaya konmuştur. Nitratın arteriyel kan basıncını düşürme, trombosit agregasyonunu baskılama, iskemik-reperfüzyon hasarından koruma

sağlama ve endotel disfonksiyonunu iyileştirme gibi etkileri olduğu gösterilmiştir (29,31).

Pancar suyu, atletik performansını artırmak isteyen kişiler tarafından tercih edilmektedir. Pancar nitrik okside dönüştürülebilen yüksek konsantrasyonda nitrat içerir. NO'nun insan vücudunda çeşitli işlevleri bulunmaktadır; bunlar arasında vazodilatasyon, kan basıncının düşürülmesi ve oksijen ile besin maddelerinin organlara taşınımının artırılması yer alır. Bu fizyolojik etkiler, pancar suyunun kardiyovasküler hastalıkların önlenmesi ve tedavisinde potansiyel faydalara sahip olabileceğini göstermektedir. Ayrıca, besinsel nitrat tüketimi iskelet kaslarına oksijen taşınımını artırabilir, kas verimliliğini iyileştirebilir, egzersiz toleransını ve dayanıklılığı artırabilir. Bu da spor performansı üzerinde pozitif etkiler oluşturabilir (32,33). Ancak fazla miktarda nitrat tüketiminin olası sağlık riskleri de göz ardı edilmemelidir. Pancar suyunun yüksek miktarlarda tüketimi, bireylerin günlük kabul edilebilir nitrat alım sınırını kolaylıkla aşmasına neden olabilir. Bu durum, kimyasal karsinojenler sınıfında yer alan N-nitroso bileşiklerin (NOC) endojen olarak oluşumuna katkıda bulunabilir ve başka olumsuz sağlık etkilerine de yol açabilir (32). Bu bağlamda yapılan bir çalışmada, araştırmacılar Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından belirtilen kabul edilebilir günlük alım düzeyinde nitrat alımının (3,7 mg/kg vücut ağırlığı), amin açısından zengin balık içerikli bir öğünle birlikte tüketilmesi durumunda uçucu nitrozaminlerin oluşumunu incelemiştir. ADI düzeyindeki nitrat alımı, tükürükteki ortalama nitrat ve nitrit konsantrasyonlarında anlamlı bir artışa yol açmış ve idrarda NOC'ların atılımını artırdığını göstermiştir. Bu bulgu, diyetle alınan nitratın NOC oluşumuna katkıda bulunabileceğini düşündürmektedir (34).

Nitrat alımının özellikle amin veya amid açısından zengin diyetlerle birlikte olması halinde, endojen olarak kanserojen bileşiklerin oluşumuna zemin hazırlayabileceğini göstermektedir. Dolayısıyla, besinsel nitrat tüketiminin sadece kısa vadeli performans ya da kardiyovasküler yararları ile değil, aynı zamanda potansiyel uzun vadeli karsinojenik etkileriyle birlikte bütüncül olarak değerlendirilmesi gerekmektedir (35). İşlenmiş et ürünleri de et işleme sırasında kullanılan nitrat/nitrit katkı maddeleri nedeniyle diyetteki bir diğer önemli nitrit kaynağını oluşturur. Ancak

tüketilen nitrat ve nitritlerin büyük bir çoğunluğu katkı maddelerinden değil, sebze ve meyvelerden gelmektedir (36).

Pancar suyu tüketiminin olası olumsuz etkilerine dair mevcut literatür, sağlığa olan faydalarını araştıran çalışmalara kıyasla sınırlıdır. Daha önce yapılmış sistematik derlemeler ise çoğunlukla belirli popülasyonlara ve sınırlı sonuç ölçütlerine odaklanmış ve kapsamlı veri sunmamıştır (35,37,38). Dengeli bir risk değerlendirmesi yapılabilmesi için bu alandaki bilimsel verilerin artırılması gerekmektedir (33).

### **2.2.1.2 Nitrik oksit fizyolojisi**

NO diğer bir adıyla azot monoksit, vücudun farklı dokularından üretilebilen, kan akışının düzenlenmesi, sinir iletimi, bağışıklık yanıtı, glikoz ve kalsiyum dengesi, kas kasılması ve mitokondriyal solunum gibi insan fizyolojisini çeşitli şekillerde düzenleyen bir sinyal molekülüdür (31).

Vasküler sistemde endotel kaynaklı gevşetici faktör olarak tanımlanması ile birlikte fizyolojik önemine dikkat çekilmiş ve özellikle dolaşım sistemi, sinir sistemi ve bağışıklık sistemi üzerinde çok yönlü etkileri olduğu ortaya konmuştur (39,40). Nitrik oksit, iki temel biyokimyasal yolla üretilebilir. Bunlar, NOS-bağımlı (enzimatik) yol ve NOS-bağımsız (enzimatik olmayan) yoldur.

#### **2.2.1.2.1 NOS bağımlı yol**

Enzimatik nitrik oksit sentezinde, endojen nitrat ve nitritler, l-arjinin-NOS (nitrik oksit sentaz) yolakları aracılığıyla sentezlenmektedir. Bu biyokimyasal süreçte, nitrik oksidin oksidasyonu sonucunda nitrat ve nitrit oluşur. NO sentezi, özellikle endotel hücrelerinde gerçekleşir; burada l-arjinin, nitrik oksit sentaz enzimlerinin katalizlediği reaksiyonlarla sitruline dönüştürülürken aynı zamanda NO üretilir (41).

Enzimatik yol için deoksihemoglobin, miyoglobin, nöroglobin, ksantin oksidoredüktaz, aldehit oksidaz, karbonik oksidaz ve mitokondriyal enzimlere ihtiyaç

vardır (42). Reaksiyon için NADPH (nikotinamid adenin dinükleotid fosfat), O<sub>2</sub> (oksijen), FAD (flavin adenin dinükleotidi), FMN (flavin mononükleotid), hem grubu ve BH<sub>4</sub> (tetrahidrobiopterin) gibi kofaktörlerin varlığı gereklidir. Bu yolda NO<sub>2</sub><sup>-</sup> ve NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ise NO'nun oksidasyon son ürünleri olarak ortaya çıkar (41).

NOS enzimleri üç farklı izoformda bulunur:

- nNOS (nöronal NOS; NOS1): Sinir sistemi dokularında bulunur ve nörotransmisyonu düzenler.
- eNOS (endotelial NOS; NOS3): Endotelial hücrelerde bulunur ve damar tonusunun korunmasında görev alır. Vazodilatasyon, trombosit agregasyonunun inhibisyonu ve antiinflamatuvar etkiler eNOS'un aracılığıyla gerçekleşir.
- iNOS (indüklenebilir NOS; NOS2): Makrofaj ve diğer bağışıklık hücrelerinde, inflamatuvar sitokinlerin etkisiyle indüklenir ve bağışıklık yanıtı sırasında yüksek miktarda NO üretir (43).

Enzimatik nitrik oksit sentez yolu fizyolojik koşullar altında nitrik oksidin temel üretim kaynağıdır ve özellikle oksijenin yeterli olduğu ortamlarda aktif olarak çalışır. Bu mekanizmalarla hem dış kaynaklardan alınan hem de vücutta doğal olarak üretilen nitrat ve nitritler, kardiyovasküler fonksiyonlar başta olmak üzere birçok fizyolojik süreçte önemli rol oynamaktadır. Fakat bu denge, alım düzeyleriyle birlikte vücuttaki oksidatif durum ve enzimatik kapasitesi gibi faktörlerden etkilenebilir (39,42).

#### 2.2.1.2.2 NOS bağımsız yol

Enzimatik olmayan yoldan nitrik oksit üretimi, özellikle hipoksik ve asidik koşullarda önem kazanan alternatif bir NO üretim mekanizmasıdır. Bu yol, diyetle alınan inorganik nitratın vücutta nitrite, ardından da nitrik okside dönüşmesini içeren üç aşamalı bir süreçtir (29).

Diyetle alınan besinsel nitratların yaklaşık %5–7'si, tükürükte bulunan nitratların ise yaklaşık %20'si, ağız boşluğunda bulunan kommensal bakteriler tarafından nitrite

indirgenir (37). Dil kökünde yerleşik bulunan oral bakteriyel türler, nitrik oksit üretim sürecinin ilk adımında önemli bir rol oynar. Bu bakteriler, NOS'lar aracılığıyla alınan nitratları nitrite indirger. Yutma sonrası, nitrat ve nitritler mide ortamında, özellikle asidik pH'ta çeşitli enzimatik ve enzimatik olmayan yollarla metabolize edilir (44).

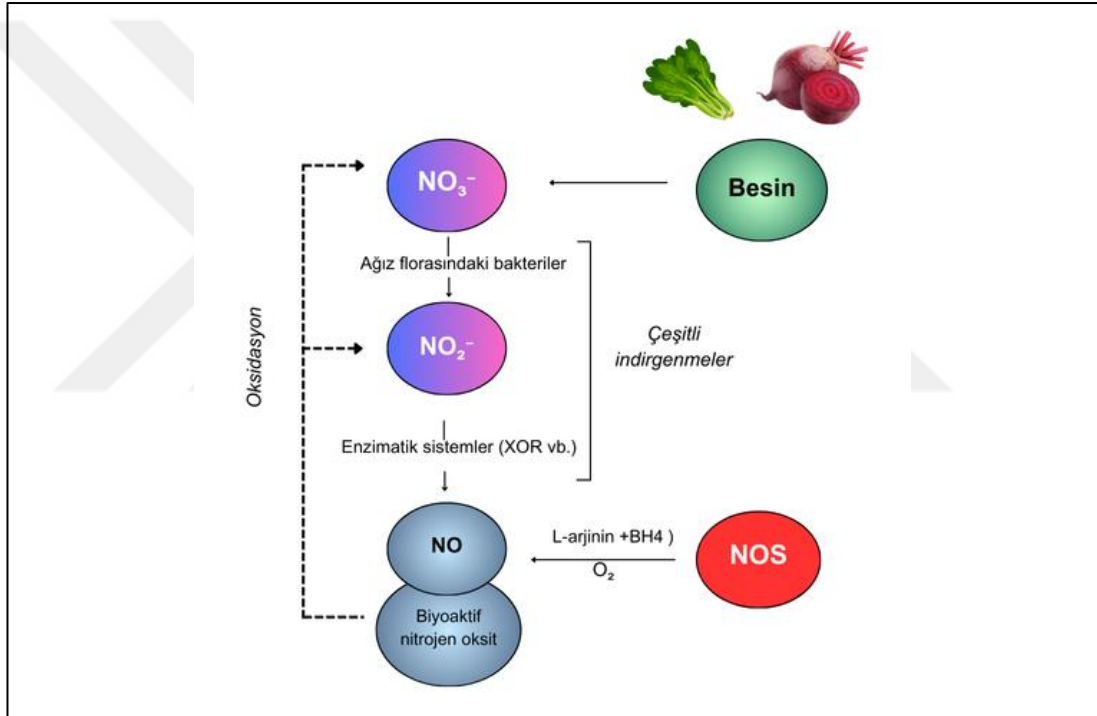
Yüksek miktarda nitrat alımından sonra plazmada zirve seviyeye ulaşma süresi ise 1 ila 3 saat arasındadır (45). Bunu izleyen 2-3 saat sonra plazma nitrit düzeyi de en yüksek noktaya çıkar. Ardından her iki değerde azalma başlar ve yaklaşık 24 saat içinde başlangıçtaki seviyesine dönülür (46). Dolaşımdaki ve dokulardaki NO, zamanla kendiliğinden oksitlenerek yeniden nitrit ve nitratlara dönüşebilir. Alınan fazla nitratların yaklaşık %75'i idrarla vücuttan atılırken, geri kalanı tükürük bezlerinde yeniden emilerek konsantre edilir ve tükürükle dış ortama salgılanır. Tükürük bezlerindeki nitrat konsantrasyonu, plazma düzeylerine kıyasla 10–20 kat daha yüksektir (47).

Enzimatik olmayan dönüşüm yolların genellikle mide asiditesine bağlı olarak gerçekleşir. Bu dönüşümler sonucunda yalnızca nitrik oksit değil, aynı zamanda biyolojik olarak aktif diğer azot oksit türevleri de oluşur (44,48). Bu üretim yolu, özellikle hipoksi durumlarında oksijen bağımlı NOS sisteminin yetersiz kaldığı, NOS enzimlerinin işlevselliğinin azaldığı durumlarda alternatif bir NO kaynağı olarak devreye girer ve fizyolojik adaptasyonlarda önemli rol oynar. Çünkü klasik l-arjinin-NOS yolunun etkisi bu koşullarda azalır (29). Ayrıca, nitrat takviyesiyle vücut NO üretimini artırmanın farmakolojik değil, doğal ve besinsel bir yaklaşım olması, bu yolun spor biliminde ve klinik uygulamalarda dikkatle ele alınmasına neden olmuştur (49).

Bu mekanizma, nitratın biyoyararlanım sürecinde hem ağız florasının hem de mide ortamının kritik rol oynadığını, dolayısıyla besinsel nitratların fizyolojik etkilerinin bu sistemlerle sıkı bir etkileşim içinde olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, antiseptik gargara gibi ağız florasını baskılayan ürünlerin kullanımı, nitrat takviyelerinin etkisini azaltabilir. Nitrat biyoyararlanımının etkinliği, yalnızca tüketilen miktara değil, aynı zamanda ağız içi mikrobiyal aktiviteye de bağlıdır (29).

Nitratın nitrite indirgenmesi, daha sonra mide gibi asidik ortamlarda nitrik okside dönüşerek özellikle damar genişlemesi, kan basıncının düzenlenmesi ve oksijen taşınması vasıtasıyla egzersiz performansı gibi etkiler, bu dönüşüm yollarının etkinliğiyle doğrudan ilişkilidir (11).

C vitamini ve polifenoller gibi bazı besinsel bileşikler, nitritlerden nitrik oksit oluşumunu artırabileceği gibi, oluşan NO'nun oksidatif yıkımına karşı da koruma sağlayarak yarı ömrünü uzatabilir. Bu bileşikler ince bağırsakta sistemik dolaşıma emilir ve kana/plazmaya geçerler (48).



Şekil 1. Nitrik Oksit (NO) sentezi: NOS ve Nitrat–Nitrit–NO yolları (50)

### 2.2.1.3 Pancar suyu tüketim dozu ve zamanlaması

Pancar suyu takviyesinin performans arttırıcı etkileri, uygulanan takviye yöntemine bağlı olarak değişiklik gösterir; özellikle verilen pancar suyunun miktarı ve takviyenin ne süreyle yapıldığı bu etkiyi belirlemede etkili bir rol oynar. Wylie ve diğerleri yaptıkları çalışmalarında besinsel nitrat alımı ile egzersiz ekonomisi ve egzersiz toleransı arasındaki doz-cevap ilişkisini değerlendirmiştir (51). Özellikle, 70mL,

140mL ve 280 mL konsantre pancar suyunun [sırasıyla 4,2 mmol (260 mg), 8,4 mmol (521 mg) ve 16,8 mmol (1042 mg) nitrat içeren] alt-maksimal bisiklet sürüşü sırasında maksimum  $\dot{V}O_2$  ve egzersiz toleransı üzerindeki etkisi, nitrat tüketiminden 2,5 saat sonra incelenmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre, 8,4mmol ve 16,8 mmol  $NO_3^-$  alt-maksimal egzersiz sırasında  $\dot{V}O_2$  'yi sırasıyla %2 (p=0.06) ve %3 oranında azaltmıştır. Ayrıca, akut olarak 8,4 mmol ve 16,8 mmol  $NO_3^-$  alımının egzersiz toleransını iyileştirmede benzer derecede etkili olduğu (%14 ve %12 sırasıyla) tespit edilmiştir. Ancak, akut olarak 4,2 mmol  $NO_3^-$  tüketiminin egzersiz ekonomisi veya egzersiz toleransı açısından belirgin bir fayda sağladığı gözlenmemiştir (52).

Genel olarak araştırmalar, yaklaşık 6–8 mmol (yaklaşık 370–500 mg) nitrat içeren pancar suyu takviyelerinin egzersiz performansında anlamlı iyileşmeler sağlayabileceğini ortaya koymaktadır. Bu miktar genellikle 70–140 mL konsantre pancar suyu ya da yaklaşık 500 mL taze pancar suyuna eşdeğerdir (49,53,54).

Pancar suyunun etkili olabilmesi için tüketiminin zamanlaması da büyük önem taşır. Pek çok çalışma, nitrat içeren takviyelerin egzersizden 2–3 saat önce tüketilmesini önermektedir (2,55,56). Bu süre, nitratların ağızda nitrite ve daha sonra sistemik dolaşımında nitrik okside dönüşmesi için gereklidir (39). Nitratın biyolojik olarak aktif formlara dönüşümü ağız florasındaki bakteriler aracılığıyla başladığı için, bu süreçte antiseptik gargara gibi ürünlerin kullanımından kaçınılmalıdır (57). Bununla birlikte, pancar suyu takviyesi hem tek doz hem de birkaç gün ya da hafta boyunca sürekli kullanım protokollerinde uygulanabilmektedir. Akut doz alımında genellikle egzersiz öncesi 2–3 saatlik süre tercih edilirken, kronik kullanımlarda egzersiz öncesi her gün belirli bir saat diliminde benzer dozlar uygulanmaktadır (58).

Tablo 4. Farklı pancar suyu dozlarının egzersiz performansı üzerindeki etkileri

Çalışma	Pancar Suyu Dozu	Katılımcılar	Egzersiz Türü	Sonuçlar
Wylie ve diğerleri 2013 (51)	70 mL (4.2 mmol $NO_3^-$ ), 140 mL (8.4 mmol $NO_3^-$ ), 280 mL (16.8 mmol $NO_3^-$ )	Rekreasyonel aktif bireyler	Bisiklet ergometresi	140 ve 280 mL dozları, egzersiz sırasında oksijen tüketimini azalttı ve egzersiz toleransını artırdı. 70 mL dozunda belirgin bir etki gözlenmedi.

Tablo 4. Farklı pancar suyu dozlarının egzersiz performansı üzerindeki etkileri (devam)

Çalışma	Pancar Suyu Dozu	Katılımcılar	Egzersiz Türü	Sonuçlar
Muggeridge ve diğerleri (59)	Tek doz 500 mL pancar suyu (~5 mmol NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	Antrenmanlı bisikletçiler	Simüle edilmiş yükseklikte zaman denemesi	Pancar suyu, submaksimal egzersiz sırasında oksijen tüketimini azalttı ve zaman denemesi performansını iyileştirdi.
Bond ve diğerleri (60)	140 mL (8.4 mmol NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) ve 70 mL (4.2 mmol NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) pancar suyu	Antrenmanlı kürekçiler	2000 m kürek ergometresi	8.4 mmol NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> dozu, 2000 m kürek performansını iyileştirdi; 4.2 mmol NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> dozunda belirgin bir etki gözlenmedi.
Kenjale ve diğerleri (61)	500 mL pancar suyu (~11.2 mmol NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	Periferik arter hastalığı olan bireyler	Yürüme testi	Pancar suyu, yürüme süresini ve egzersiz toleransını artırdı.
Hoon ve diğerleri (52)	140 mL pancar suyu (~8.4 mmol NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	Elit sporcular	Yüksek yoğunluklu aralıklı egzersiz	Pancar suyu, yüksek yoğunluklu aralıklı egzersiz performansını iyileştirdi.

Bu tabloda, farklı pancar suyu dozlarının egzersiz performansı üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmalar seçilmiş, her çalışma, uygulanan pancar suyu dozu, katılımcıların özellikleri, egzersiz türü ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmalı olarak değerlendirilmiştir. Özellikle, tek bir doz besinsel nitrat alımını takiben 2.5 saat içinde egzersizin oksijen tüketiminin azaldığı ve egzersiz performansının iyileştiği rapor edilmiştir (51,59,62). Bu durum, plazma nitrit konsantrasyonunun en yüksek seviyesine ulaşması için gereken süreyle uyumludur. Ancak bugüne dek yapılan egzersiz-performans çalışmalarında yaklaşık 5–8 mmol NO<sub>3</sub><sup>-</sup> kullanıldığı için, akut NO<sub>3</sub><sup>-</sup> alım miktarı ile egzersize verilen fizyolojik tepkiler arasında doz-cevap ilişkisi olup olmadığı henüz net değildir. Hem temel araştırmalarda hem de uygulamalı egzersiz alanlarında pancar suyu takviyesinin giderek daha popüler hâle geldiği göz önüne alındığında, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> alımı ile egzersize verilen fizyolojik yanıtlar arasındaki doz-cevap ilişkisinin belirlenmesi ve egzersiz performansını artırmada en uygun NO<sub>3</sub><sup>-</sup> dozunun saptanması önem taşımaktadır (63).

#### 2.2.1.4 Pancar suyunun egzersiz performansına etkileri

Besinsel nitrat takviyesinin egzersiz performansı üzerindeki etkileri literatürde giderek daha fazla dikkat çekmektedir. Pancar suyu tüketiminin egzersiz performansı üzerindeki etkilerini en üst düzeye çıkarmak için uygun doz ve zamanlama çok önemlidir. Araştırmalar, pancar suyu içeriğindeki nitratın vücutta nitrik okside dönüşerek kan akışını ve oksijen taşınmasını iyileştirdiğini, bunun da dayanıklılık ve performansı artırabileceğini göstermektedir (55,56,64).

Lansley ve diğerleri tarafından gerçekleştirilen çift kör, plasebo kontrollü ve çapraz tasarımlı bir çalışmada, akut olarak alınana pancar suyu takviyesinin kısa süreli dayanıklılık performansı üzerine etkisi incelenmiştir. Araştırmaya katılan fiziksel olarak aktif dokuz erkek katılımcı, egzersiz öncesinde ya nitrat içeren pancar suyu (500 ml; yaklaşık 6,2 mmol NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ya da nitratı uzaklaştırılmış plasebo içeceği tüketmiştir. Katılımcılar daha sonra 4 km ve 16,1 km'lik bisiklet zaman denemeleri testini tamamlamış. Bulgular, nitrat takviyesi sonrasında her iki mesafede de anlamlı düzeyde performans artışı yaşandığını göstermektedir. Bisiklet 4 km denemesinde süre ortalama 11 saniye, 16,1 km denemesinde ise 45 saniye kısalmış; bu gelişmeler sırasıyla %1,6 ve %2,7 oranında daha hızlı tamamlanma ile sonuçlanmıştır. Ayrıca, egzersiz sırasında oksijen tüketiminde azalma gözlemlenmiş ve bu durum kasların iş yaparken daha az enerji harcayarak daha verimli çalıştığını göstermiştir. Bu çalışma, akut nitrat alımının yalnızca dayanıklılık performansını artırmakla kalmayıp aynı zamanda kas verimliliğini de olumlu yönde etkileyebileceğine dair önemli kanıtlar sunmaktadır (8).

Bu bulgularla uyumlu olarak, daha yakın tarihli çalışmalar da VO<sub>2</sub> 'nin, VO<sub>2</sub> maks'in %40, %60 ve %80'inde gerçekleştirilen 5 dakikalık bisiklet egzersizi sonrasında anlamlı ölçüde azaldığını bildirmiştir (33,65). Ancak, bu çalışmalar aynı zamanda, tek doz nitrat takviyesinin VO<sub>2</sub> maks değerini plasebo ile karşılaştırıldığında değiştirmedini de belirtmiştir (51).

Bond ve diğçerlerinin, yürüttüğü bir çalışmada, egzersizden iki saat önce uygulanan tek doz nitrat takviyesi (750 mg), VO<sub>2</sub> maksimumun %40, %60 ve %80 şiddetlerinde yapılan bisiklet egzersizi sırasında, plasebo ile karşılaştırıldığında beyin arteriyel kan akış hızını önemli ölçüde artırmış; serebrovasküler direnç, kalp kası oksijen talebinin bir göstergesi olan hız-basınç çarpımının ve sistolik kan basıncını ise azaltmıştır. Bu sonuçlar, özellikle kalp yetmezliği veya hipertansiyon gibi rahatsızlıkları olan bireyler için, egzersiz sırasında kalp üzerindeki yükü azaltabileceği ve inme riskini düşürebileceği için klinik açıdan önemli bulunmuş. Diğçer taraftan, kalp debisi, kalp atım hızı ve diyastolik kan basıncı gibi diğçer kardiyovasküler parametrelerde anlamlı bir değışiklik gözlenmemiştir (60).

Başka bir çalışmada iyi antrenmanlı bisikletçilerde yapılan bir çalışmada, 1 hafta boyunca düzenli olarak günde 12,4 mmol nitrat tüketiminin 10 km zaman denemesi süresini yaklaşık %1,6 oranında kısalttığı görülmüştür (59).

Atletik olmayan bireylerde akut nitrat takviyesinin egzersiz kapasitesi ve performans üzerindeki inceleyen sınırlı sayıda çalışma vardır. Bu bağlamda, Murphy ve diğçerleri, orta düzeyde antrenmanlı katılımcıların 200 gram fırınlanmış pancar (yaklaşık  $\geq 500$  mg nitrat) tükettikten sonra gerçekleştirdikleri 5 km'lik koşu performanslarını %3 oranında artırdıklarını raporlamıştır. Bununla birlikte ortalama koşu hızında %3, maksimum koşu hızında ise %5 oranında artış saptanmış; algılanan zorluk düzeyi ve kalp atım hızı ise pancar ve plasebo koşulları arasında anlamlı fark göstermemiştir (56).

Egzersiz sırasında algılanan zorluk derecesi (AZD), bireyin subjektif olarak hissettiği fiziksel çaba düzeyini ifade eder ve egzersiz yoğunluğu, süresi, oksijen tüketimi ve metabolik stres gibi birçok fizyolojik faktörle ilişkilidir. Son yıllarda pancar suyu gibi nitrat bakımından zengin besinlerin, egzersiz sırasında AZD düzeyini düşürebileceği yönünde bulgulara ulaşılmıştır (66).

Porcelli ve diğçerleri, VO<sub>2</sub> maks düzeyine göre gruplandırılmış bireylerle gerçekleştirdiği araştırmada, pancar suyu takviyesinin düşük aerobik kapasiteye sahip

grupta daha fazla performans artışı ve daha düşük AZD değerleri ile sonuçlandığı rapor edilmiştir. Bu bulgular, bireysel aerobik uygunluk düzeyinin nitrat yanıtlarını etkileyebileceğini göstermektedir (67).

Bir başka çalışmada ise, 7 günlük nitrat takviyesi protokolü sonrasında uygulanan aralıklı egzersizlerde sadece fiziksel performans değil, bilişsel işlevlerde de gelişme saptanmıştır. Egzersiz süresince daha düşük AZD skoru bildiren katılımcılar, bilişsel görevlerde daha iyi performans sergilemiştir (10).

Bailey ve diğerlerinin çalışmasında ise, pancar suyu takviyesinin egzersiz sırasında oksijen tüketimini azaltarak enerji verimliliğini artırdığı ve bu mekanizmanın daha düşük algılanan çaba düzeyi ile sonuçlandığı ortaya konmuştur. Bu literatür bulguları, pancar suyunun içerdiği nitratin periferik vazodilatasyon ve mitokondriyal verimlilik üzerindeki etkileri yoluyla fiziksel efor hissini azaltabileceğini göstermektedir. Bu nedenle, algılanan zorluk düzeyi, pancar suyu takviyesinin egzersiz performansına etkilerini değerlendirirken dikkate alınması gereken önemli bir parametre olarak öne çıkmaktadır (68).

Pancar suyu, içeriğindeki yüksek nitrat sayesinde egzersiz sırasında nitrik oksit üretimini artırarak ergojenik etki gösterebilmektedir. Bu etki, damar genişlemesi, oksijen taşınımı, mitokondriyal verimlilik ve kas kontraksiyonunun iyileşmesi yoluyla ortaya çıkmaktadır (69).

Sistematik incelemeler, pancar suyu takviyesinin özellikle dayanıklılık sporcularında, hem aerobik kapasiteyi hem de kas dayanıklılığını iyileştirebileceğini göstermektedir (64,70,71). Nitrik oksit düzeylerinin artışı sayesinde egzersiz sırasında oksijen tüketimi azalmakta, bu da enerji verimliliğini artırmaktadır. Ancak bu etkiler her zaman tutarlı değildir. Örneğin, Arnold ve diğerleri, yaptıkları çalışmada, 7 mmol  $\text{NO}_3^-$  içeren pancar suyu takviyesinin iyi antrenmanlı atletlerde yüksek irtifa koşu performansını anlamlı düzeyde artırmadığını bulmuşlardır (72). Bu da pancar suyunun etkilerinin bireysel faktörlere, doz ve kullanım süresine bağlı olabileceğini düşündürmektedir. Ayrıca, Gallardo ve Coggan tarafından yapılan bir analiz,

piyasadaki pancar suyu ürünlerinin nitrat içeriklerinin oldukça değişken olduğunu ve yalnızca birkaç ürünün performans artırıcı eşik olan  $\geq 5$  mmol NO<sub>3</sub><sup>-</sup> içerebildiğini ortaya koymuştur (73).

İyi antrenmanlı sporcularda farklı sürelerde uygulanan nitrat takviyesinin bisiklet performansı üzerindeki etkilerini araştıran randomize, çift kör, çapraz geçişli bir çalışmada 9 elit bisikletçi, yedi gün boyunca 140 mL nitrat açısından zengin pancar suyu (~8,0 mmol NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) veya bir placebo içeceği tüketilmiş; katılımcılar, hem fizyolojik hem de performans ölçümlerini değerlendirmek için bir takım testlere tabi tutulmuşlar. Üçüncü ve altıncı günlerde 4 km sürüş denemesi, dördüncü ve yedinci günlerde 1 km sürüş denemeleri yapılmış. Plasebo ile karşılaştırıldığında, 3-4 günlük nitrat takviyesinden sonra gözlemlenen etkiler 4 km zaman denemesi performansı için anlamlı bir değişkenlik göstermemiş. Aynı şekilde, 6-7 günlük takviyeden sonra, 4 km veya 1 km denemelerinde de anlamlı bir fark bulunmamıştır. Ek olarak, zirve güç çıkışının %40, %50 ve %60'ındaki egzersiz ekonomisi 3. ve 6. günlerde istatistiksel olarak etkilenmemiştir (p> 0.05). Bu bulgular, yüksek eğitimli bisikletçilerde, kısa süreli nitrat takviyesinin 1 km veya 4 km bisiklet performansı için ergojenik faydalar sağlamayabileceğini göstermektedir (74).

### 2.3 Kafein

Kafein, besinlerde en yaygın bulunan metilksantin (1,3,7-trimetilksantin) türevidir (75). Bitki dünyasında 13 farklı takıma ait yaklaşık 100 türde doğal olarak bulunduğu tespit edilmiştir. Her ne kadar kavrulmuş kahve çekirdekleri ve çay yaprakları başlıca kaynak olarak kabul edilse de, kafein; mate, kakao ağacının meyvesi, guarana bitkisi ve kola yemişlerinde de yüksek miktarda bulunmaktadır (76). Ayrıca birçok ticari enerji içeceği, sporcu takviyesi ve farmasötik üründe sentetik olarak da kullanılmaktadır. Bazı yiyecek ve içeceklerde bulunan kafein miktarları Tablo 5'te verilmiştir.

Günümüzde dünya nüfusunun yaklaşık %80'i her gün kafein içeren bir ürün tüketmektedir (77). Kafeinin özellikle uyarıcı etkileri nedeniyle tercih edilmesi kafeini dünyada en fazla tüketilen psikoaktif madde konumuna getirmiştir (78,79).

Kafein, 1980'li yıllardan itibaren hem merkezi sinir sistemi üzerine uyarıcı etkileri hem de potansiyel performans artırıcı özellikleri nedeniyle spor dünyasında performans artırıcı ergojenik potansiyeli nedeniyle dikkat çekmiş, yaygın olarak kullanılmış, bilimsel ve etik tartışmalara konu olmuştur (77). İlk olarak 1984 Los Angeles Olimpiyatları'nın ardından, IOC öncülüğünde, yasaklı maddeler listesine dahil edilmiş ve 12 µg/ml idrar konsantrasyonlarını aşan kullanımları sınırlandırılmıştır (80).

Kafein, 2004 yılına kadar WADA tarafından izleme altında tutulan maddeler arasında yer aldığı ve bu dönemde idrar kafein konsantrasyonunun 12 µg/ml üzerinde olması durumunda pozitif doping vakası olarak değerlendirildiği belirtilmiştir. Bu eşik değerinin üzerindeki düzeylerin, performansı artırmak amacıyla bilinçli kafein tüketimini gösterebileceği varsayılmıştır. Ancak kafein, toplum genelinde yaygın olarak tüketilen bir madde olması, bireyler arası metabolik farklılıklar ve ölçüm hassasiyeti gibi nedenlerle 2004 yılında yasaklı maddeler listesinden çıkarılmış olsa da WADA'nın müsabaka içi izleme programı kapsamında değerlendirilmesine devam edilmiştir. Bu yaklaşım, kafeinin suiistimal edilebilme potansiyeline karşı önlem alırken, normal düzeyde tüketimin cezalandırılmasının da önüne geçmeyi amaçlamaktadır. Ayrıca bu durum ergojenik etkilerine rağmen kullanımının tamamen yasaklanmasının bilimsel ve etik açıdan yeterince gerekçelendirilemediğini göstermektedir (5).

Bu bağlamda kafein, günümüzde resmi olarak yasaklı olmamakla birlikte, performans artırıcı potansiyeli nedeniyle bazı sporcu grupları ve etik tartışmalar açısından halen dikkatle izlenen bir ergojenik destektir (81).

Tablo 5. Bazı yiyecek ve içeceklerdeki kafein miktarlar (82)

	Porsiyon Ölçüsü	Kafein Miktarı (mg)
Türk Kahvesi	1 fincan	82 – 86
Granül Kahve – Gold	1 kupa (200ml)	50
Granül Kahve – Classic	1 kupa (200ml)	69
Espresso	1 fincan (25ml)	35
Kafeinsiz Kahve	1 kupa (200ml)	6
Cappucino	1 fincan	37
CaffeLatte – Büyük Boy	450ml	70
Geleneksel Siyah Çay	1 çay bardağı (100ml)	44
Siyah Poşet Çay	1 poşet	22 – 35
Yeşil Çay – Poşet	1 poşet	11 – 20
EarlyGrey Çay – Poşet	1 poşet	42
Kola	1 kutu (330ml)	29
Kola Light	1 kutu (330ml)	49
İce-tea	1 kutu (330ml)	18
İce-teaLight	1 kutu (330ml)	17
Enerji İçecekleri	1 kutu (250ml)	18 – 50
Bitter Çikolata	1 paket (80g)	76
Sütlü Çikolata	1 paket (80g)	20
Çikolatalı Süt	1 su bardağı (200ml)	5
Kakao(toz)	1 tatlı kaşığı (5gram)	12

### 2.3.1 Kafein metabolizması

Kafein takviyesinin etkisini tam anlamıyla değerlendirebilmek için, öncelikle bu bileşiğin kimyasal yapısının ve vücutta nasıl emilip işlendiğinin anlaşılması gerekmektedir. Kafein, gastrointestinal sistemden hızla emilir ve hücre zarlarından geçtiği hızla dokulara taşınarak dolaşım sistemine katılır. Kafein (1,3,7-trimetilksantin) karaciğerde metabolize edilir ve enzimatik reaksiyonlarla üç ana metabolite (paraxanthine, teofilin ve teobromin) dönüşür (6). Tüketimden sonraki 15–45 dakika içinde kanda yüksek seviyelere ulaşır ve maksimum konsantrasyon genellikle tüketimden yaklaşık bir saat sonra görülür. Yağda ve suda çözünabilir olması sayesinde kafein, kan-beyin bariyerini kolaylıkla geçebilir (83). Diğer yandan, kafein ve metabolitleri böbrekler yoluyla atılır; alınan kafeinin yaklaşık %3–10'u

vücuttan değişmeden idrarla uzaklaştırılır. Doku alımı ve idrarla atılım süreçleri göz önünde bulundurulduğunda, kanda dolaşan kafein konsantrasyonları tüketimden sonraki 3–6 saat içinde %50–75 oranında azalır. Bu nedenle, kafeinin kandan temizlenme hızı, emilme ve metabolize edilme hızıyla paralellik göstermektedir (84).

### **2.3.2 Kafeinin etki mekanizmaları**

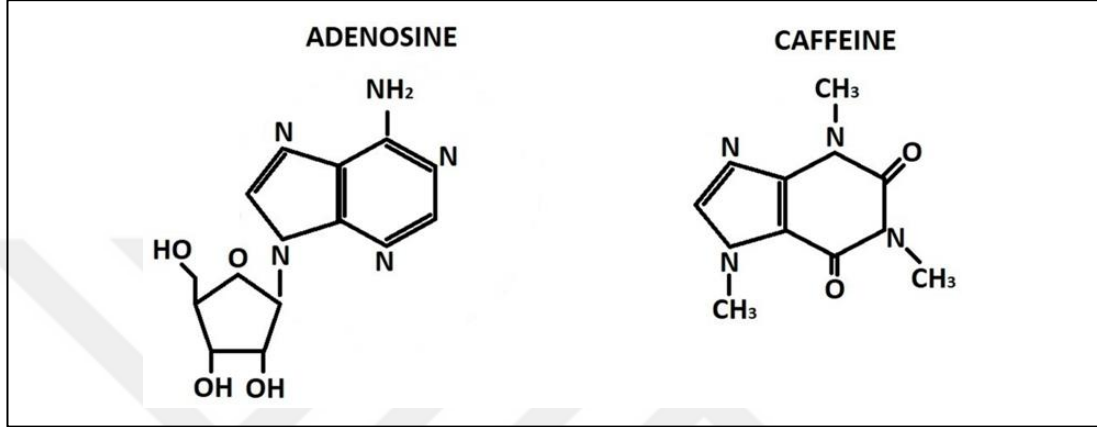
Kafein, egzersiz performansını artırıcı etkileriyle bilinen doğal bir uyarıcıdır. Bu etkilerin altında yatan fizyolojik mekanizmalar çok boyutludur ve merkezi sinir sistemi, iskelet kası düzeyi, enerji metabolizması ve hormonal yanıtlar gibi çeşitli sistemleri kapsar. Literatürde kafeinin etkilerine yönelik birçok teori önerilmiş olsa da, bu mekanizmalar genel olarak dört ana başlık altında incelenebilir. Bunlar; adenosin reseptör antagonizması, substrat kullanımında değişiklikler,  $\beta$ -endorfin salınımı ve nöromusküler fonksiyonlar üzerindeki etkileridir (81).

#### **2.3.2.1 Adenosin reseptör antagonizması**

Kafeinin ergojenik etkilerinin ortaya çıkış mekanizmalarından biri merkezi sinir sistemi (MSS) üzerindeki uyarıcı etkisidir. En çok kabul gören etki mekanizması, kafeinin adenosin reseptörlerine bağlanarak bu nörotransmitterin etkilerini bloke etmesidir (85). Lipofilik özelliği sayesinde kan-beyin bariyerini kolaylıkla geçebilen kafein, adenosin reseptörlerine bağlanarak bu nöromodülatörün merkezi sinir sistemi üzerindeki inhibitör etkilerini bloke eder (86).

Adenosin, özellikle uyanıklık süresince beyinde kademeli olarak biriken ve yorgunluk hissini arttıran bir bileşiktir. Vücudumuzda A1, A2A, A2B, A3 olmak üzere dört çeşit adenosin reseptörü bulunmaktadır. Yüksek şiddetli egzersiz ve kas kontraksiyonu sırasında hem kas dokusunda hem de plazmada adenosin düzeylerinde artış görülmektedir. Bu artış, adenosin trifosfat (ATP) ve türevlerinin metabolizmasına bağlı olarak gelişir. Dolayısıyla adenosin, hem merkezi hem de periferel düzeyde yorgunluk hissini oluşturmada rol oynayan önemli bir biyokimyasal araçtır (87).

Adenozin, A1 ve A2A reseptörleri başta olmak üzere dört farklı reseptör alt tipi üzerinden etkili olur ve genel olarak inhibitör sinyaller üretir. Kafein ise bu reseptörleri antagonize ederek, uyanıklığı ve sinirsel aktiviteyi artırır. Bu durum, bireyin yorgunluk algısını azaltır, dikkat ve reaksiyon süresini artırarak egzersiz toleransını ve performansını olumlu yönde etkileyebilir (88).



Şekil 2. Kafein ve adonezin moleküllerinin kimyasal yapısı (89).

### 2.3.2.2 Substrat kullanımı ve yağ oksidasyonu

Kafein, sadece merkezi sinir sistemi üzerinde değil, aynı zamanda enerji metabolizması üzerinde de önemli fizyolojik etkilere sahiptir. Kafeinin merkezi sinir sistemi üzerindeki etkilerine ek olarak, egzersiz sırasında substrat kullanımını da etkileyebildiği bilinmektedir. Özellikle araştırma bulguları, egzersiz sırasında kafeinin glikojen kullanımına olan bağımlılığı azaltarak serbest yağ asitlerinin mobilizasyonuna olan bağımlılığı artırdığını göstermektedir (90).

Egzersiz sırasında alınan kafein, kas glikojeninin kullanımını azaltırken, serbest yağ asidi mobilizasyonunu artırır ve bu da kaslarda yağ oksidasyonunun artmasına yol açar. Bu metabolik yolak, özellikle uzun süreli dayanıklılık egzersizlerinde glikojenin korunmasına ve böylece yorgunluğun gecikmesine katkıda bulunur (6).

Essig ve diğerleri, kilogram başına yaklaşık 5mg dozunda kafein tüketen bireylerde bacak ergometresiyle yapılan bisiklet egzersizi sırasında intramüsküler

trigliseritlerin kullanımıyla kas içi yağ oksidasyonunda anlamlı bir artış ortaya koymuştur (91). Benzer şekilde, Spriet ve arkadaşları yüksek dozda kafein alımının (9 mg/kg) ardından katılımcılara %80 VO<sub>2</sub> maks şiddetinde tükenene kadar bisiklet sürdürmüşler, egzersizin başlangıcında glikojenolizin azaldığını, bununla birlikte yağ asidi oksidasyonunun belirgin biçimde arttığını göstermiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre performans anlamlı şekilde artış göstermiştir ve hem kas içi hem de kas dışı yağ oksidasyonuna olan bağımlılığın arttığına dair kanıtlar elde edilmiştir (85).

Bu sonuçlar, kafeinin dayanıklılık performansına olan katkısının yalnızca merkezi sinir sistemi üzerindeki etkilerle değil, aynı zamanda enerji üretimi sırasında substrat kullanımını değiştirme kapasitesiyle karbonhidrat yerine yağ kaynağını kullanmaya yöneldiğini ortaya koymaktadır. Ayrıca kafeinin sadece plazmadan gelen serbest yağ asitlerinin değil, aynı zamanda kas içi lipid rezervlerinin de enerjiye dönüştürülmesinde rol oynayabileceğini düşündürmektedir (92).

### **2.3.2.3 β-endorfin salinimi**

Kafeinin performans artırıcı etkilerinden biri de egzersiz sırasında algılanan eforun ve ağrının azaltılması yoluyla ortaya çıkmaktadır. Bu alanda yapılan çalışmalardan biri olan, Motl ve diğerleri, bisiklet ergometresi üzerinde gerçekleştirdikleri deneysel araştırmada, kafein tüketiminin ağrı eşiğini anlamlı düzeyde yükselttiğini ortaya koymuştur. Bu durum, egzersiz sırasında hissedilen rahatsızlık düzeyinin azalmasına ve dolayısıyla egzersiz süresinin ya da şiddetinin artmasına neden olabilmektedir. Araştırmacılar, bu etkinin büyük ölçüde β-endorfin sistemi üzerinden, yani kafeinin merkezi sinir sisteminde endojen opioidlerin aktivasyonunu modüle etmesi yoluyla gerçekleştiğini öne sürmektedir. Bu bulgu, kafeinin sadece fizyolojik değil, aynı zamanda algısal ve nörokimyasal düzeyde de performansı destekleyici rol oynadığını göstermektedir (93).

β-endorfinler, hipofiz bezinden salgılanan endojen opioid peptitler olup, analjezik etki gösterirler ve motivasyon, mutluluk, dayanıklılık gibi psikobiyolojik durumlarla ilişkilidirler (94).

Kafein, adenosin reseptörlerini (özellikle A1 ve A2A) bloke ederek dopamin ve norepinefrin salınımını artırır. Bu artış hipofiz bezinden pro-opiomelanokortin kaynaklı  $\beta$ -endorfin salınımını uyarır. Laurent ve diğerleri, yaptıkları çalışmada 6 mg/kg kafein tüketen bireylerde, dayanıklılık egzersizi sonrasında plazma  $\beta$ -endorfin düzeylerinin plasebo grubuna kıyasla anlamlı şekilde arttığını göstermiştir. Bu durum, egzersiz sırasında hissedilen rahatsızlık seviyesinin azalmasına ve dolaylı olarak performansın artmasına katkı sağlayabilir (95).

Egzersiz  $\beta$ -endorfin düzeylerini artıran fizyolojik bir stres faktörüdür. Ancak kafein ile birlikte bu yanıtın şiddeti artabilir. Bu mekanizma, egzersiz sırasında ağrı eşliğini yükselterek bireyin daha uzun süre yüksek şiddette performans göstermesini mümkün kılar (96).

#### **2.3.2.4 Nöromusküler fonksiyonlar ve kas kasılması**

Kafein, adenosin reseptör antagonizmasının yanı sıra, fosfodiesteraz (PDE) enzimini inhibe etme, GABA (gamma-aminobutirik asit) reseptörlerini bloke etme ya da hücre içi kalsiyum mobilizasyonunu artırma gibi yollarla MSS fonksiyonlarını etkileyebileceği bilinmektedir. Bu inhibisyon, hücre içi siklik adenosin monofosfat (cAMP) düzeylerinde artışa neden olur. Artan cAMP seviyesi, birçok metabolik süreci aktive ederek lipoliz, glikojen yıkımı, kas kasılması ve nörotransmitter salınımı gibi fizyolojik olayları destekler (80).

GABA, merkezi sinir sisteminin başlıca inhibitör nörotransmitteridir. Kafeinin bu sistemi baskılaması, sinirsel uyarılabilirliği artırarak uyanıklık, dikkat düzeyi ve motor aktivite üzerinde uyarıcı bir etki yaratır (97). Ancak bu etkilerin ortaya çıkabilmesi için gereken kafein dozlarının, adenosin reseptör blokajı için gerekli dozlardan onlarca kat daha yüksek olduğu gösterilmiştir. Bu nedenle, fizyolojik dozlarda kafein alımı sonrası gözlenen MSS etkilerinin çoğu, adenosin antagonizması üzerinden açıklanmaktadır (98).

Aynı zamanda kafein, katekolaminlerin salınımını artırarak sempatik sinir sistemi aktivitesini güçlendirir. Bu durum, kalp atım hızında artış, bronkodilatasyon, enerji mobilizasyonu ve mental uyanıklıkta iyileşme gibi sonuçlar doğurur (79).

Kafeinin kas düzeyinde de etkileri olduğu düşünülmektedir. Yapılan bir çalışmada, 6 mg/kg dozunda kafein alımının izometrik bacak uzatma kuvvetini ve tükenmeye kadar geçen süreyi artırdığını gösterilmiştir. Bu etkiler, kafeinin kalsiyum iyonlarının hücre içi mobilizasyonunu artırarak kas kasılma gücünü desteklemesiyle ilişkili olabilir (99).

Bu çok yönlü mekanizmalar sayesinde kafein, yalnızca merkezi sinir sistemi üzerinde değil, aynı zamanda periferik metabolizma ve endokrin sistemlerde de performans artırıcı etkiler ortaya çıkarabilmektedir.

### **2.3.3 Kafein tüketim dozu ve zamanlaması**

Kafeinin düşük ve orta dozlarda alındığında (3–6 mg/kg) dayanıklılık, yüksek yoğunluklu egzersiz ve takım sporları gibi birçok performans parametresini geliştirebildiği Uluslararası Spor Beslenmesi Derneği'nin raporlarında yer almaktadır (80). Kafeinin etkileri arasında merkezi sinir sistemi uyarımı, yorgunluk algısının azalması, yağ oksidasyonunun artması ve kas glikojeninin korunması yer almaktadır (100). Spriet, kafeinin özellikle 5 dakikaya kadar süren yoğun egzersizlerde ve uzun süreli dayanıklılık aktivitelerinde anlamlı performans artışı sağlayabileceğini belirtmiştir (85).

Graham ve diğerleri, yaptığı öncü bir çalışmada, iyi antrenmanlı koşucular yaklaşık %85 VO<sub>2</sub> maks şiddetinde beş farklı koşu bandı egzersizi gerçekleştirmiştir. Katılımcılar egzersizden 60 dakika önce beş farklı protokolden birine tabi tutulmuştur: kafein kapsülü + su (4,45 mg/kg), normal kahve, kafeinsiz kahve, kafeinsiz kahve + kafein kapsülü ve plasebo. Sonuçlar, kafein kapsülü tüketen grubun 2-3 km daha fazla koştuğunu ve bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğunu ortaya koymuştur. Diğer

kafeinli içeceklerle benzer dozlar uygulanmış olsa da kahvenin içerisindeki diğer bileşenlerin kafeinin etkisini bastırabileceği düşünülmektedir (6).

Son yıllarda yapılan çalışmalar, kafeinin en etkili dozunun genellikle 3–6 mg/kg arasında olduğunu, daha yüksek dozların ise performansa ek fayda sağlamadığı gibi anksiyete, uykusuzluk veya sindirim sorunları gibi yan etkilere neden olabileceğini bildirmiştir (101). Ayrıca, kafein alımı yoğun olmayan bireylerde kafeinin ergojenik etkisinin daha belirgin olduğu; alışkın olanlarda ise etkinin sınırlanabileceği ifade edilmektedir (102).

Kafein alımını takiben plazma düzeylerinde hızlı bir artış gözlemlenmekte ve bu artış, tüketimden sonraki yaklaşık 45 ila 90 dakika içinde en yüksek seviyeye ulaşmaktadır. Kafeinin farmakokinetik özellikleri bireyler arasında farklılık gösterebilmekte olup, bu farklılıkların en belirgin nedeni genetik varyasyonlardır. Özellikle CYP1A2 geninde görülen polimorfizmler, kafein metabolizmasının hızını önemli ölçüde etkileyebilmektedir (103). Yapılan çalışmalar, vücut ağırlığına göre alınan kafein miktarının plazmadaki kafein konsantrasyonunu doğrudan etkilediğini ortaya koymuştur. Buna göre, kilogram başına 3 mg kafein alımı, plazma kafein düzeyini yaklaşık 15-20 mikromol/L; 6 mg/kg dozda alım, 40-50 mikromol/L; ve 9 mg/kg dozda ise 60-75 mikromol/L seviyelerine çıkarmaktadır (101,104,105).

Mielgo-Ayuso ve diğerleri, özellikle sporcularda en sık tercih edilen ve bilimsel olarak etkili olduğu kanıtlanmış doz aralığının 3–6 mg/kg olduğunu belirtmektedir. Bu doz aralığı hem güvenli hem de performans artırıcı etkiler açısından optimal kabul edilmektedir (106).

Kafein takviyesinin egzersiz performansına etkisi yalnızca alınan miktarla değil, aynı zamanda tüketim şekliyle de yakından ilişkilidir. Geleneksel olarak kafeini kahve olarak alınabileceği gibi, kapsül, jel ya da sıvı formda doğrudan takviye olarak da tüketilebilmektedir. Bu konuda yapılan çalışmalarda, kapsül formunda alınan anhidroz kafeinin biyoyararlanımının daha yüksek olduğu ve ergojenik etkisinin diğer formlara göre daha belirgin olduğu gösterilmiştir (105,107). Graham ve diğerlerinin yürüttüğü

bir araştırmada, yalnızca kafein takviyesi kullanımıyla katılımcıların egzersiz kapasitelerinde dikkate değer bir artış gözlemlenmiş, bireylerin yaklaşık 2–3 kilometre daha uzun mesafe koşabildiği rapor edilmiştir (6). Aynı çalışmada, kahvenin içerisinde bulunan ve doğrudan hissedilmeyen bazı bileşiklerin, kafeinin saf takviye formuna kıyasla etkinliğini azaltabileceği ifade edilmiştir. Bu görüş, Paulis ve arkadaşlarının yaptığı, kahvenin kavrulma sürecinde ortaya çıkan klorojenik asit türevlerini inceleyen çalışmalarıyla da desteklenmiştir. Araştırmacılar, bu bileşiklerin, kafeinin adenozin reseptörleri üzerindeki antagonist etkisini potansiyel olarak değiştirebileceğine dikkat çekmişlerdir (108).

Hodgson ve diğerleri yaptıkları çalışmada, kafeinli kahve ile kapsül formundaki kafeinin etkilerini karşılaştırmış, 5 mg/kg dozunda verilen kafeinin yalnızca kapsül formunda anlamlı performans artışı sağladığını bildirmiştir. Çalışmada kahveyle alınan kafeinin performans üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Bu bulgular, kahvede bulunan diğer fitokimyasalların kafein emilimini veya etki mekanizmasını modüle edebileceğini düşündürmektedir (109).

Tüm bu bulgular, performans artırımı amacıyla kafein takviyesi planlanırken; miktar, zamanlama, kullanım şekli ve bireysel farklılıklar göz önünde bulundurulması gerektiğini göstermektedir.

#### **2.3.4 Kafeinin spor performansına etkileri**

Kafein takviyesinin sportif performans üzerindeki etkilerini açıklamak için çeşitli mekanizmalar önerilmiştir. Ancak, çok sayıda kapsamlı derleme çalışması, en önemli mekanizmanın kafeinin adenozin reseptörlerine bağlanarak adenozin ile rekabet etmesi olduğunu belirtmiştir (6,110,111). Kafeinin başlıca etki alanlarından biri merkezi sinir sistemidir. Ayrıca, teofilin ve paraxanthine de belirli sinyal yolları aracılığıyla MSS zerindeki farmakolojik etkilere katkıda bulunabilir. Kafein ve spor performansı üzerine yapılan kapsamlı bir derleme çalışmasında şu ifadeye yer verilmiştir: Kafein kan-beyin bariyerini hem de vücuttaki tüm dokuların hücre

zarlarını geçebildiği için; kafeinin özellikle sinir sistemi mi yoksa iskelet kası üzerinde mi en büyük etkiye sahip olduğunu belirlemek son derece zordur (85).

Kafeinin dayanıklılık performansını artırabileceği bir diğer olası mekanizma,  $\beta$ -endorfin salınımını artırmasıdır. Laurent ve diğerleri, ürettikleri bir çalışmada, 6 mg/kg dozunda kafein alan katılımcıların, plasebo grubuna kıyasla, %65  $VO_2$  peak şiddetinde iki saatlik bisiklet egzersizi ve ardından yapılan yüksek yoğunluklu sprint sonrası plazma  $\beta$ -endorfin düzeylerinde anlamlı bir artış gözlemlenmiştir. Egzersiz sırasında endorfin düzeylerinin doğal olarak arttığı ve bu maddelerin analjezik özellikleri nedeniyle ağrı algısında azalmaya yol açabileceği bilinmektedir. Bu etki, kafeinin egzersiz süresince hissedilen yorgunluk ve rahatsızlık düzeyini azaltarak performansı dolaylı olarak artırabileceğini düşündürmektedir (95).

Çalışmalarda, kafeinin nöromusküler işlevleri ve/veya iskelet kası kasılmasını değiştirebileceğini de ortaya koymuştur. Kalmar ve diğerleri tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, orta düzeyde (6 mg/kg) alınan kafein, izometrik bacak uzatma kuvvetini ve submaksimal düzeyde yapılan izometrik bacak uzatmada tükenmeye kadar geçen süreyi anlamlı biçimde artırmıştır. Bu bulgular, kafeinin yalnızca merkezi sinir sistemi üzerinden değil, aynı zamanda kas düzeyinde de performansı artırıcı etkiler gösterebileceğini ortaya koymaktadır (99).

Jeukendrup ve Randell tarafından yapılan kapsamlı bir derlemede, kafeinin özellikle mitokondriyal yağ oksidasyon yollarını aktive ederek aerobik enerji üretimini optimize ettiği belirtilmiştir. Bu etki, yalnızca performans artışına değil, aynı zamanda egzersiz sonrası toparlanmanın iyileştirilmesine de katkıda bulunabilir (112).

Kafein, yalnızca fiziksel performansı değil, aynı zamanda bilişsel işlevleri de destekleyebilen bir uyarıcıdır. Özellikle reaksiyon süresi, dikkat süresi, karar verme hızı ve zihinsel dayanıklılık gibi bilişsel parametreler üzerinde etkili olduğu birçok çalışmayla ortaya konmuştur. Bu etkiler, kafeinin merkezi sinir sistemi üzerindeki uyarıcı rolü sayesinde gerçekleşmekte ve ergojenik etkilerinin kapsamını genişletmektedir (87).

Hodgson ve diğerklerinin derlemesinde, kafein alımının aerobik dayanıklılık, kısa süreli yüksek yoğunluklu egzersiz ve bilişsel performans üzerindeki etkileri kapsamlı biçimde değerlendirilmiştir. Çalışma, 3–6 mg/kg aralığında alınan kafein dozlarının, özellikle time trial formatındaki testlerde performansı artırdığını ortaya koymuştur. Ayrıca, kafein takviyesinin reaksiyon süresi, dikkat ve uyanıklık gibi bilişsel parametreleri de iyileştirdiği vurgulanmıştır (110,112).

Bu bulgular, kafeinin fiziksel kapasiteyle beraber, zihinsel konsantrasyon ve karar verme süreçlerini de optimize edebileceğini göstermektedir. Araştırmacılar ayrıca, kafein etkilerinin egzersiz zamanı, algılanan zorluk derecesi, bireysel tolerans seviyesi ve tüketim saati gibi birçok değişkene bağlı olarak farklılık gösterebileceğini ifade etmişlerdir. Dolayısıyla, kafein kullanımının kişiselleştirilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır (109).

Benzer şekilde, yayınlanan bir meta-analiz çalışmasında da kafein alımının zihinsel yorgunluk durumlarında bilişsel düşüşü telafi edici etkileri olduğu belirtilmiştir. Bu çalışma, kafeinin yalnızca uyanıklık değil, aynı zamanda bilgi işleme hızı, kısa süreli hafıza ve dikkat gibi daha kompleks bilişsel süreçlerde de olumlu etkiler gösterebileceğini ortaya koymuştur. Araştırmacılar, özellikle 3–6 mg/kg doz aralığının bu etkiler için ideal olduğunu vurgulamıştır (87).

Bir diğer önemli sonuç ise, bu bilişsel faydaların yalnızca sporcularda değil, uyku eksikliği yaşayan bireylerde ya da yüksek dikkat gerektiren iş ortamlarında çalışan bireylerde de gözlemleniyor olmasıdır. Bu yönüyle kafein, yalnızca sporcu beslenmesinin değil, aynı zamanda bilişsel performans gerektiren pek çok meslek grubu için de stratejik bir destekleyici olarak değerlendirilmektedir (88).

Özellikle genç sporcular üzerinde kafein takviyesinin ergojenik etkileri değerlendirildiği sistematik bir meta-analiz çalışmasında; kafeinin özellikle kısa süreli, yüksek yoğunluklu egzersizlerde performans artırıcı etkiler sunduğunu, ancak bu etkinin doza, katılımcının alışkanlık düzeyine ve egzersiz türüne göre değişkenlik gösterebildiğini ortaya koymuştur. Aynı zamanda genç sporcularda kalp atım hızında

artış ve anksiyete gibi olası yan etkilerin dikkatle değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmıştır (113).

Son yıllarda yapılan çalışmalarda, kafein tüketiminin dayanıklılık performansı üzerinde önemli ölçüde olumlu etkiler sağladığını göstermektedir. Kafein, egzersiz süresini uzatmakta, özellikle zamanla yarış gibi dayanıklılık gerektiren sporlarda performansı artırmakta ve bireylerin egzersiz sırasındaki algılanan zorluk derecesini azaltarak daha uzun süreli ve verimli egzersiz yapılmasına olanak tanımaktadır (104,114,115).

Buna ek olarak, kafein alımının yağ oksidasyonunu destekleyerek enerji metabolizmasını glikojen tüketiminden yağ kullanımına yönlendirdiği ve böylece kas glikojeninin korunmasına katkıda bulunduğu rapor edilmiştir. Bu durum, özellikle uzun süreli egzersizlerde yorgunluğun geciktirilmesi açısından önemli bir avantaj sağlamaktadır (106).

## **2.4 Enerji Sistemleri**

Yaşamın sürdürülebilmesi, temel vücut fonksiyonların yerine getirilmesi ve hareket edebilmek için sürekli olarak enerjiye ihtiyaç duyarız. Bu enerji günlük diyetle aldığımız besinlerden sağlanır. Besinler sindirildikten sonra, karbonhidratlar, proteinler ve yağlar sırasıyla glikoz, amino asitler ve yağ asitleri gibi basit bileşiklere ayrıştır; bu bileşikler kana karışarak vücudun farklı bölgelerindeki hücrelere taşınır. Hücre içinde bu enerji kaynaklarından ATP sentezlenir ve bu molekül enerji sağlayıcı yakıt olarak görev yapar (116).

Kas dokusunun egzersiz sırasında enerji ihtiyacını karşılamak için kullanılabilir en hızlı enerji kaynağı ATP'dir. Fakat vücutta depolanabilen ATP çok sınırlı olduğundan, enerji ihtiyacında meydana gelen ani değişikliklere hızlıca yanıt verebilecek ve çabucak devreye girebilecek farklı enerji üretim ve depolama sistemlerine ihtiyaç vardır. Egzersiz sırasında enerji ihtiyacını karşılamak amacıyla üç temel enerji sistemi aynı anda ve birbirleriyle entegre bir şekilde çalışır: Alaktik

anaerobik sistem laktik anaerobik sistem ve aerobik sistem. Bu sistemlerin her biri, egzersizin süresi, yoğunluğu ve kişinin antrenman seviyesine göre enerji üretimine farklı oranlarda katkı sağlar (117).

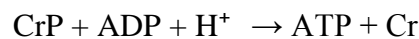
Egzersiz türlerinin tamamında kas kasılması, ATP nin yıkımı ve buna eşlik eden serbest enerjinin açığa çıkışına bağlıdır. Açığa çıkan bu serbest enerji, yalnızca kas kontraksiyonunun değil, aynı zamanda diğer hücrel faaliyetlerin de enerji gereksinimlerinin karşılanmasında kullanılmaktadır. Bu yönüyle ATP, hücre seviyesinde enerji döngüsünün temel düzenleyicisi olarak önemli bir rol oynamaktadır (118).



Bu reaksiyonda ATP, ATPaz enzimi aracılığıyla adenozin difosfata (ADP) ve inorganik fosfata ayrışırken, ortaya çıkan enerji kas liflerinin kasılmasında kullanılır.

#### **2.4.1 Kreatin fosfat sistem (ATP – PCr sistem)**

Alaktik anaerobik sistem, en hızlı erişilebilen enerji “depolama” biçimi olarak hizmet eder. Hücre içinde depolanmış olan ATP ve fosfokreatin (PCr) gibi yüksek enerjili fosfatları kullanarak çok hızlı bir şekilde enerji sağlayabilir. PCr, Kreatin kinaz (CK) enzimi, PCr’den ADP’ye bir fosfat grubunun aktarılmasıyla ATP oluşumunu katalizleyen bir reaksiyonu yönetir. Bu reaksiyon, PCr veya ADP varlığında hızla ilerler ve bunu oksijene ihtiyaç duymadan yapar. Ancak bu sistemin kapasitesi oldukça sınırlıdır; yalnızca birkaç saniyelik maksimal efor sırasında etkin bir şekilde çalışır. Yoğun ve hızlı egzersiz sırasında PCr depoları birkaç saniye içinde tükenir ve bu nedenle toparlanma döneminde yeniden doldurulmaları gerekir (119).



Kreatin kinaz tepkimesi sırasında bir protonun tüketilmesi, egzersizin başlangıcında kasta hafif bir alkali ortam oluşmasına neden olur. Egzersize bağlı

metabolik asidozun başlamasıyla birlikte AMP deaminaz enzimi aktive olur ve bu da AMP üretimini artırarak devamında amonyak ( $\text{NH}_4^+$ ) oluşumuna yol açar. Bu sistem, özellikle kısa süreli, yüksek yoğunluklu egzersizlerde hızlı ATP üretimi sağlamada belirgin role sahiptir. Bir mol PCr'den 1 mol ATP sağlanır (119).

#### 2.4.2 Anaerobik laktat sistemi (glikoliz)

Egzersiz birkaç saniyeden daha uzun süre sürdüğünde ATP'nin yeniden sentezlenmesi için gerekli enerji giderek daha fazla kan glikozu ve kas glikojen depolarından sağlanır. Anaerobik glikoliz, glikozun oksijen kullanılmadan laktik aside kadar parçalanması sürecidir. Kas glikojeninin yıkılmasıyla serbest kalan veya karaciğerde depolanan glikojenin yıkımı sonucu dolaylı olarak elde edilip kandaki glikoz taşıyıcı protein aracılığıyla kas hücresine giren glikoz molekülleri glikolitik yollara girer. Glikoliz, genel olarak serbest enerji değişiminin elverişli olduğu (yani depolanmış enerjinin net olarak açığa çıktığı) bir dizi reaksiyondan oluşur; bu süreçte 6 karbonlu bir glikoz molekülü, 3 karbonlu pirüvat birimlerine bölünür ve net 2 mol ATP kazanımı sağlanır (119).

Pirüvatın birkaç potansiyeli vardır: hücre içinde oksitlenebilir, kas dışına taşınıp kalp veya diğer kas hücreleri tarafından oksidasyon için alınabilir ya da karaciğer tarafından tekrar glikoza dönüştürülebilir. Oksijen olmadığında pirüvik asit doğrudan laktik aside dönüşür. Laktat üretimi nedeniyle yoğun egzersiz sırasında kas yorgunluğuna neden olabilecek metabolik yan ürünlerin birikmesine yol açabilir (117). Bu sistem, ATP üretim hızı bakımından ATP-PCr sistemine göre daha düşük, ancak kapasite açısından daha yüksektir. ATP-PCr sistemi ve glikolitik sistem birlikte oksijenin olmadığı durumda kasın kuvvet üretmesine imkân sağlar. Bu iki sistem yüksek şiddette egzersizin erken dönemlerinde baskın enerji elde etme yöntemidir. Bu iki sistem 2 dakika ve daha uzun süren tüm aktivitelerde gereksinim duyulan enerjinin tamamını karşılayamaz. Uzun süreli egzersiz aerobik sistem olan üçüncü bir enerji sistemine dayanır (120).

Glikoz veya glikojen  $\rightarrow$  Puvik asit  $\leftrightarrow$  Laktik asit Glikoz ve glikojenin anaerobik oksidasyonu ile ATP oluşur. Bir mol glikozdan 3 mol ATP sentezlenir (121).

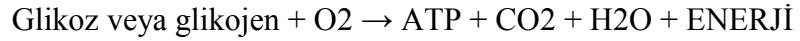
Yaklaşık 30 saniyelik bir egzersiz süresi boyunca, glikolizin ATP dönüşümüne katkısı, kreatin fosfat (CrP) sistemine göre neredeyse iki kat fazla olduğu bildirilmektedir. Yapılan tahminlere göre, 30 saniyelik bir sprint sırasında enerji üretiminin yaklaşık %23'ü fosfajen sisteminden, %49'u glikolizden ve %28'i oksidatif yani aerobik sistemden sağlanmaktadır. Buna karşılık, 10 saniyelik maksimal sprint sırasında enerji ihtiyacının %53'ü fosfajen sisteminden, %44'ü glikolizden ve yalnızca %3'ü aerobik enerji sisteminden karşılanmaktadır (122).

### **2.4.3 Aerobik enerji sistemi (oksidatif sistem)**

Aerobik enerji sistemi, vücudun gerçekleştirdiği tüm fiziksel aktivitelerin temelini oluşturan ve ATP üretiminin büyük bir kısmını sağlayan en önemli enerji sistemidir. Özellikle uzun süreli ve düşük-orta şiddetteki egzersizlerde enerji üretiminin temel mekanizmasını oluşturur (117). Hücre solunum yoluyla ATP'nin yeniden sentezi, mitokondrilerde gerçekleşir ve yeterli oksijen varlığında yakıtların "parçalanması" ile sağlanır. Bu yakıtlar, hem kas içi kaynaklardan (serbest yağ asitleri ve glikojen) hem de kas dışı kaynaklardan (yağ dokusundan gelen kandaki serbest yağ asitleri ve diyetle alınan ya da karaciğerden salınan kandaki glikoz) temin edilebilir (120). Bu sistem, özellikle uzun süreli ve düşük-orta şiddetteki egzersizlerde enerji üretiminin temel mekanizmasıdır. Ortamda yeterli oksijen olduğunda mitokondriyal solunum, ATP üretiminde son derece verimli bir yol sunar ve karbonhidratlarla birlikte yağları da etkin biçimde kullanabilir (117).

Aerobik enerji üretim sistemi yalnızca glikolizle sınırlı değildir; aynı zamanda krebs döngüsü ve elektron taşıma zinciri gibi mitokondride gerçekleşen karmaşık kimyasal reaksiyonları da içerir. Hücrenin sitoplazmasında oluşan anaerobik ATP üretiminden farklı olarak ATP nin oksidatif üretimi mitokondride olur. Mitokondriler, hücrelerin enerji santrali olarak bu süreçte merkezi bir rol oynar (123).

Üç enerji sistemi arasında en karmaşık olan aerobik sistemin etkin çalışabilmesi için dolaşım sistemi yoluyla yeterli miktarda oksijenin hücrelere taşınmasına ihtiyaç vardır. Bu nedenle diğer sistemlere kıyasla daha yavaş devreye girer ve özellikle düşük yoğunluklu aktivitelerde daha aktiftir. Enerji üretim hızı düşük olmakla birlikte, uzun süre boyunca sürekli enerji sağlama kapasitesi yüksektir. Bu da sistemi, birkaç dakikadan uzun süren egzersizlerde – örneğin uzun süreli fiziksel aktivitelerde ya da dayanıklılık gerektiren sporlarda – birincil enerji kaynağı haline getirir (116).



Bu süreç, orta ve yüksek şiddette devam eden egzersizlerde kasların enerji ihtiyacını karşılamada kritik bir rol oynar.

Uzun yıllar aerobik enerji sistemin yüksek yoğunluklu egzersize geç yanıt verdiği ve kısa süreli egzersizlerde önemsiz olduğu düşünülmüş olsa da son yıllarda yapılan araştırmalar bu görüşün bir yanılgı olduğunu ortaya koymaktadır. Artık aerobik sistemin, yalnızca uzun süreli dayanıklılık egzersizlerinde değil, 30 saniye ile 2 dakika arasındaki sprint ve orta-şiddetli aktivitelerde de önemli bir enerji katkısı sağladığı bilinmektedir. Gastin çalışmasında, bu konudaki geleneksel anlayışı sorgulamış ve enerji sistemlerinin egzersize peşpeşe ardışık sırayla değil, eşzamanlı katkı sunduğunu göstermiştir. Özellikle 75 saniyeye kadar süren maksimal yoğunluktaki egzersizlerde, aerobik ve anaerobik enerji sistemlerinin enerjiye eşit düzeyde katkı sağladığını belirtmiştir (117).

Yakın zamanlı yapılan bir çalışmada, farklı yoğunluk seviyelerinde yapılan 30 saniyelik egzersizlerde aerobik katkının ortalama %27 ile %34 arasında olduğunu ve bu oranın egzersiz şiddeti artsa dahi sabit kaldığını göstermiştir. Bu durum, aerobik sistemin kısa sürede aktifleştiğini ve katkısının ihmal edilemeyeceğini ortaya koymaktadır (118).

## 2.5 Maksimum Oksijen Tüketimi ( $VO_2$ maks)

Maksimum oksijen tüketimi terimi ilk kez 1920'li yıllarda literatüre kazandırılmıştır. Bu araştırmalarda, oksijen alımının sınırlı bir üst değere sahip olduğu, bireyler arası genetik ve fizyolojik farklılık gösterdiği ve dayanıklılık performansında belirleyici olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca  $VO_2$  maks'ın, kardiyorespiratuvar sistemin oksijeni kaslara taşıma kapasitesiyle sınırlı olduğu ileri sürülmüştür (124).

$VO_2$  maks, yalnızca kişilerin mevcut aerobik kapasitesini değil, aynı zamanda egzersize olan fizyolojik adaptasyon düzeyini de yansıtan bütüncül bir parametredir.  $VO_2$  maks, egzersiz yoğunluğu kademeli olarak artırılırken vücudun ulaşabileceği en yüksek oksijen tüketim düzeyidir ve genellikle bir koşu bandı veya bisiklet ergometresi gibi test ortamlarında ölçülür. Bireye giderek artan siddette bir egzersiz uygulandığında tüketilen oksijen miktarı doğrusal bir şekilde artar. Egzersiz yükünün arttığı ancak tüketilen oksijen miktarının daha fazla artmadığı nokta  $VO_2$  maks olarak kabul edilir. Bu noktada bireyin oksijen tüketim miktarı maksimaldir (125).

$VO_2$  maks, kardiyorespiratuvar fitnessın altın standardı olarak kabul edilir. Dayanıklılık sporcularında daha yüksek  $VO_2$  maks değerleri gözlemlenirken, sedanter bireylerde bu değerler daha düşüktür. Dolayısıyla,  $VO_2$  maks değeri hem antrenman düzeyini hem de kardiyovasküler sağlık durumunu belirlemede önemli bir parametre olarak işlev görür (126).

Ek olarak,  $VO_2$  maks değeri, egzersiz programlarının planlanmasında ve bireysel antrenmanların etkililiğinin değerlendirilmesinde yaygın biçimde kullanılır. Özellikle spora özgü programların yapılandırılmasında bu parametreden yararlanılması, bireyin performans gelişimini daha yakından izlemeye olanak tanır (127).

## 2.6 Aerobik Kapasite

Egzersiz ve spor yapan kişilerde fiziksel kapasite, sportif performansın önemli bir parçasıdır. Aerobik kapasite, bireyin egzersiz sırasında oksijen kullanabilme

yeteneğini ifade eden ve performans düzeyini doğrudan etkileyen temel fizyolojik bir özelliktir. Bu kapasite, kardiyorespiratuvar sistemin (akciğer, kalp ve damarlar) oksijeni dokulara iletme ve kasların bunu enerji üretiminde kullanma becerisine bağlıdır (128). Literatürde, maksimal oksijen tüketimi, bireyin aerobik kapasitesini değerlendirmede en geçerli ve en güvenilir fizyolojik belirteç olarak kabul edilmektedir (127,128).

Aerobik kapasite yalnızca uzun süreli dayanıklılık aktivitelerinde değil, aynı zamanda diğer enerji sistemlerinin toparlanma sürecinde de kritik bir rol oynar. Özellikle yüksek yoğunluklu interval çalışmaları arasındaki düşük yoğunluklu dinlenme dönemlerinde, vücudun yeniden ATP sentezleyebilmesi ve kreatin fosfat depolarını doldurabilmesi, aerobik sistemin etkili çalışmasına bağlıdır (129).

VO<sub>2</sub>maks belirlemek için hem laboratuvar hem de saha testleri sıklıkla kullanılır. Aerobik kapasitenin ölçümünde kullanılan standart test, koşu bandında oksijen analizörü kullanılarak yapılan ve sporcu tükenene kadar sürdürülen laboratuvar testidir. Bu koşu bandı testi aerobik gücü belirlemede altın standart olarak değerlendirilir (130).

Aerobik kapasitenin ölçülmesi yalnızca maksimal testlerle sınırlı değildir. Submaksimal aerobik kapasite testleri, özellikle klinik veya riskli popülasyonlarda tercih edilen, daha düşük yoğunluklu egzersizlerle gerçekleştirilen testlerdir. Bu testler, kalp atım hızı, algılanan efor düzeyi ve oksijen tüketimi gibi ölçütlerden yola çıkarak VO<sub>2</sub> maks tahmini yapmaya olanak tanır (131)

İndirekt olarak ölçebilecekleri saha testleri uygulama kolaylığı, maliyetin düşük olması ve güvenilirliği bakımından elit ve rekreasyonel sporcularda sıklıkla kullanılmaktadır. Bu amaçla kullanılan en popüler iki test 20 metre mekik testi ve yo-yo dayanıklılık testidir (132).

## 2.7 Anaerobik Kapasite

Anaerobik kapasite, kasların oksijen kullanmadan kısa süreli olarak maksimal ve supramaksimal düzeyde yapılan fiziksel aktiviteler sırasında nispeten yüksek bir güç çıktısı üretebilme yeteneği olarak tanımlanır. Bu kapasitenin zamana bağlı olarak ortaya çıkan gücü ise “anaerobik güç” olarak tanımlanır ve genellikle kgm/saniye, kgm/dakika veya watt cinsinden ifade edilir. Anaerobik iş, patlayıcı nitelikteki güç çıkışlarını içeren ve anaerobik eşik seviyesinin üzerinde gerçekleşen, yorgunlukla sınırlanan bir egzersiz türüdür (133).

Anaerobik kapasite, kısa süreli ve yüksek yoğunluklu egzersizlerde (örneğin sprint, ağırlık kaldırma, kısa mesafe yüzme) performansın belirleyici fizyolojik parametrelerinden biridir. Bu tür aktiviteler uzun süre sürdürülemez çünkü iskelet kasları, oksijenli metabolizmanın sabit hızda sağladığı enerji kapasitesinin üstüne çıkarak, anaerobik yollarla enerji üretir (134). Bu süreçte kas ve kanda laktat birikimi artar ve bu birikimin tamponlanması için akciğerlerden karbondioksit atılımı hızlanır. Ortamda pH düşüşü yaşandığında, kas yorgunluğu belirgin hale gelir. Sıçrama, yüksek atlama, halter, tenis servisi atma, 25m hızlı yüzme ya da patlayıcı güç, hızlı sürat gerektiren futbol, voleybol, basketbol gibi kısa süreli ve yoğun efor gerektiren sportif faaliyetlerde, performansı artırmak amacıyla anaerobik gücün değerlendirilmesi faydalı olur (131).

Anaerobik kapasiteyi ve gücü doğrudan ölçmek zordur, bu nedenle genellikle dolaylı yöntemlerle tahmin edilir. Bu bileşenlere ulaşabilmek amacıyla yüksek yoğunluklu ve kısa süreli egzersiz sırasında oluşan toplam mekanik gücün ölçülmesi, belirli bir süre içinde yapılan mekanik iş miktarının hesaplanması ve belirli miktarda anaerobik olduğu varsayılan işi tamamlamak için gerekli sürenin kaydedilmesi gibi yöntemler kullanılır (135).

En yaygın şekilde kullanılan laboratuvar testi Wingate Anaerobik Testi (WAnT)'dir. Bu test, vücut ağırlığına göre belirlenmiş bir dirence karşı, 30 saniyelik maksimal eforla bisiklet ergometresinde yapılan bir sprintten oluşur. Hem kol hem de

bacak versiyonları bulunmakla birlikte, en çok kullanılan versiyon bacakla yapılan testtir (136).

Wingate testine alternatif olarak, saha testlerinden dikey sıçrama testleri de yaygın olarak kullanılır. Dikey sıçrama testi ile kişinin sıçrama yüksekliğiyle, vücut ağırlığının mekanik olarak ürettiği güç hesaplanır. Dikey sıçrama testleri zaman ve maliyet açısından ekonomik, uygulama açısından pratik, fizyolojik açıdan ise minimum yorgunluk ve sakatlık riski içeren testlerdir. Dikey sıçrama ölçümlerinde ilgilenilen birincil parametre sıçrama yüksekliğidir. Sıçrama yüksekliği ve bireyin vücut ağırlığını içeren hesaplamalar ile sıçrama sırasında ortaya çıkan güç tahmin edilmeye çalışılmıştır (131).

Son dönemde yapılan çalışmalar anaerobik kapasitenin bireyler arasında önemli ölçüde farklılık gösterdiği ve antrenmanla geliştirilebileceğini ortaya koymaktadır. Antrenmansız bireylerle dayanıklılık sporcuları arasında anaerobik kapasite açısından anlamlı bir fark bulunmazken; sprint sporcularının anaerobik kapasiteleri, diğer gruplara göre %30 oranında daha yüksek çıkmıştır. Kadınların anaerobik kapasiteleri ise erkeklere göre %17 daha düşük bulunmuştur. Anaerobik güç miktarının kişinin yağsız vücut kitlesi ile de orantılı olduğu sonucuna varılmıştır. Altı haftalık antrenman sonucunda anaerobik kapasitede ortalama %10'luk bir artış gözlenmiştir. Ayrıca, yüksek anaerobik kapasite ile yüksek anaerobik enerji üretim hızı arasında güçlü bir ilişki bulunmuştur (137,138).

### 3 GEREÇ VE YÖNTEM

#### 3.1 Araştırmanın Amacı ve Hipotezleri

Bu araştırma; rekreasyonel sporcularda akut olarak tüketilen pancar suyu ve kafeinli kahvenin aerobik ve anerobik performansa etkilerinin değerlendirilmesi amacıyla planlanmıştır.

Hipotezler;

- H1: Egzersiz öncesi akut olarak tüketilen pancar suyu, rekreasyonel sporcuların aerobik performansını artırır
- H2: Egzersiz öncesi akut pancar suyu tüketimi, rekreasyonel sporcularda anaerobik performansı artırır.
- H3: Egzersiz öncesi kafeinli kahve tüketimi aerobik gücü artırır.
- H4: Egzersiz öncesi kafeinli kahve tüketimi, rekreasyonel sporcuların anaerobik performansını artırır.
- H5: Egzersiz öncesi akut olarak alınan pancar suyu tüketimi, algılanan zorluk derecesini azaltır.
- H6: Egzersiz öncesi kafeinli kahve tüketimi, reaksiyon süresini ve mental uyanıklığı artırır, yorgunluk hissini geciktirir.
- H7: Pancar suyu ve kafeinli kahvenin birlikte tüketimi, tek başına pancar suyu veya kafeinli kahve tüketiminden daha fazla aerobik ve/veya anaerobik performansını artırır.

#### 3.2 Araştırmanın Tipi, Yeri, Zamanı ve Örneklem Seçimi

Araştırma, randomize kontrollü çapraz tasarımlı deneysel klinik çalışma olarak planlanmıştır. Çalışmaya, İstanbul'da özel bir klinikte takip edilen yaşları 18-45 arasında olan haftanın 4-5 günü düzenli antrenman yapan farklı spor branşlarından (triathlon, koşu, bisiklet gibi), gönüllü sağlıklı 16 erkek rekreasyonel sporcu katılmıştır. Ancak çalışma 3 katılımcının gribal enfeksiyon geçirmesi nedeniyle 13

katılımcı ile Acıbadem Sports Sporcu Sağlığı Merkezi'nde tamamlanmıştır. Katılımcılardan çalışmaya başlamadan önce araştırmaya gönüllü katıldıklarına dair onam formu alınmıştır (EK-1). Araştırmanın yürütülmesi için Acıbadem Mehmet Ali Aydınlar Üniversitesi Tıbbi Araştırmalar Değerlendirme Kurulu tarafından 2024/18 sayılı, 2024-18/686 karar numarası ve 21.11.2024 tarihli etik kurul onayı alınmıştır (EK-2).

### **3.2.1 Çalışmaya dahil edilme kriterleri**

- Son iki aydır fiziksel ve bilişsel performansı etkileyebilecek herhangi bir ek besin takviyesi / ergojenik destek (protein, anabolik steroid, kreatin, karnitin vb.) kullanmamak
- En az 5 yıldır aktif olarak hareket desenleri yüksek şiddetli sprint aktiviteleri içeren bir spor yapmak
- Spor yapmaya engel teşkil edecek bir hastalığı veya sakatlığı bulunmamak
- Herhangi bir diyet programı uygulamıyor olmak
- Kafein veya nitrat alımına karşı hassasiyet göstermemek
- Sigara içmemek

### **3.2.2 Çalışmadan dışlama kriterleri**

Son iki ay içerisinde performansı etkileyebilecek besin takviyesi kullananlar, vegan-vejetaryen gibi spesifik beslenme düzenine sahip olanlar, non-steroid, diüretik veya laksatif kullananlar, herhangi bir alerji ve intoleransı olan, sigara kullanan bireyler çalışmaya dahil edilmemiştir.

### **3.3 Araştırmanın Genel Planı**

Araştırmanın ilk aşamasında özel diyet kliniğine gelen ve araştırmaya gönüllü olarak katılmayı kabul eden katılımcıların vücut kompozisyonları, antropometrik ölçümleri yapılmıştır. Sosyodemografik özellikleri, sağlık bilgileri, beslenme alışkanlıkları, besin tüketim kaydı ve antrenman programlarını öğrenmek amacıyla

araştırmacı tarafından benzer literatür incelenerek oluşturulan anket formu uygulanmıştır (EK-3).

Yapılan bu ilk görüşmede katılımcılara test günlerine yönelik hazırlık süreci ve test protokollerine nasıl katılacakları hakkında bilgi verilmiştir. Test günlerinin her birinden önceki 24 saat boyunca katılımcılardan yüksek yoğunluklu egzersizden kaçınmaları, iyi uyku alıp dinlenmiş olmaları, mevcut antrenman ve beslenme düzenlerini değiştirmemeleri, alkol, kafein, ergojenik destek ürünü ya da herhangi bir anti inflamatuvar ilaç tüketiminden kaçınmaları ve sıvı ihtiyaçlarını karşılamış olmaları istenmiştir. The National Athletic Trainers Association (NATA)'nın önerileri doğrultusunda, egzersizden 2 ila 3 saat önce yaklaşık 500–600 ml su, egzersizden 10 ila 20 dakika önce ise ek olarak 200–300 ml su tüketilmeleri önerilmiştir (139). Ayrıca, çalışma sürecinde dikkat edilmesi gereken hususları içeren yazılı bir bilgilendirme listesi kendilerine sunulmuştur.

Katılımcılar Ek-4'te verilen tüm hazırlık talimatlarına uymaları konusunda bilgilendirilmiştir.

Müdahale koşulları:

- Başlangıç (Kontrol grubu normal bir içecek, örneğin su)
- Kafeinli kahve (Kafein kaynağı)
- Pancar suyu (Nitrat kaynağı)
- Kombine Pancar suyu + Kafeinli kahve

Araştırmanın apraz dizaynında, müdahaleler arasında antrenman düzenlerinden kaynaklanabilecek etkileri en aza indirmek ve tam toparlanmayı sağlamak amacıyla her dört müdahale arasında bir haftalık ara verilmiştir. Bir hafta sonra müdahaleler çaprazlanarak çalışmanın ilk bölümünde gerçekleştirilen uygulamalar ve testler tekrarlanmıştır.

**1. Müdahale:** Katılımcılar belirlenen gün ve saatte Acıbadem Sports Sporcu Sağlığı Merkezi'ne sabah saat 06.30'da aç karnına, dinlenmiş ve sıvı ihtiyacı karşılanmış olarak gelmiştir. Her bir katılımcıya araştırmacı tarafından verilen ve Ek-4'te detaylı bir biçimde aktarılan test öncesi hazırlık talimatlarına ne kadar uyulup uyulmadığı sorgulanmıştır.

Katılımcılar test öncesi yaklaşık 10-12 dakika gerekli ısınmaları tamamladıktan sonra test uygulamalarına başlanmıştır. İlk önce dikey sıçrama testi, ardından 20metre mekik koşusu testi uygulanmış ve koşu sırasında kalp atım hızı ile algılanan zorluk derecesi ölçümü yapılmıştır. Ölçülen bu değerler katılımcının başlangıç değerleri olarak kayıt altına alınmıştır.

**2. Müdahale:** Katılımcılar belirlenen gün ve saatte Acıbadem Sports Sporcu Sağlığı Merkezi'ne sabah saat 06.30'da aç karnına, dinlenmiş ve sıvı ihtiyacı karşılanmış olarak gelmiştir. Her bir katılımcıya araştırmacı tarafından verilen ve Ek-4'te detaylı bir biçimde aktarılan test öncesi hazırlık talimatlarına ne kadar uyulup uyulmadığı sorgulanmıştır.

Çalışmaya başlamak için her bir katılımcının vücut ağırlığına 4mg/kg kafein denk gelecek şekilde özel olarak hazırlanan Türk kahvesi hazırlandıktan sonra 10 dakika içerisinde katılımcılar tarafından tüketilmesi istenmiştir.

Kafeinin etkisinin zirveye ulaşması 45-60 dakika sürdüğü için, katılımcılara testten 1 saat önce kafeinli kahveyi tüketmeleri önerilmiştir (140). Kahve tüketiminden 1 saat sonra teste başlayacak şekilde gerekli ısınmalara başlanmıştır. İlk olarak dikey sıçrama testi, ardından 20metre mekik koşusu testi uygulanmış ve bu testler sırasında kalp atım hızı ile algılanan zorluk derecesi ölçümü yapılmıştır. Ölçülen değerler, kafeinli kahve tüketiminden edilen değerler olarak her bir katılımcı için kayıt altına alınmıştır.

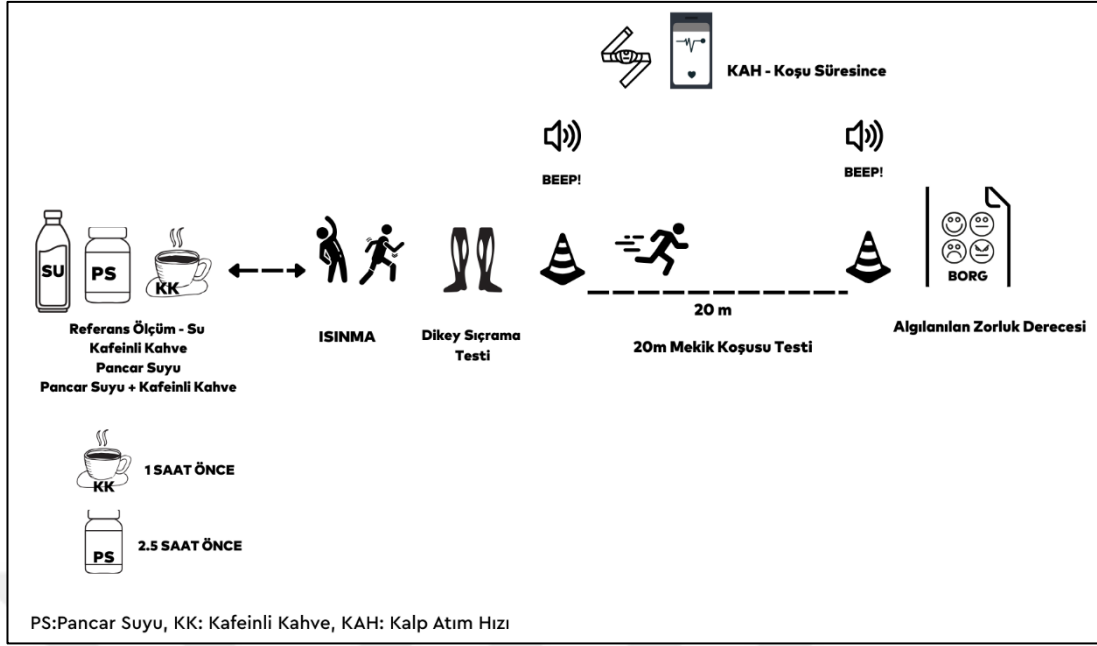
**3. Müdahale:** Katılımcılar belirlenen gün ve saatte Acıbadem Sports Sporcu Sağlığı Merkezi'ne sabah saat 06.30'da aç karnına, dinlenmiş ve sıvı ihtiyacı

karşılanmış olarak gelmiştir. Her bir katılımcıya araştırmacı tarafından verilen ve Ek-4'te detaylı bir biçimde aktarılan test öncesi hazırlık talimatlarına ne kadar uyulup uyulmadığı sorgulanmıştır.

Pancar suyu müdahalesi sürecinin başlatılabilmesi için katılımcılara Acıbadem Sports Sporcu Sağlığı Merkezi'ne gelir gelmez 1x70ml (6,5mmol nitrat/gün) konsantre pancar suyu içeceğini içmeleri talimatı verilmiştir. Bunun sebebi kandaki nitratın 2-2,5 saatte pik seviyeye ulaşmasıdır (49). Gerekli ısınmalardan sonra ilk olarak dikey sıçrama testi, ardından 20metre mekik koşusu testi uygulanmış ve bu testler sırasında kalp atım hızı ile algılanan zorluk derecesi ölçümü yapılmıştır. Ölçülen değerler, pancar suyu tüketiminden edilen değerler olarak her bir katılımcı için kayıt altına alınmıştır.

**4. Müdahale:** Katılımcılar belirlenen gün ve saatte Acıbadem Sports Sporcu Sağlığı Merkezi'ne sabah saat 06.30'da aç karnına, dinlenmiş ve sıvı ihtiyacı karşılanmış olarak gelmiştir. Her bir katılımcıya araştırmacı tarafından verilen ve Ek-4'te detaylı bir biçimde aktarılan test öncesi hazırlık talimatlarına ne kadar uyulup uyulmadığı sorgulanmıştır.

Pancar suyu veya kafeinin birlikte alım sürecinin başlatılabilmesi için sporculara Acıbadem Sports Sporcu Sağlığı Merkezi'ne gelir gelmez 1x70 ml/gün (6,5 mmol NO<sub>3</sub>-nitrat) konsantre pancar suyu içeceğini tüketip yaklaşık 1,5 saat araştırma alanında istirahat etmeleri söylenmiştir. Ardından kafeinli kahve sürecini başlatmak için daha önce belirtildiği gibi kafein miktarı bilinen (17 mg kafein/1 gram kahve) hazır Türk kahvesi, her bir katılımcının vücut ağırlığına 4mg/kg kafein denk gelecek şekilde ölçülerek özel olarak hazırlanmış ve 10 dakika içerisinde katılımcılar tarafından tüketilmesi istenmiştir. Kafeinli kahve tüketiminden 1 saat sonra testlere başlanacak şekilde gerekli ısınmalara başlanmıştır. İlk olarak dikey sıçrama testi, ardından 20metre mekik koşusu testi uygulanmış ve bu testler sırasında kalp atım hızı ile algılanan zorluk derecesi ölçümü yapılmıştır. Ölçülen değerler, pancar suyu ve kafeinli kahvenin birlikte tüketiminden edilen değerler olarak her bir katılımcı için kayıt altına alınmıştır.



Şekil 3. Çalışmanın tasarımı

### 3.3.1 Kafeinli kahve hazırlanması

Lante Mh hassas cep terazisi 300 gr kapasiteli terazi ile mg/kg kafein değeri hesaplanarak kullanılacak kahve miktarı hesaplanmıştır. Kahve pişirme yöntemi ve uygulanan doz 100 ml kaptaki her kilogram başına 4 mg kafein (4mg/kg) olacak şekilde hesaplanarak özel hazırlanan Türk kahvesi ile katılımcılara sunulmuştur. Kafeinin performansa etki eden olumlu ergojenik etkisinin 3-6 mg /kg olduğunu gösteren araştırmalara dayanarak bu çalışmada 4 mg/kg kafein dozu tercih edilmiştir (104). Kafeinin fizyolojik etkisinin zirveye ulaşması 45-60 dakika sürdüğü için, katılımcılara testten 1 saat önce kahve tüketmeleri önerilmiştir (141).

Çalışmada kullanılan kahve miktarının hesaplanması her bir katılımcı için 4mg/kg kafein olacak şekilde yapılmıştır. Hancı ve diğerlerinin çalışmasında, 5gram Türk kahvesinde 86mg kafein olduğu belirtilmiştir (142). Buradan yola çıkarak farklı kilolarda olan katılımcılarda ihtiyaç duyulan kahve miktarı hesaplanmıştır:

### 3.4 Verilerin Toplanması ve Değerlendirilmesi

Katılımcıların tüm aerobik ve anaerobik performans ölçümleri Acıbadem Sports Sporcu Sağlığı Merkezi, Performans Laboratuvarı'nda yapılmıştır.

#### 3.4.1 Anket formu

Katılımcılarla tanımlayıcı bilgileri, genel sağlık bilgilerini ve temel beslenme alışkanlıklarını sorgulayan bir demografik veri toplama formu müdahale başlangıcında yüz yüze görüşme tekniği ile doldurulmuştur. Çalışmada kullanılan demografik veri toplama formu katılımcıların cinsiyetini, mesleğini, medeni durumunu, yaşını, sağlık profili, kullanılan ilaçlar, besin tavkiyesi ve vitamin mineral tüketimi, sıvı alımı ve fiziksel aktivite düzeyini sorgulamayı amaçlayan sorular içermektedir.

#### 3.4.2 Antropometrik ölçümler ve vücut kompozisyonu

Araştırmaya katılan katılımcıların en az 10 saatlik gece açlığı sonrasında hafif giysi ile vücut ağırlığı ve boy ölçümleri standartlara uygun olarak ölçüldükten sonra multifrekans tekniğiyle ölçüm yapan biyoelektrik impedans analiz (MF-BIA) yöntemi kullanılarak yapılan vücut bileşim analizleri ile vücut ağırlığı (kg), yağsız vücut kütlesi (kg) ve yüzdesi, vücut su miktarı (lt) ve yüzdesi, bazal metabolizma hızı (kcal) ve VKİ (kg/m<sup>2</sup>) belirlenmiştir. MF-BIA değerlendirmesi için (TANİTA MC-980, Hollanda) ( $\pm 0.1$  kg'a duyarlı) kullanılmıştır.

MF – BIA ölçümü için aşağıdaki şartlara uyulmuştur:

- 24 saat öncesinde ağır fiziksel aktivite yapılmamalı
- Son yemeğin en az 2 saat önce yenilmiş olması
- En az 3 – 4 saat önce yemek yenmiş olunmalı,
- Ölçüm öncesi su içilmemeli,
- Ölçüm öncesinde tuvalet ihtiyacı giderilmiş olmalı
- Ölçümden 4 saat öncesinde kafein içeren çay, kahve vb. tüketilmemeli

Katılımcıların boy uzunlukları, Seca marka bir stadiometre (213, Hamburg, Almanya) kullanılarak santimetre biriminde ölçülmüştür. Ölçüm öncesinde katılımcılardan ayakkabılarını çıkarmaları istenmiş, ayaklar bitişik olacak şekilde durmaları sağlanmıştır. Baş pozisyonu Frankfort düzlemine uygun biçimde; göz seviyesi ile kulak kepçesinin aynı hizada ve zemine paralel olması ayarlanarak ölçüm yapılmıştır.

### 3.4.3 Deri kıvrım kalınlığı ölçümleri

Katılımcıların deri kıvrım kalınlıkları ölçümü Holtain marka kaliper kullanılarak ölçülmüştür. Her ölçümden önce, kumpas işaretçisinin sıfır konumuna kalibre edildiğinden emin olundu. Deri kıvrım kalınlığı ölçümleri triceps, biceps, subskapular, suprailak, supraspinale, abdominal, uyluk, baldır, pektoral ve midaksiller olmak üzere vücudun 9 farklı bölgesinden International Society for the Advancement of Kinanthrometry (ISAK) protokolüne uygun olarak yapılmıştır (143). Ölçüm alınacak bölge önceden kalemle işaretlenip sporcunun sağ tarafından alınmıştır. Katlanma işlemi baş ve işaret parmağının karşılıklı olarak (yaklaşık 8 cm) ölçüm için işaretlenen kısımdan 1 cm uzaktan ve katlanma eksenine dik olacak şekilde yapılmıştır. Ölçüm almak için kaliper basıncı uygulandıktan sonra 3 saniye beklenip okunmuştur (144). Her bölgeden en az 2 kere ölçüm alınıp, eğer ölçümler arasında yaklaşık %10'dan fazla bir fark var ise üçüncü bir ölçüm alınmıştır. Ölçüm sonuçları Jackson and Polllock (JP) tarafından geliştirilen 7 bölgeyi esas alan formülü ile hesaplanmıştır (145).

$$\text{Yağ \%} = [1.10938 - (0.0008267x (\Sigma M) + 0.0000016 x (\Sigma M) - (0.0002574 x (\text{Yaş}))]$$

Şekil 4. Deri kıvrım kalınlığı formülü (145)

#### 3.4.3.1 Supskapular deri kıvrım kalınlığı

Subskapular ölçüm için sporcudan kollar vücudun yanında serbestçe salınırken sporcunun dik ve serbest olması istenmiştir. Skapulanın yani kürek kemiğinin alt açısı

elle bulunur. Daha sonrasında belirlenen Subskapular noktasından kıvrım omurgadan dışa ve yukarıya doğru 45 derecelik bir eğimle tutularak, yere paralel bir şekilde yatay olarak ölçüm alınmıştır (143).

#### **3.4.3.2 Triseps ve biceps deri kıvrım kalınlığı ölçümü**

Triseps ölçümü sırasında, katılımcı dik pozisyonda ayakta dururken sol kolunu vücudunun yanında serbest bir şekilde bırakmıştır. Sağ kol, dirsekten 90 derece bükülü pozisyondayken, omuzdaki akromion ile dirsekteki olekranon çıkıntısı arasında kalan orta nokta belirlenmiştir. Mezura ile bu orta noktanın çevresi ölçülmüş ve arka yüzde, triseps kasının bulunduğu bölgeye yatay bir işaret konulmuştur. Daha sonra kol yeniden serbest bırakılmış, ölçüm yapılacak bölge katılımcının sol elinin baş ve işaret parmağıyla, işaret noktasının yaklaşık bir santimetre yukarisından kavranmıştır. Sağ elde tutulan kaliper yardımıyla işaretlenen noktadan deri kıvrımı ölçülmüştür. Biceps ölçümünde ise, triseps için işaretlenen noktanın hizasında, kolun ön yüzünde bulunan ve dirsek çukurunun üzerinde kalan bölgeye işaret konularak aynı yöntem uygulanmıştır (143).

#### **3.4.3.3 Suprailiak deri kıvrım kalınlığı**

Ölçüm yapılacak sporcu ayakta, kollar yanlarda ve serbest bir pozisyonda vücut ağırlığını iki ayağına eşit dağıtmış şekilde durması sağlanmıştır. Anterior superior iliac spine yani kalça kemiğinin ön üst çıkıntısı bulunmuş, buranın hemen üstünden işaret parmaklarıyla 45 derecelik açıyla yukarıdan çapraz şekilde kıvrım tutulmuş ve ölçüm alınmıştır (143).

#### **3.4.3.4 Abdominal deri kıvrım kalınlığı**

Abdominal ölçüm için sporcunun kollarının vücudun yanında serbestçe salınırken rahat bir pozisyonda olması istenmiştir. Göbek deliğinin ortasından 3 cm sağ yanına doğru işaretlenip katlantı dikey olarak ölçülmüştür (143).

#### **3.4.3.5 Midaksiller deri kıvrım kalınlığı**

Ölçüm yapılacak sporcu ayakta, rahat ve dik pozisyonda iken kollar serbestçe vücuda bitişik durur. Ölçüm yapılacak sağ kolun yaklaşık 45° yana doğru açık şekilde olması sağlanmıştır. Koltuk altının hemen altından dikey olarak inen midaksiller çizgi üzerinde 5. veya 6. kaburga hizası işaretlendi. Kıvrım yeri sol elin baş ve işaret parmaklarıyla yatay yönde tutulup sağ ile ölçüm alındı (143).

#### **3.4.3.6 Göğüs deri kıvrım kalınlığı**

Ölçüm yapılacak sporcu ayakta, rahat ve dik pozisyonda iken kollar iki yanda serbestçe vücuda bitişik durur. Pectoralis major kası üzerindeki deri altı yağ tabakasını ölçmek için meme ucunun lateral tarafı ile anterior aksiller çizgi arasındaki orta nokta işaretlendi ve bu noktadan ölçüm alındı (143).

#### **3.4.3.7 Uyluk deri kıvrım kalınlığı**

Ölçüm yapılacak sporcu, gövdesi dik olarak oturur pozisyonda kollar yanda serbest şekilde otururken, sağ diz 90 derecelik açıyla doğru açıda bükülmüştür. Sporcunun yan tarafında durarak, uyluğunun uzun eksenini boyunca inguinal katlantı ve patellanın ön yüzünün üst işaretlenip yere dik bir şekilde ölçüm alınmıştır (143).

#### **3.4.3.8 Baldır deri kıvrım kalınlığı**

Ölçüm yapılacak sporcunun, kollar vücudun yanında serbestçe salınırken rahat olması istenmiştir. İşaretleme sırasında bacaklar omuz genişliğinde açık ve ağırlığın her iki bacağına eşit olacak şekilde verilmesi sağlanmıştır. Kalf kasının en büyük çevre genişliği belirlendikten sonra küçük yatay bir işaret konulmuştur. Kalf kasının en orta noktasını belirlemek için işaretlenmiş kısmın bacağın önünde kalarak görüp bu noktadan dikey olarak yeni bir işaret eklenmiştir. Daha sonrasında sporcudan kolları vücudunun yanında gevsek bir şekilde tutarken ayakta durur pozisyonda, sağ bacak 90

derece bükülü bir yükseltiye konması istenmiştir. Kalf kası gevşek bırakılarak kıvrım bölgesi tutulmuş uzun eksene dikey olarak ölçüm yapılmıştır (143).

#### **3.4.4 Dikey sıçrama testi**

Dikey sıçrama testleri, bireyin alt ekstremite kaslarının patlayıcı gücünü ve anaerobik kapasitesini değerlendirmek için kullanılan yaygın bir saha testidir. Yaylanarak sıçrama hız, patlayıcı kuvvet ve kaslar arası koordinasyonu test etmek için kullanılır (146). Bu test, özellikle anaerobik fosfajen enerji sisteminin etkinliğini ölçmek için kullanılır ve sporcularda patlayıcı kuvvet, güç üretimi ve kas elastikiyeti hakkında bilgi sağlar (147).

Katılımcıların anaerobik değerlendirebilmek için yaylanarak dikey sıçrama (Counter Movement Jump-CMJ) testi yapılmıştır. Sıçrama testi VALD PERFORMANCE ForceDecks kuvvet platformu ve dizüstü bilgisayar (Casper, Türkiye) kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Katılımcılar hafif bir ısınma yaptıktan sonra teste alınmıştır. Dijital sıçrama platformunun üzerinde dik durarak eller belde veya serbest şekilde hazır olmaları istenmiştir. Başlangıç pozisyonunda elleri belindeyken ayakta durur ve ardından hızla squat gibi oturarak yerden güç alır ve eller belindeyen tüm gücüyle kuvvetli bir şekilde sıçrayabildikleri en yüksek noktaya sıçramaları istenmiştir. Sıçrama sırasında ve havada kalırken bedeni olabildiğince dik olmalıdır. Yere inerken ayak topuklarının üzerinde ve dizler bükülü olmadan dümdüz olacak şekilde gerçekleştirmelidir. Sıçrama testi 3 kez uygulanmış ve en dilen en yüksek değer kaydedilmiştir. Test tekrar edilirken test öncesi sporcular dinlendirilmiş ve hazır oluncaya kadar beklenmiştir.

#### **3.4.5 20 metre mekik koşu testi**

20 metre mekik koşusu, sporcularda VO<sub>2</sub> maksimumu tahmin etmek, aerobik kapasitelerini pratik ve güvenilir bir şekilde değerlendirmek ve dayanıklılık düzeyinin izlenmesi için Léger ve Lambert tarafından tasarlanmıştır. Bu test, özellikle

laboratuvar ortamında doğrudan VO<sub>2</sub> maks ölçümünün mümkün olmadığı durumlarda, büyük grupların aerobik kapasitelerini değerlendirmek için etkili bir alternatif sunmaktadır (148). Bu test, özellikle rekreasyonel sporculardan elit atletlere kadar geniş bir kullanıcı kitlesi için uygun olup, spor performansını analiz etmek ve antrenman programlarını şekillendirmek açısından önemli bir araçtır. VO<sub>2</sub> maks değeri, katılımcının ulaştığı maksimum hız (m/s) kullanılarak formülle hesaplanır (149). Bu formül, direkt oksijen tüketim ölçümleriyle güçlü bir korelasyon göstermektedir (r = 0.84-0.91) (148).

$$VO_2 \text{ maks (ml/kg/dk)} = 5.857 \times \text{Maksimum Hız} - 19.458$$

Şekil 5. VO<sub>2</sub> maks formülü

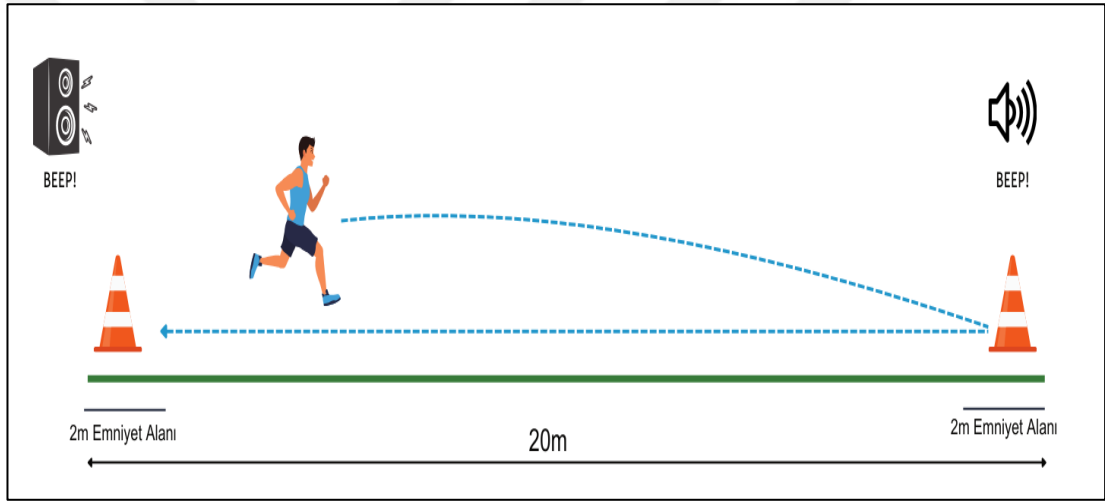
#### Testin uygulanışı:

Testin gerçekleştirilmesi için uygulama alanı 20 metrelik birbirine paralel çizgilerle ve işaretlerle belirlenir. Test, belli sürelerle artan koşu temposu eşliğinde uygulanır ve toplamda 23 aşamadan oluşur. Ortalama olarak her bir dakikada 0,5 km/s'lik bir hız artışıyla koşu aralıksız sürer. Test boyunca katılımcılar, iki çizgi arasındaki 20m içeririnde sürekli olarak koşarlar. Hız kontrolü için koşu temposu sesli uyarılar audio hoparlörden “biip” sesli uyarılar verilerek katılımcının doğru hızda koşması sağlanır. Katılımcıların her her bip sesiyle birlikte 20 metrelik mesafeyi tamamlamış olması gerekir ve bu sırada mutlaka çizginin üstüne basması beklenir. Katılımcı biip sinyalinden önce 20 metrelik mesafeyi tamamlamışsa sesli uyarı sinyalini bekleyerek koşusuna devam eder. Eğer katılımcı üst üste üç kez bip sinyalinde 20m mesafeyi tamamlayamamışsa test sonlandırılır ve ulaşılan son hız seviyesi ile tamamlanan mekik sayısı kaydedilir (150).

Test Acıbadem Sports Sporcu Sağlığı Merkezi Basketbol Sahasında 20 metrelik düz bir zeminde uygulanmış, test için gerekli olan mesafeyi hesaplamak için metre, alanları işaretlemek için huni ve tabak, skorları not etmek için ise 20m mekik koşusu test skalası kullanılmıştır. Test sırasında katılımcılara başlangıç ve dinlenme sinyali

verilmesi için gerekli olan 20 m mekik koşusu testi uyarıcı ses kaydı harici depolama aygıtına kaydedilmiş, test sırasında sporcuların uyarıları rahat duyabilmesi için JBL (Samsung Electronic, USA) marka hoparlör kullanılmıştır.

Katılımcılardan her bir uyarı ses sinyalinde başlangıç ve bitiş çizgilerinin önündeki iki metrelik alan içinde olmaları istenmiştir. Test 8.5 km/s hızla başlayarak dakikada bir 0.5 km/s artırılmıştır. Katılımcılardan her bip sinyalinde 20metre kat etmeleri istenmiştir. Katılımcılar sinyal sesi geldiği halde üç defa üst üste 20m mesafeyi tamamlayamadıklarında test sonlandırılmıştır. Katılımcıların tahmini  $VO_2$  maks değerleri Leger ve diğerlerinin önerdiği formül ile hesaplanmıştır (149).



Şekil 6. 20 metre mekik koşusu

### 3.4.6 Algılanan zorluk derecesi (AZD)

Bu çalışmada algılanan zorluk derecesini belirlemek için Borg skalası kullanılmıştır. Bu skala bireylerin yapılan egzersize karşı algıladıkları zorluk derecesini sübjektif olarak belirlemelerinde sıkça kullanılan kişiye özel bir yöntemdir (151). Her test gününde dikey sıçrama testi ile maksimum oksijen tüketiminin belirlenmesi için yapılan 20 metre mekik koşusu protokolü uygulamasının ardından algılanan zorluk derecesi BORG Skalası (6-20) kullanılarak ölçülmüştür. Bu skala ile katılımcı egzersiz sonrasında algıladığı yorgunluğu 6 ile 20 arasında puanlayarak (yok

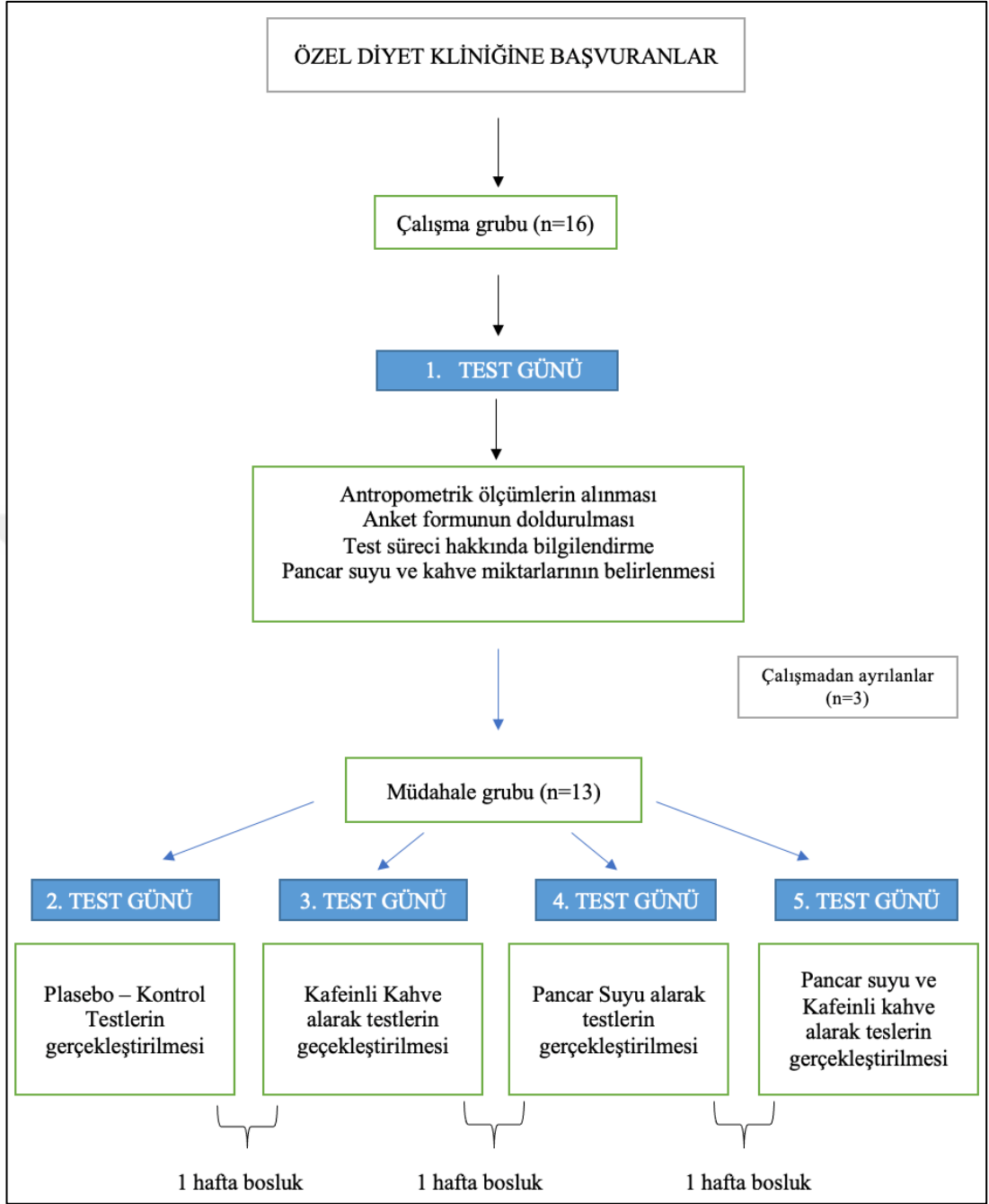
(6), çok çok hafif (7-8), hafif (11-12), biraz zor (13-14), zor (15-16), çok zor (17-18), çok çok zor (19) ve tükenme (20) sübjektif olarak ifade etmiştir.

SKOR	ZORLANMA DERCESİ	1-10 SKALA
6		
7	Çok Hafif	1
8		
9	Çok Hafif	2 – 3
10		
11	Oldukça Hafif	
12		4 – 6
13	Biraz Zor	
14		
15	Zor	7 – 8
16		
17	Çok zor	
18		9
19	Çok çok zor	
20	Maksimal Efor	10

Şekil 7. Borg skalası (66)

### 3.4.7 Kalp atım hızı

Katılımcıların çalışma sırasında kalp atım hızlarını kaydetmek amacıyla KA polar saat (Polar Team2 Sistem, Finlandiya) kullanılmıştır. Kalp atım hızı bandı, öncesinde ıslatılıp sternumun alt ucuna denk gelecek şekilde bağlanmıştır. Test süresince kalp atım hızı (KAH) ve RR aralıkları (birbirini izleyen kalp atışları arasındaki süre) değerleri Polar bantla bağlantılı telefondaki Elite HRV (Heart Rate Variability) uygulamasıyla testin başlangıcından tükenme gerçekleşinceye kadar kaydedilmiştir (152).



Şekil 8. Çalışmanın dizayni

## 4 BULGULAR

Bu bölümde, pancar suyu, kafeinli kahve ve her iki takviyenin birlikte alınmasının rekreasyonel sporcularda aerobik ve anaerobik performans parametreleri üzerindeki etkilerini ortaya koymak amacıyla gerçekleştirilen çalışmanın istatistiksel bulgularına yer verilmiştir. Katılımcılara ait demografik özellikler, antropometrik ölçümler, beslenme alışkanlıkları ve aktivite düzeylerine ilişkin tanımlayıcı veriler öncelikle paylaşılmış, ardından müdahale öncesi ve sonrası performans ölçümlerine ait değişiklikler değerlendirilmiştir. Farklı müdahale koşulları altında elde edilen veriler karşılaştırmalı olarak analiz edilerek, akut takviyelerin fizyolojik ve performansa dayalı etkileri istatistiksel açıdan incelenmiş ve tablo altına yorumlanmıştır.

### 4.1 Katılımcıların Demografik, Sağlık, Aktivite ve Bazı Alışkanlık Bulguları

Tablo 6. Katılımcıların demografik bulgularının tanımlayıcı istatistikleri

Demografik Özellikler			
Yaş (yıl)			
	Ort±SS		36,07±4,01
	Ortanca (Alt-Üst)		36,0 (30-41)
		S	%
Cinsiyet	Erkek	13	100
Medeni Durum	Evli	6	46,2
	Bekar	7	53,8
Eğitim Durumu	Lisans	5	38,5
	Lisansüstü	8	61,5
	Meslek		
Mühendis		6	46,2
	Finans	2	15,4
	İletişim	2	15,4
	Serbest Meslek	3	23,0

Ort:Ortalama SS:Standart Sapma

Katılımcıların demografik bulgularının tanımlayıcı istatistikleri Tablo 6’da verilmiştir. Çalışmaya katılan bireylerin tamamı (%100,0) erkek olup, yaş ortalamaları  $36,07 \pm 4,01$  yıldır. Katılımcıların %46,2’si evli, %53,8’i bekdir. Eğitim durumları incelendiğinde, %38,5’inin lisans, %61,5’inin ise lisansüstü eğitim aldığı görülmektedir. Mesleki dağılımları incelendiğinde, katılımcıların %46,2’si mühendis, %15,4’ü finans, %15,4’ü iletişim ve %23,0’ı serbest meslek sahibi olarak belirtilmiştir.

Tablo 7. Katılımcıların genel sağlık durumları ve besin takviyesi kullanım bulgularının dağılımı

		S	%
Genel sağlığını nasıl tanımlarsınız?			
	Çok iyi	8	61,5
	İyi	5	38,5
Kronik Hastalık Durumu			
	Yok	13	100,0
Geçirilen Spor Yaralanması			
	Yok	13	100,0
Düzenli Kullanılan İlaç			
	Yok	13	100,0
Düzenli Kullanılan Besin Takviyesi			
	Var	13	100,0
BCAA		7	53,8
Glutamin		3	23,1
Kreatin		3	23,1
Enerji jeli		7	53,8
Protein bar		4	30,8
D vitamini		5	38,5
Magnezyum		8	61,5
Omega-3		4	30,8
Multivitamin-mineral		8	61,5
Spor Beslenmesi Uzman Desteği Alma			
	Evet	2	15,4
	Hayır	11	84,6
Destek Alınan Uzman Türü			
	Diyetisyen	2	100,0

Katılımcıların genel sağlık durumları ve besin takviyesi kullanım durumlarının tanımlayıcı istatistikleri Tablo 7’de verilmiştir. Katılımcıların %61,5’i sağlık durumunu “çok iyi”, %38,5’i ise “iyi” olarak tanımlamıştır. Katılımcıların hiçbirinin (% 100) kronik hastalığının olmadığı ve ilaç kullanmadığı bulunmuştur. Katılımcıların tamamı (%100) en az bir besin takviyesi kullanmakta olup, en sık tercih edilen takviyeler magnezyum (%61,5), multivitamin (%61,5), BCAA (%53,8) ve enerji jeli (%53,8) olmuştur. Kreatin ve glutamin kullanım oranı %23,1 iken, protein bar %30,8, omega-3 %30,8 ve D vitamini %38,5 oranında kullanılmaktadır. Katılımcıların %15,4’ü (2 kişi) diyetisyen desteği ile sporcu beslenmesi alanında uzman desteği aldığını belirtmiştir; ayrıca hiçbir katılımcı spor yaralanması bildirmemiştir.

Tablo 8. Katılımcıların bazı beslenme alışkanlıkları durumlarının dağılımı

Ana Öğün Sayısı		
Ort±SS	2,62 +1,69	
Ortanca (Alt-Üst)	2,5 (2-3)	
Ara Öğün Sayısı		
Ort±SS	0,51±0,75	
Ortanca (Alt-Üst)	0,5 (1-3)	
Günlük Su Tüketimi (L)		
Ort±SS	2,58 ±0,40	
Ortanca (Alt-Üst)	2,57 (2-3)	
	<b>S</b>	<b>%</b>
Öğün Atlama Durumu		
Evet	7	53,8
Hayır	6	46,2
Öğün Atlama Nedeni		
Zaman yetersizliği	3	42,9
Alışkanlık olmaması	4	57,1

Ort: Ortalama SS: Standart Sapma

Katılımcıların beslenme bulgularının tanımlayıcı istatistikleri Tablo 8’de verilmiştir. Katılımcıların beslenme alışkanlıkları incelendiğinde, günlük ana öğün sayısı çoğunlukla 3 (%61,5) iken, ara öğün sayısı genellikle 1 (%46,1) veya 2 (%38,5) olarak bildirilmiştir. Öğün atlama oranı %53,8 (7kişi) olup, atlama nedenleri arasında en sık "ara öğün yapma alışkanlığım yok" (%57,1) ve "zaman yetersizliği" (%42,9)

olarak belirtilmiştir. Katılımcıların günlük ortalama su tüketimi 2,5 litre olarak bulunmuştur.

Tablo 9. Katılımcıların aktivite durumlarının dağılımları

Antereman süresi (dk/gün)		
Ort±SS		105,38±30,98
Medyan (Alt-Üst)		100,0 (60-15)
	S	%
Aktivite düzeyi *		
Çok aktif	13	100

Ort:Ortalama SS:Standart Sapma \*IPAQ fiziksel aktivite ölçeği

Katılımcıların aktivite düzeylerinin ve sürelerinin tanımlayıcı istatistikleri Tablo 9’da verilmiştir. Katılımcıların günlük ortalama antrenman süresi 105,38±30,98 dakikadır. Çalışmaya katılan bireylerin tamamı (%100) IPAQ fiziksel aktivite değerlendirme ölçeğine göre 'çok aktif' sınıfında yer almaktadır.

#### 4.2 Katılımcıların Antropometrik Ölçümlerinin tanımlayıcı bulguları

Tablo 10. Katılımcıların Antropometrik Ölçümlerinin tanımlayıcı istatistikleri

	Ort ± SS	Ortanca (Alt-Üst)
Boy Uzunluğu (cm)	180,38±4,46	180,00 (170-189)
Vücut Ağırlığı (kg)	80,96±4,26	81,30 (17,80-71,20)
VKİ (kg/m <sup>2</sup> )	25,14±0,92	25,20 (23,80-26,50)
Vücut Yağ Oranı (%) *	15,98±3,98	16,80 (7,50-19,90)
Vücut Yağ Kütlesi (kg)	13,59±4,01	14,20 (6,00-21,00)
Vücut Kas Kütlesi (kg)	64,66±6,4	63,60 (49,70-72,90)
Bazal Metabolizma Hızı	1976,08±197,06	1965,00 (1508,00-2257,00)
Vücut Su Oranı (%)	57,61±4,18	58,60 (52,30-65,60)
Vücut Sıvı Kütlesi (kg)	47,94±4,74	47,00 (37,70-55,40)
Subscapular DKK (mm)	12,87±3,46	11,50 (8,30-18,60)
Triceps DKK (mm)	6,71±2,98	6,00 (2,40-11,40)
Biceps DKK (mm)	6,25±2,06	6,60 (3,10-8,80)

Tablo 10. Katılımcıların Antropometrik Ölçümlerinin tanımlayıcı istatistikleri (devam)

	Ort ± SS	Ortanca (Alt-Üst)
Göğüs DKK (mm)	6,8±2,55	6,60 (3,40-11,60)
Midaksiller DKK (mm)	11,91±5,01	13,00 (5,20-19,00)
Suprailiak DKK (mm)	10,92±4,79	11,20 (4,80-19,80)
Supraspinal DKK (mm)	11,34±5,1	1,00 (5,10-19,40)
Abdomen DKK (mm)	16,07±4,67	15,40 (9,60-23,00)
Uyluk DKK (mm)	12,81±4,38	12,00 (5,40-19,00)
Baldır DKK (mm)	6,2±1,53	6,30 (4,00-8,20)
DKK Yağ Oranı (%) $\phi$	11,88±3,6	11,80 (6,60-16,90)

Ort: Ortalama SS: Standart Sapma DDK: Deri Kıvrım Kalınlığı  $\phi$  JP: Jackson-Pollock Denklemi  
\* BIA: Biyoelektrik impedans analiz

Çalışmaya katılan bireylerin antropometrik ölçüm bulgularının tanımlayıcı istatistikleri Tablo 10'da verilmiştir. Katılımcıların boy uzunluğu ortalaması 180,38±4,46 cm, vücut ağırlığı ortalaması 80,96±4,26kg ve vücut kütle indeksi değeri ortalaması 25,14±0,92'dir. Katılımcıların vücut yağ oranı ortalaması BIA'ya göre %15,98±3,98 olup, ortanca değeri %16,80'dir. Vücut yağ kütlesi ortalama 13,59±4,01 kg iken, vücut kas kütlesi ortalama 64,66±6,4 kg olarak belirlenmiştir. Vücut kemik kütlesi değeri ortalamalarının 3,39±0,27 kg olduğu, bazal metabolizma hızı ortalamalarının 1976,08±197,06 kkal olduğu, vücut su oranı ortalamalarının %57,61±4,18 ve vücut su kütlesi ortalamalarının 47,94±4,74 kg olduğu bulunmuştur.

Deri kıvrım kalınlıkları ölçümlerinde en yüksek ortalama değer 16,07±4,67 mm ile abdominal bölgeden elde edilmiştir. Supscapula bölgesinin ortalama değeri 12,87±3,46 mm, triceps 6,71±2,98 mm, biceps 6,25±2,06 mm ve göğüs 6,8±2,55 mm olarak ölçülmüştür. Diğer bölgelere ait ortalamalar ise şu şekildedir: midaksiller 11,91±5,01 mm, suprailiak 10,92±4,79 mm, supraspinal 11,34±5,1 mm, uyluk 12,81±4,38 mm ve baldır 6,2±1,53 mm'dir. Katılımcıların deri kıvrım kalınlığı yağ oranı ortalaması Jackson-pollock denklemine göre %11,88±3,6 olarak bulunmuştur.

### 4.3 Katılımcıların Günlük Besin Alım Değerleri Ortalamasının Bulguları

Tablo 11. Katılımcıların günlük diyetle tükettikleri enerji ve makro besin ögesi ortalaması ve DRI ile karşılaştırılması

	Ort±SS	Ortanca (Alt-Üst)	DRI (%)
Enerji (kkal)	2110.96±281.42	2158.59 (1681.91-2672.87)	-
Protein (g)	102,13±7.7	101.88 (89.27-116.91)	154,5
Protein (%)	20,2±2,97	20 (16-31)	
Karbonhidrat (g)	204.51±41.48	213.7 (143.77-257.02)	156,9
Karbonhidrat (%)	39.61±4,78	41 (36-47)	-
Yağ (g)	95.1±20.47	89.38 (66.47-138.38)	-
Yağ (%)	39,9±5,52	39 (33-53)	
Posa (g)	32.4±8.0	29.81 (21.21-49.59)	108
Total kolesterol (mg)	628.58 ± 167.5	574.05 (413.3-1051.0)	-
Doymuş yağ asidi (g)	35.0 ± 7.23	37.19 (23.9-44.69)	-
Doymamış yağ asidi (g)	18.29 ± 9.81	14.22 (8.27-36.5)	-
Tekli Doymamış yağ asidi (g)	34.6 ± 9.2	36.47 (22.43-54.26)	-
Çoklu doymamış yağ asidi (g)	18.29 ± 9.81	14.22 (8.27-36.5)	-
Omega-3 yağ asitleri (g)	3.64 ± 2.81	1.77 (1.11-8.5)	-
EPA (g)	0.36 ± 0.79	0.03 (0.01-2.38)	-
DHA (g)	1.05 ± 1.59	0.4 (0.15-5.12)	-
Omega-6 yağ asitleri (g)	13.94 ± 8.28	10.26 (6.13-30.4)	-

Ort: Ortalama SS: Standart Sapma DHA: Dokozaheksaenoik Asit, EPA: Eikosapentaenoik Asit

Katılımcıların bir günlük besin tüketim kayıtlarına göre enerji ve makro besin ögesi alımlarına ait tanımlayıcı istatistiksel bulguları Tablo 11’de verilmiştir. Katılımcıların günlük ortalama enerji alımları 2110.96±281.42 kkal olarak bulunmuştur. Enerjinin karbonhidrat, protein ve yağlardan gelen oranı sırasıyla; %39,61±4,78, %20,2±2,97 ve %39,9±5,52 şeklindedir. Günlük diyetle karbonhidrat alımı 204.51±41.48gram, protein alımı 102,13±7.7gram, yağ alımı ise 95.1±20.47gram’dır. Toplam lif alımı 32.4±8.0, günlük kolesterol alımı ise 628.58 ± 167.5mg bulunmuştur.

Tablo 12. Katılımcıların günlük diyetle tükettikleri mikro besin ögesi ortalaması ve DRI ile karşılaştırılması

	Ort $\pm$ SS	Ortanca (Alt-Üst)	DRI (%)
A vitamini ( $\mu$ g)	1440.14 $\pm$ 608.98	1370.45 (638.4-2622.25)	160
E vitamini (mg)	17.03 $\pm$ 7.21	17.9 (7.89-35.37)	113,2
Tiamin (mg)	1.43 $\pm$ 0.34	1.43 (0.97-2.25)	119,1
Riboflavin (mg)	2.07 $\pm$ 0.41	2.0 (1.59-3.04)	159,2
B6 vitamini (mg)	2,3 $\pm$ 0,67	2,1(1,7-3,5)	176,9
Folat ( $\mu$ g)	402.37 $\pm$ 69.14	406.25 (242.8-504.75)	100,5
C vitamin (mg)	164.63 $\pm$ 52.56	165.86 (87.24-270.56)	182,2
Potasyum (mg)	3905.13 $\pm$ 992.44	3991.45 (2019.0-5801.2)	114,8
Kalsiyum (mg)	956.39 $\pm$ 238.22	919.35 (668.95-1576.6)	95,6
Magnezyum (mg)	422.12 $\pm$ 73.28	403.6 (340.45-581.6)	105,5
Fosfor (mg)	1705.22 $\pm$ 233.49	1667.55 (1401.65-2214.05)	170,5
Demir (mg)	14.36 $\pm$ 2.38	13.8 (11.47-18.59)	179,5
Çinko (mg)	15.5 $\pm$ 4.37	15.71 (11.28-26.98)	140,9

Ort: Ortalama SS: Standart Sapma

Katılımcıların bir günlük besin tüketim kayıtlarına göre mikro besin ögesi alımlarına ait tanımlayıcı istatistiksel bulguları Tablo 12’de verilmiştir. Katılımcıların günlük ortalama A vitamini alım düzeyleri 1440.14  $\pm$  608.98 $\mu$ g, E vitamini 17.03  $\pm$  7.21mg, C vitamini 164.63 $\pm$ 52.56mg, Tiamin 1.43  $\pm$  0.34mg, Riboflavin 2.07 $\pm$ 0.41mg, B6 vitamini 2,3 $\pm$ 0,67mg, Folat 402.37  $\pm$  69.14 $\mu$ g, Potasyum 3905.13  $\pm$  992.44mg, Kalsiyum 956.39 $\pm$ 238.22mg, Magnezyum 422.12 $\pm$ 73.28mg, Fosfor 1705.22  $\pm$  233.49mg, Demir 14.36  $\pm$  2.38mg, Çinko ise 15.5  $\pm$  4.37mg olarak bulunmuştur.

#### 4.4 Katılımcıların Performans Ölçüm Bulguları

Katılımcıların performans ölçüm bulguları aşağıdaki tablolarda verilmiştir.

Tablo 13. Katılımcıların Performans ölçümlerinin referans ölçüm ile kafeinli kahve karşılaştırması

Değişkenler	Referans Ölçüm		Kafeinli Kahve		p
	Ort±SD	Ortanca (min-max)	Ort±SD	Ortanca (min-max)	
Ort. KAH	145,69±21,38	149,0 (109,0-177,0)	153,23±14,38	150,0 (130,0-182,0)	0.151
Max. KAH	174,07±16,74	173,0 (144,0-204,0)	177,38±14,06	177,3 (157,0-203,0)	0.382
Max-Hız	12,43±0,67	12,5 (11,5-13,5)	12,73±0,75	13,0 (11,5-14,0)	<b>0.005</b>
Mekik Sayısı	75,69±16,09	75,0 (58,0-104,0)	82,23±16,95	85,0 (60,0-111,0)	<b>0.002</b>
Mesafe (m)	1513,84±321,90	1500,0 (1160,0-2080,0)	1644,61±339,03	1700,0 (1200,0-2220,0)	<b>0.002</b>
VO2maks	53,00±4,20	53,7 (47,6-59,6)	55,04±4,41	56,6 (47,8-62,5)	<b>0.005</b>
Jump Height (cm)	27,80±5,54	25,8 (20,1-37,9)	29,23±6,74	28,7 (20,0-44,9)	<b>0.044</b>
Zirve Güç (W)	3462,53±619,58	3438,0 (2710,0-4562,0)	3591,38±693,08	3460,0 (2698,0-5032,0)	0.116

Wilcoxon test, p<0.05 istatistiksel olarak anlamlı

Tablo 13'te görüldüğü gibi Max hız ( $p=0.005$ ), mekik sayısı ( $p=0.002$ ), mesafe ( $p=0.002$ ), VO2max ( $p=0.005$ ) ve Jump height ( $p=0.044$ ) değerleri referans ölçüme göre kafeinli kahve sonrası ölçümlerde anlamlı olarak artmıştır.



Tablo 14. Katılımcıların performans ölçümlerinin referans ölçüm ile pancar suyu karşılaştırması

Değişkenler	Referans Ölçüm		Pancar Suyu		p
	Ort±SD	Ortanca (min-max)	Ort±SD	Ortanca (min-max)	
Ort. KAH	145,69±21,38	149,0 (109,0-177,0)	155,61±15,38	157,0 (130,0-181,0)	<b>0.039</b>
Max. KAH	174,07±16,74	173,0 (144,0-204,0)	178,69±14,43	179,0 (154,0-207,0)	0.229
Max-Speed	12,43±0,67	12,5 (11,5-13,5)	12,84±0,68	13,0 (12,0-14,0)	<b>0.002</b>
Mekik Sayısı	75,69±16,09	75,0 (58,0-104,0)	85,92±16,64	86,0 (62,0-112,0)	<b>0.001**</b>
Mesafe (m)	1513,84±321,90	1500,0 (1160,0-2080,0)	1718,46±332,81	1720,0 (1240,0-2240,0)	<b>0.001**</b>
VO2maks	53,00±4,20	53,7 (47,6-59,6)	55,73±4,03	56,6 (50,8-62,5)	<b>0.003</b>
Jump Height (cm)	27,80±5,54	25,8 (20,1-37,9)	27,93±6,29	27,9 (20,1-41,0)	0.753
Zirve Güç (W)	3462,53±619,58	3438,0 (2710,0-4562,0)	3510,76±604,34	3452,0 (2758,0-4894,0)	0.382

Wicoxon test, \*p<0.05 ve \*\*p<0,001 istatistiksel olarak anlamlı

Tablo 14’da görüldüğü gibi Ort KAH ( $p=0.039$ ), Max hız ( $p=0.002$ ), mekik sayısı ( $p=0.001$ ), mesafe ( $p=0.001$ ) ve VO2max ( $p=0.003$ ) değerleri baselin ölçümlere göre kafeinli kahve sonrası ölçümlerde anlamlı olarak artmıştır.



Tablo 15. Katılımcıların performans ölçümlerinin referans ölçüm ile pancar suyu + kafeinli kahve karşılaştırması

Değişkenler	Referans Ölçüm		Pancar Suyu+Kafeinli kahve		p
	Ort±SD	Ortanca (min-max)	Ort±SD	Ortanca (min-max)	
Ort. KAH	145,69±21,38	149,0 (109,0-177,0)	157,76±12,65	154,0 (137,0-180,0)	<b>0.045</b>
Max. KAH	174,07±16,74	173,0 (144,0-204,0)	180,30±15,77	181,0 (150,0-203,0)	0.162
Max-Hız	12,43±0,67	12,5 (11,5-13,5)	12,99±0,70	13,0 (12,0-14,0)	<b>0.002</b>
Mekik Sayısı	75,69±16,09	75,0 (58,0-104,0)	88,38±16,14	90,0 (63,0-114,0)	<b>0.001**</b>
Mesafe (m)	1513,84±321,90	1500,0 (1160,0-2080,0)	1767,69±322,95	1800,0 (1260,0-2280,0)	<b>0.001**</b>
VO2maks	53,00±4,20	53,7 (47,6-59,6)	56,63±4,14	56,6 (50,8-62,5)	<b>0.001**</b>
Jump Height (cm)	27,80±5,54	25,8 (20,1-37,9)	28,80±6,49	26,1 (22,2-41,8)	<b>0.044</b>
Peak Power (W)	3462,53±619,58	3438,0 (2710,0-4562,0)	3581,15±644,58	3574,0 (2524,0-4786,0)	0.087

Wilcoxon test, \*p<0.05 ve \*\*p<0,001 istatistiksel olarak anlamlı

Tablo 15’de görüldüğü gibi Ort KAH ( $p=0.045$ ), Max hız ( $p=0.002$ ), mekik sayısı ( $p=0.001$ ), mesafe ( $p=0.001$ ), VO2max ( $p=0.001$ ) ve Jump height ( $p=0.044$ ) değerleri referans ölçümlere göre kombine pancar suyu+kafeinli kahve sonrası ölçümlerde anlamlı olarak artmıştır.



Tablo 16. Katılımcıların performans ölçümlerinin tek başına kafeinli kahve ile tek başına pancar suyu karşılaştırması

Değişkenler	Kafeinli Kahve		Pancar Suyu		p
	Ort±SD	Ortanca (min-max)	Ort±SD	Ortanca (min-max)	
Ort. KAH	153,23±14,38	150,0 (130,0-182,0)	155,61±15,38	157,0 (130,0-181,0)	0.675
Max. KAH	177,38±14,06	177,3 (157,0-203,0)	178,69±14,43	179,0 (154,0-207,0)	0.972
Max-Speed	12,73±0,75	13,0 (11,5-14,0)	12,84±0,68	13,0 (12,0-14,0)	0.180
Mekik Sayısı	82,23±16,95	85,0 (60,0-111,0)	85,92±16,64	86,0 (62,0-112,0)	<b>0.047</b>
Mesafe (m)	1644,61±339,03	1700,0 (1200,0-2220,0)	1718,46±332,81	1720,0 (1240,0-2240,0)	<b>0.047</b>
VO2max	55,04±4,41	56,6 (47,8-62,5)	55,73±4,03	56,6 (50,8-62,5)	0.129
Jump Height (cm)	29,23±6,74	28,7 (20,0-44,9)	27,93±6,29	27,9 (20,1-41,0)	<b>0.046</b>
Peak Power (W)	3591,38±693,08	3460,0 (2698,0-5032,0)	3510,76±604,34	3452,0 (2758,0-4894,0)	0.075

Wilcoxon test, p<0.05 istatistiksel olarak anlamlı

Tablo 16’da görüldüğü gibi mekik sayısı ( $p=0.047$ ) ve mesafe ( $p=0.047$ ) değerleri kafeinli kahve sonrası ölçümlere göre pancar suyu sonrası ölçümlerde anlamlı olarak artarken, Jump height ( $p=0.046$ ) ölçümleri ise azalmıştır.



Tablo 17. Katılımcıların performans ölçümlerinin kafeinli kahve alımı sonrası pancar suyu + kafeinli kahve karşılaştırması

Değişkenler	Kafeinli Kahve		Pancar suyu+kafeinli kahve		p
	Ort±SD	Ortanca (min-max)	Ort±SD	Ortanca (min-max)	
Ort. KAH	153,23±14,38	150,0 (130,0-182,0)	157,76±12,65	154,0 (137,0-180,0)	<b>0.040</b>
Max. KAH	177,38±14,06	177,3 (157,0-203,0)	180,30±15,77	181,0 (150,0-203,0)	<b>0.001**</b>
Max-Speed	12,73±0,75	13,0 (11,5-14,0)	12,99±0,70	13,0 (12,0-14,0)	<b>0.024</b>
Mekik Sayısı	82,23±16,95	85,0 (60,0-111,0)	88,38±16,14	90,0 (63,0-114,0)	<b>0.002</b>
Mesafe (m)	1644,61±339,03	1700,0 (1200,0-2220,0)	1767,69±322,95	1800,0 (1260,0-2280,0)	<b>0.002</b>
VO2max	55,04±4,41	56,6 (47,8-62,5)	56,63±4,14	56,6 (50,8-62,5)	<b>0.024</b>
Jump Height (cm)	29,23±6,74	28,7 (20,0-44,9)	28,80±6,49	26,1 (22,2-41,8)	0.701
Zirve Güç (W)	3591,38±693,08	3460,0 (2698,0-5032,0)	3581,15±644,58	3574,0 (2524,0-4786,0)	0.422

Wilcoxon test, p<0.05 ve \*\*p<0,001 istatistiksel olarak anlamlı

Tablo 17’de görüldüğü gibi Ort KAH ( $p=0.040$ ), Max.KAH ( $p=0.001$ ), Max speed ( $p=0.024$ ), mekik sayısı ( $p=0.002$ ), mesafe ( $p=0.002$ ) ve VO2max ( $p=0.024$ ) değerleri kafeinli kahve alımı sonrası ölçümlere göre pancar suyu+kafeinli kahve sonrası ölçümlerde anlamlı olarak artmıştır.



Tablo 18. Katılımcıların performans ölçümlerinin pancar suyu alımının pancar suyu + kafeinli kahve karşılaştırması

Değişkenler	Pancar Suyu		Pancar suyu+kafeinli kahve		p
	Ort±SD	Ortanca (min-max)	Ort±SD	Ortanca (min-max)	
Ort. KAH	155,61±15,38	157,0 (130,0-181,0)	157,76±12,65	154,0 (137,0-180,0)	0.200
Max. KAH	178,69±14,43	179,0 (154,0-207,0)	180,30±15,77	181,0 (150,0-203,0)	0.284
Max-Speed	12,84±0,68	13,0 (12,0-14,0)	12,99±0,70	13,0 (12,0-14,0)	<b>0.048</b>
Mekik Sayısı	85,92±16,64	86,0 (62,0-112,0)	88,38±16,14	90,0 (63,0-114,0)	<b>0.028</b>
Mesafe (m)	1718,46±332,81	1720,0 (1240,0-2240,0)	1767,69±322,95	1800,0 (1260,0-2280,0)	<b>0.028</b>
VO2max	55,73±4,03	56,6 (50,8-62,5)	56,63±4,14	56,6 (50,8-62,5)	<b>0.049</b>
Jump Height (cm)	27,93±6,29	27,9 (20,1-41,0)	28,80±6,49	26,1 (22,2-41,8)	<b>0.048</b>
Zirve Güç (W)	3510,76±604,34	3452,0 (2758,0-4894,0)	3581,15±644,58	3574,0 (2524,0-4786,0)	0.196

Wilcoxon test, p<0.05 istatistiksel olarak anlamlı

Tablo 18’de görüldüğü gibi maks hız ( $p=0.048$ ), mekik sayısı ( $p=0.0028$ ), mesafe ( $p=0.0028$ ), VO2maks ( $p=0.049$ ) ve Jump Height ( $p=0.048$ ) değerleri kpancar suyu sonrası ölçümlere göre pancar suyu+kafeinli kahve sonrası ölçümlerde anlamlı olarak artmıştır.



Tablo 19. Katılımcıların Müdahalelere göre atletik performans ölçümlerinin karşılaştırması

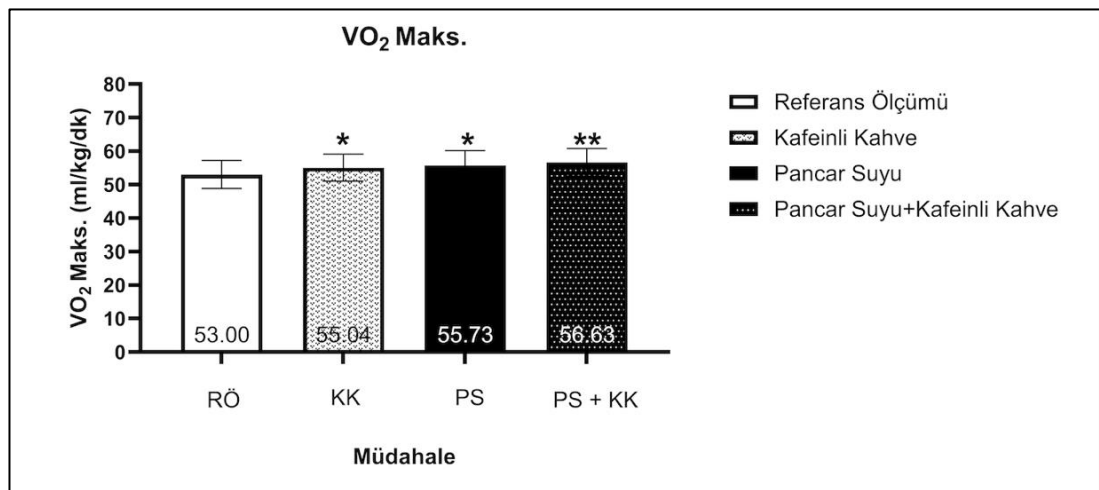
	Referans Ölçüm		Kafeinli Kahve		Pancar Suyu		Pancar Suyu + Kafeinli Kahve		RÖ-KK	RÖ-PS	RÖ-PS+KK	KK-PS	KK-PS+KK	PS-PS+KK
	Ort ± SD	Ortanca (Alt-Üst)	Ort ± SD	Ortanca (Alt-Üst)	Ort ± SD	Ortanca (Alt-Üst)	Ort ± SD	Ortanca (Alt-Üst)	p1	p2	p3	p4	p5	p6
AZD	11,00 ± 2,19	11,0 (8,0-15,0)	11,46 ± 1,56	12,0 (9,0-13,0)	12,38 ± 1,32	13,0 (11,0-15,0)	12,53 ± 1,73	13,0 (10,0-15,0)	0.440	0.061	0.072	0.150	0.173	0.582
Ort. KAH	145,69 ± 21,38	149,0 (109,0-177,0)	153,23 ± 14,38	150,0 (130,0-182,0)	155,61 ± 15,38	157,0 (130,0-181,0)	157,76 ± 12,65	154,0 (137,0-180,0)	0.151	<b>0.039</b>	<b>0.045</b>	0.675	<b>0.040</b>	0.200
Maks. KAH	174,07 ± 16,74	173,0 (144,0-204,0)	177,38 ± 14,06	177,3 (157,0-203,0)	178,69 ± 14,43	179,0 (154,0-207,0)	180,30 ± 15,77	181,0 (150,0-203,0)	0.382	0.229	0.162	0.972	<b>0.001**</b>	0.284
Maks. Hız	12,43 ± 0,67	12,5 (11,5-13,5)	12,73 ± 0,75	13,0 (11,5-14,0)	12,84 ± 0,68	13,0 (12,0-14,0)	12,99 ± 0,70	13,0 (12,0-14,0)	<b>0.005</b>	<b>0.002</b>	<b>0.002</b>	0.180	<b>0.024</b>	<b>0.048</b>
Mekik Sayısı	75,69 ± 16,09	75,0 (58,0-104,0)	82,23 ± 16,95	85,0 (60,0-111,0)	85,92 ± 16,64	86,0 (62,0-112,0)	88,38 ± 16,14	90,0 (63,0-114,0)	<b>0.002</b>	<b>0.001**</b>	<b>0.001**</b>	<b>0.047</b>	<b>0.002</b>	<b>0.028</b>

Tablo 19. Katılımcıların Müdahalelere göre atletik performans ölçümlerinin karşılaştırması (devam)

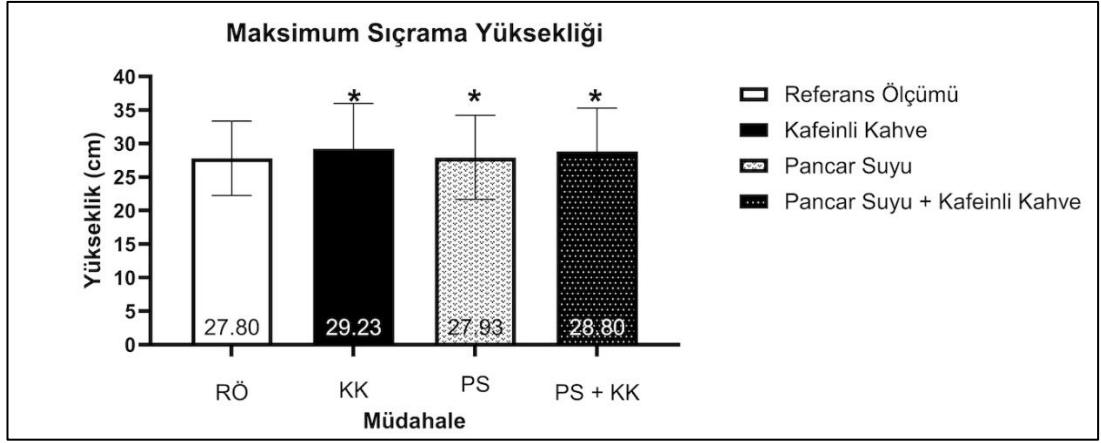
	Referans Ölçüm		Kafeinli Kahve		Pancar Suyu		Pancar Suyu + Kafeinli Kahve		RÖ-KK	RÖ-PS	RÖ-PS+KK	KK-PS	KK-PS+KK	PS-PS+KK
	Ort ± SD	Ortanca (Alt-Üst)	Ort ± SD	Ortanca (Alt-Üst)	Ort ± SD	Ortanca (Alt-Üst)	Ort ± SD	Ortanca (Alt-Üst)	p1	p2	p3	p4	p5	p6
Kat edilen Mesafe (m)	1513,84 ± 321,90	1500,0 (1160,0-2080,0)	1644,61 ± 339,03	1700,0 (1200,0-2220,0)	1718,46 ± 332,81	1720,0 (1240,0-2240,0)	1767,69 ± 322,95	1800,0 (1260,0-2280,0)	<b>0.002</b>	<b>0.001**</b>	<b>0.001**</b>	<b>0.047</b>	<b>0.002</b>	<b>0.028</b>
VO2maks	53,00 ± 4,20	53,7 (47,6-59,6)	55,04 ± 4,41	56,6 (47,8-62,5)	55,73 ± 4,03	56,6 (50,8-62,5)	56,63 ± 4,14	56,6 (50,8-62,5)	<b>0.005</b>	<b>0.003</b>	<b>0.001**</b>	0.129	<b>0.024</b>	<b>0.049</b>
Sıçırma Yüksekliği (cm)	27,80 ± 5,54	25,8 (20,1-37,9)	29,23 ± 6,74	28,7 (20,0-44,9)	27,93 ± 6,29	27,9 (20,1-41,0)	28,80 ± 6,49	26,1 (22,2-41,8)	<b>0.044</b>	0.753	<b>0.044</b>	<b>0.046</b>	0.701	<b>0.048</b>
Zirve Güç (W)	3462,53 ± 619,58	3438,0 (2710,0-4562,0)	3591,38 ± 693,08	3460,0 (2698,0-5032,0)	3510,76 ± 604,34	3452,0 (2758,0-4894,0)	3581,15 ± 644,58	3574,0 (2524,0-4786,0)	0.116	0.382	0.087	0.075	0.422	0.196

Wilcoxon test, \*p<0.05 ve \*\*p<0,001 istatistiksel olarak anlamlı, p1: Referans Ölçümü-Kafeinli Kahve, p2: Referans Ölçümü-Pancar Suyu, p3: Referans Ölçümü- Pancar Suyu ve Kafeinli Kahve, p4: Kafeinli Kahve-Pancar Suyu, p5: Kafeinli Kahve-Pancar Suyu + Kafeinli Kahve, p6: Pancar suyu-Pancar suyu + Kafeinli Kahve  
RÖ: Referans Ölçümü, KK: Kafeinli kahve, PS: Pancar suyu, PS+KK: Pancar suyu+Kafeinli kahve AZD: Algılanılan Zorluk Derecesi, Ort.KAH: Ortalama Kalp Atım Hızı, Maks.KAH: Maksimum Kalp Atım Hızı

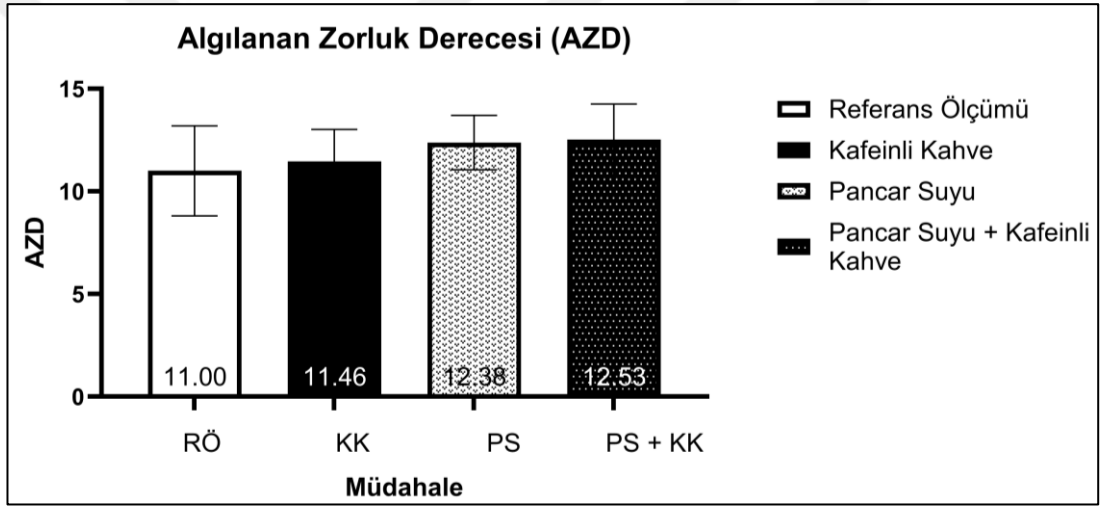
Katılımcıların performans ölçümlerinin tanımlayıcı istatistiksel bulguları Tablo 19'da verilmiştir. İncelendiğinde Maksimum Hız ( $p_1=0.005$ ), mekik sayısı ( $p_1=0.002$ ), kat edilen mesafe ( $p=0.002$ ), VO<sub>2</sub>maks ( $p_1=0.005$ ) ve Sıçrama yüksekliği ( $p_1=0.044$ ) değerleri referans ölçüme göre kafeinli kahve sonrası ölçümlerde anlamlı olarak artmıştır. Ortalama kalp atım hızı ( $p_2=0.039$ ), maksimum hız ( $p_2=0.002$ ), mekik sayısı ( $p_2=0.001$ ), kat edilen mesafe ( $p_2=0.001$ ) ve VO<sub>2</sub>maks ( $p_2=0.003$ ) değerleri referans ölçümlere göre pancar suyu sonrası ölçümlerde anlamlı olarak artmıştır. Ort KAH ( $p_3=0.045$ ), Maksimum hız ( $p_3=0.002$ ), mekik sayısı ( $p_3=0.001$ ), kat edilen mesafe ( $p_3=0.001$ ), VO<sub>2</sub>maks ( $p_3=0.001$ ) ve Sıçrama yüksekliği ( $p_3=0.044$ ) değerleri referans ölçümlere göre pancar suyu ve kafeinli kahve sonrası ölçümlerde anlamlı olarak artmıştır. Mekik sayısı ( $p_4=0.047$ ) ve mesafe ( $p_4=0.047$ ) değerleri Kafeinli kahve sonrası ölçümlere göre pancar suyu sonrası ölçümlerinde anlamlı olarak artarken sıçrama yüksekliği ( $p_4=0.046$ ) ölçümleri ise azalmıştır. Ort KAH ( $p_5=0.040$ ), Max.KAH ( $p_5=0.001$ ), Maks-hız ( $p_5=0.024$ ), mekik sayısı ( $p_5=0.002$ ), kat edilen mesafe ( $p_5=0.002$ ) ve VO<sub>2</sub>maks ( $p_5=0.024$ ) değerleri kafeinli kahve sonrası ölçümlere göre kombine pancar suyu+kafeinli kahve sonrası ölçümlerde anlamlı olarak artmıştır. Maksimum Hız ( $p_6=0.048$ ), mekik sayısı ( $p_6=0.0028$ ), kat edilen mesafe ( $p_6=0.0028$ ), VO<sub>2</sub>maks ( $p_6=0.049$ ) ve Sıçrama yüksekliği ( $p_6=0.048$ ) değerleri pancar suyu sonrası ölçümlere göre pancar suyu+kafeinli kahve sonrası ölçümlerde anlamlı olarak artmıştır.



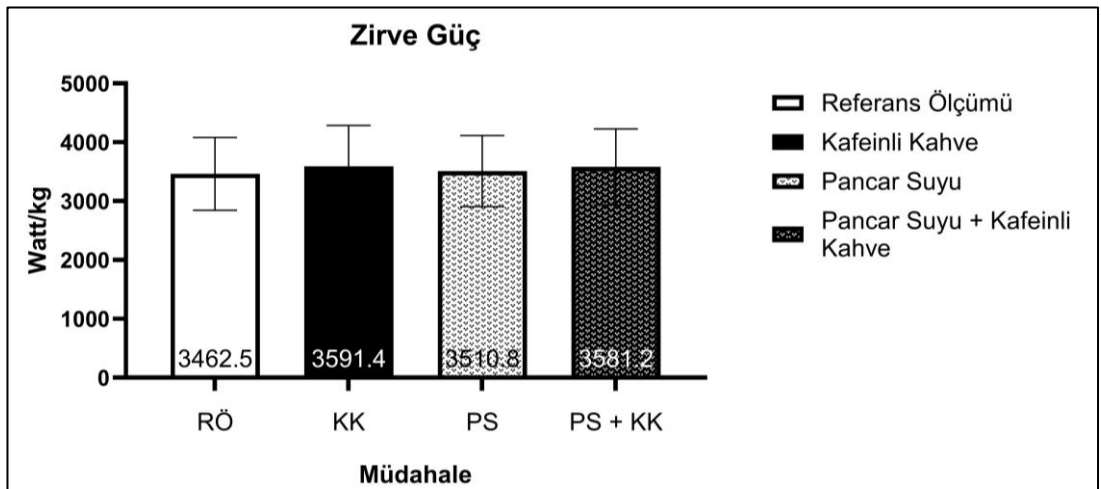
Şekil 9. Müdahalelerin VO<sub>2</sub>maks üzerine etkisi



Şekil 10. Müdahalelerin sıçrama yüksekliği (cm) üzerine etkisi



Şekil 11. Müdahalelerin algılanan zorluk derecesi üzerine etkisi



Şekil 12. Müdahalelerin zirve güç – patlayıcı kuvvet üzerine etkisi

Tablo 20. Katılımcıların referans ölçümlerinin AZD, Maks.KAH ve VO2maks ölçümleri arasındaki ilişkinin karşılaştırılması

Referans Ölçüm		AZD	Max.KAH	VO2maks
AZD	r	1		
	p			
Maks. KAH	r	0,055	1	
	p	0,857		
VO2maks	r	-0,125	0,240	1
	p	0,683	0,430	

Spearman korelasyon test

Tablo 20’de görüldüğü gibi AZD, Maks. KAH ve VO2maks değerlerinin referans ölçümleri arasında anlamlı bir ilişki saptanmamıştır ( $p>0.05$ ).

Tablo 21. Katılımcıların kafeinli kahve sonrası ölçümlerinin AZD, Maks.KAH ve VO2maks ölçümleri arasındaki ilişki

Referans Ölçüm		AZD	Max.KAH	VO2maks
AZD	r	1		
	p			
Maks.KAH	r	-0,426	1	
	p	0,147		
VO2maks	r	-0,159	-0,090	1
	p	0,604	0,770	

Spearman korelasyon test

Tablo 21’de görüldüğü gibi AZD, Maks.KAH ve VO2maks değerlerinin kafeinli kahve sonrası ölçümleri arasında anlamlı bir ilişki saptanmamıştır ( $p>0.05$ ).

Tablo 22. Katılımcıların Pancar Suyu sonrası ölçümlerinin AZD, Max.KAH ve VO2maks ölçümleri arasındaki ilişki

Referans Ölçüm		AZD	Maks.KAH	VO2maks
AZD	r	1		
	p			
Maks.KAH	r	0,096	1	
	p	0,754		
VO2maks	r	-0,389	-0,270	1
	p	0,189	0,372	

Spearman korelasyon test

Tablo 22’de görüldüğü gibi AZD, Maks.KAH ve VO2maks değerlerinin pancar suyu sonrası ölçümleri arasında anlamlı bir ilişki saptanmamıştır ( $p>0.05$ ).

Tablo 23. Katılımcıların Pancar suyu + Kafeinli Kahve ölçümleri sonrası AZD, Maks.KAH ve VO2maks ölçümleri arasındaki ilişki

Referans Ölçüm		AZD	Max.KAH	VO2maks
AZD	r	1		
	p			
Maks.KAH	r	0,165	1	
	p	0,591		
VO2maks	r	-0,176	0,232	1
	p	0,566	0,446	

Spearman korelasyon test

Tablo 23’te görüldüğü gibi AZD, Maks.KAH ve VO2maks değerlerinin pancar suyu+kafeinli kahve sonrası ölçümleri arasında anlamlı bir ilişki saptanmamıştır ( $p>0.05$ ).

Tablo 24. Referans ölçüm, maksimum kalp atım hızı, zirve güç, vücut ağırlığı ve yağ oranı değişkenlerinin VO2maks üzerine etkisine ilişkin çok değişkenli lineer regresyon analizi sonuçları

Değişkenler	B	Std. Hata	Beta	t	p	%95 CI	
						Lower	Upper
Sabit	75,433	24,467		3,083	,015	19,013	131,853
Maks.KAH	,023	,059	,091	,386	,710	-,113	,159
Zirve Güç	,001	,002	,213	,614	,556	-,004	,007
Vücut Ağırlığı	-,264	,331	-,267	-,795	,449	-1,028	,500
Yağ Oranı	-,846	,261	-,724	-3,240	,012	-1,449	-,244

**R = .78, R<sup>2</sup> = .61, F = 3.135, p=0.068**

Tablo 24’te, referans ölçüm, maksimum kalp atım hızı, zirve güç, vücut ağırlığı ve yağ oranı değişkenlerinin VO2maks yordamasına ilişkin çok değişkenli lineer regresyon analizi sonuçları görülmektedir. Kurulan çok değişkenli regresyon modeli anlamlı bulunmamıştır ( $F=3.135$ ,  $p=0.068$ ).

Tablo 25. Kafeinli kahve sonrası maksimum kalp atım hızı, zirve güç, vücut ağırlığı ve yağ oranı değişkenlerinin VO2maks üzerine etkisine ilişkin çok değişkenli lineer regresyon analizi sonuçları

Değişkenler	B	Std. Hata	Beta	t	p	%95 CI	
						Lower	Lower
Sabit	94,015	24,825		3,787	,005	36,769	151,262
Maks.KAH	-,052	,085	-,166	-,615	,556	-,247	,143
Zirve Güç	,002	,002	,290	,900	,394	-,003	,007
Vücut Ağırlığı	-,339	,300	-,328	-1,130	,291	-1,032	,353
Yağ Oranı	-,748	,298	-,611	-2,510	,036	-1,436	-,061
<b>R = .74, R<sup>2</sup> = .56, F = 2.547, p=0.121</b>							

Tablo 25’de, kafeinli kahve sonrası maksimum kalp atım hızı, zirve güç, vücut ağırlığı ve yağ oranı değişkenlerinin VO2maks yordamasına ilişkin çok değişkenli lineer regresyon analizi sonuçları görülmektedir. Kurulan çok değişkenli regresyon modeli anlamlı bulunmamıştır (F=2.547, p=0.121).

Tablo 26. Pancar suyu sonrası maksimum kalp atım hızı, zirve güç, vücut ağırlığı ve yağ oranı değişkenlerinin VO2maks üzerine etkisine ilişkin çok değişkenli lineer regresyon analizi sonuçları

Değişkenler	B	Std. Hata	Beta	t	p	%95 CI	
						Lower	Lower
Sabit	88,643	17,086		5,188	,001	49,242	128,044
Maks.KAH	-,049	,056	-,177	-,875	,407	-,180	,081
Zirve Güç	,002	,002	,243	,911	,389	-,002	,006
Vücut Ağırlığı	-,247	,258	-,261	-,956	,367	-,843	,349
Yağ Oranı	-,822	,222	-,734	-3,709	<b>,006</b>	-1,333	-,311
<b>R = .84, R<sup>2</sup> = .71, F = 5.047, p=0.025</b>							

Tablo 26’da pancar suyu sonrası maksimum kalp atım hızı, zirve güç, vücut ağırlığı ve yağ oranı değişkenlerinin VO2maks yordamasına ilişkin çok değişkenli lineer regresyon analizi sonuçları görülmektedir. Buna göre vücut yağ oranı değişkenini VO2maks değişkenini anlamlı düzeyde yordadığı sonucuna ulaşılmıştır (R= .84, R<sup>2</sup> = .71 F = 5,047, p=0.025). Elde edilen bu sonuçlara göre yağ oranı arttıkça

VO2maks anlamlı ölçüde azalmaktadır ( $t=-3.709$ ,  $p=0.006$ ). Bu anlamlı değişkenler VO2maks'a ilişkin toplam varyansın yaklaşık olarak %71'ini açıklamaktadır.

Tablo 27. Pancar suyu + kafeinli kahve sonrası maksimum kalp atım hızı, zirve güç, vücut ağırlığı ve yağ oranı değişkenlerinin VO2maks üzerine etkisine ilişkin çok değişkenli lineer regresyon analizi sonuçları

Değişkenler	B	Std. Hata	Beta	t	p	%95 CI	
						Lower	Lower
Sabit	58,541	30,632		1,911	,092	-12,096	129,178
Maks.KAH	,035	,067	,135	,524	,615	-,120	,191
Zirve Güç	-,002	,003	-,321	-,811	,441	-,008	,004
Vücut Ağırlığı	,117	,380	,121	,309	,765	-,759	,994
Yağ Oranı	-,874	,260	-,759	-3,368	,010	-1,473	-,276
<b>R = .79, R<sup>2</sup> = .62, F = 3.380, p=0.067</b>							

Tablo 27'de pancar suyu+kafeinli kahve sonrası maksimum kalp atım hızı, zirve güç, kilo ve yağ oranı değişkenlerinin VO2maks. yordamasına ilişkin çok değişkenli lineer regresyon analizi sonuçları görülmektedir. Kurulan çok değişkenli regresyon modeli anlamlı bulunmamıştır ( $F=3.380$ ,  $p=0.067$ ).

## 5 TARTIŞMA

Beslenme, hem antrenman hem de müsabaka döneminde sporcuların performansını etkileyen en önemli değişkenlerden biridir. Özellikle kafein ve pancar suyu performans artırıcı ergojenik etkileri sebebiyle son yıllarda daha fazla ilgi görmeye başlamıştır. Literatürdeki çalışmalar pancar suyunun zengin nitrat içeriği sayesinde oksijen kullanım verimliliğini artırarak dayanıklılık performansını iyileştirdiğini ortaya konulmuştur. Kafeinin ise merkezi sinir sistemi üzerinden yorgunluk algısını azaltarak hem dayanıklılık hem de anaerobik performans üzerinde olumlu etkiler sağladığı gösterilmiştir. Ancak, bu iki ergojenik takviyenin tek başına etkileri üzerine çok sayıda çalışma bulunmasına rağmen, kombine kullanımının atletik performansa etkisini inceleyen sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu araştırma, pancar suyu ve kafeinli kahve kombinasyonunun rekreasyonel sporcularda aerobik ve anerobik performans üzerindeki akut etkilerini araştırarak literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Elde edilen bulgular, pancar suyu + kafeinli kahve kombinasyonunun sadece pancar suyu veya sadece kafeinli kahve tüketimine kıyasla performans parametrelerinde olumlu etkiler yarattığını; özellikle VO<sub>2</sub>maks, kat edilen mesafe, mekik sayısı, ortalama kalp atım hızı, sıçrama yüksekliği gibi bileşenlerde istatistiksel olarak anlamlı bir artış sağladığı ortaya koymuştur. Bu bulgular, sporcuların beslenme programlarına yarışma ya da antrenman öncesi pancar suyu ve kafeinli kahve kombinasyonunun eklenmesinin özellikle dayanıklılık performansını arttırmak için etkili bir akut beslenme stratejisi olabileceğini ortaya koymaktadır.

### 5.1 Pancar Suyu Tüketiminin Performans Parametrelerine Dair Bulgularının Değerlendirilmesi

Pancar suyu nitrik okside dönüştürülebilir yüksek konsantrasyonda nitrat içerir. Nitrik oksidin, vazodilatasyon, kan basıncının düşürülmesi ve oksijen ile besin maddelerinin organlara taşınmasının artırılması gibi birçok fizyolojik etkileri bulunur. Bu etkilerle pancar suyu, iskelet kaslarına oksijen taşınımını arttırabilir, kas verimliliğini iyileştirebilir, egzersiz toleransını ve dayanıklılığı arttırabilir. Bu da spor performansı üzerinde pozitif etkiler oluşturabilir (8,32,33).

Jones ve diğerkleri, nitrik oksidin periferik kaslara taşınan kan akışını arttırmasıyla birlikte oksijenin daha verimli kullanıldığını ve özellikle submaksimal egzersizlerde oksijen tüketim maliyetinin azalmasıyla maksimum  $VO_2$  gibi aerobik performans göstergelerinde anlamlı artış meydana geldiğini ve böylece pancar suyu tüketiminin aerobik dayanıklılığı desteklediğini rapor etmişlerdir (11).

Araştırmalar, yaklaşık 6–8 mmol (yaklaşık 370–500 mg) nitrat içeren pancar suyu takviyelerinin egzersiz performansında anlamlı iyileşmeler sağlayabileceğini ortaya koymaktadır (49,55,62).

Yapılan bir başka çalışmada 6.4 mmol nitrat içeren pancar suyu tüketiminin, antrenmanlı bisikletçilerde 10 km zaman denemesi süresini anlamlı şekilde kısalttığı ve oksijen maliyetini düşürdüğü rapor edilmiştir (71). Bu dozun dayanıklılık performansını arttırmada etkili olduğu daha önce çeşitli çalışmalarda da bildirilmiştir (51,153). Bu etkinin özellikle aralıklı dayanıklılık aktivitelerinde belirgin olduğunu ifade etmektedir (70).

Bu çalışmanın bulguları, 6.4 mmol nitrat içeren pancar suyu takviyesinin akut olarak tüketiminin rekreasyonel düzeyde aktif bireylerde aerobik performansı olumlu yönde etkilediğini ortaya koymaktadır. Özellikle ortalama kalp atım hızı ( $p=0.039$ ), maksimum hız ( $p=0.002$ ), mekik sayısı ( $p=0.001$ ), kat edilen mesafe ( $p=0.001$ ) ve maksimal oksijen tüketimi ( $p=0.003$ ) gibi parametrelerde referans ölçümlere kıyasla istatistiksel olarak anlamlı artış gözlenmiştir. Bu bulgular, pancar suyunun egzersiz sırasında oksijen kullanım verimliliğini artırıcı ergojenik etkilerini destekleyen literatürle büyük ölçüde örtüşmektedir.

Bu çalışmanın sonuçlarıyla uyumlu olabilecek, yaşları otuz ila kırk sekiz yıl arasında değişen iyi antrenmanlı 10 erkek kürekçinin katıldığı bir çalışmada testten 3 saat önce akut pancar suyu alımının plaseboya kıyasla zamana karşı performansta iyileşme sağladığı ve  $VO_2$  maks'ı artırdığı bulunmuştur (154).

Maksimum VO<sub>2</sub> düzeylerinde izlenen anlamlı artış, pancar suyunun egzersiz sırasında daha verimli bir oksijen kullanımına imkân sağlanmasından kaynaklı olabilir. Bu durum aynı zamanda kat edilen mesafe ve yapılan mekik sayısındaki artışlarla da uyumlu bulunmuştur. Pancar suyunun bu etkileri, özellikle aerobik performansın belirleyicisi olan mitokondriyal verimlilik, kaslara kan akışının artması ve enerji dönüşüm yollarının etkinleştirilmesi gibi mekanizmalarla açıklanabilir (53).

Yapılan çalışmalar, pancar suyunun ergojenik etkilerinin özellikle daha düşük antrenman düzeyine sahip bireylerde ya da rekreasyonel sporcularda daha belirgin olabileceğini vurgulamaktadır. Bu durum, profesyonel elit sporcularda gelişmiş olan vasküler ve mitokondriyal kapasite adaptasyonlarının optimal düzeyde olmasından kaynaklanabilir. Dolayısıyla, bu grupta gerçekleştirilen ilave ergojenik takviyelerin performansa etkisi, ölçülebilir düzeyde sınırlı kalabilmektedir (67). Bu çalışmada yer alan katılımcıların tamamının IPAQ ölçeğine göre "çok aktif" kategorisinde yer alması ve günlük ortalama antrenman sürelerinin 100 dakikanın üzerinde olması, pancar suyu tüketimi sonrasında elde edilen fizyolojik ve performans verilerindeki değişimlerin daha net gözlemlenmesine olanak sağlamış olabilir. Nitekim profesyonel düzeyde olmayan, ancak yüksek düzeyde fiziksel olarak aktif olan bireylerde, submaksimal yüklenmelere karşı gösterilen fizyolojik yanıtların, ergojenik takviyelerin etkilerini daha görünür kılabilceği bildirilmiştir (68).

Literatürde pancar suyunun kronik kullanımının (7-15 gün boyunca günlük alım), akut tüketime kıyasla daha belirgin ve kalıcı performans artışı sağladığına dikkat çekilmektedir (7).

Fischer ve diğerlerinin çalışmasında, uzun süreli pancar suyu takviyesinin, yalnızca egzersiz öncesi yapılan tek doz akut uygulamaya kıyasla bisiklet performansı ve metabolik verimlilik üzerinde daha etkili olduğunu ortaya koymaktadır. Çalışmanın sonucunda 14 gün boyunca yaklaşık (~8mmol) pancar suyu alımının, 8 km'lik bisiklet zaman denemesi simülasyonunda tamamlanma süresini anlamlı şekilde azaltmış, ortalama güç üretimini ve hızı artırmıştır. Bunun yanında, sadece egzersiz öncesi akut

olarak tüketilen tek doz pancar suyu takviyesi bu değişkenlerde herhangi bir anlamlı bir farklılık yaratmamıştır (153).

Vanhatalo ve diğerlerinin çalışmasında egzersizden 2.5 saat önce katılımcılara 5.2 mmol NO<sub>3</sub><sup>-</sup> içeren pancar suyu ve plasebo olarak da düşük nitrat içeriğine sahip kuş üzümü suyu vermiştir. Sonuçta pancar suyunun tek günlük, 5 günlük ve 15 günlük tüketiminin plazma nitrit düzeylerinde farklı etkiler yarattığını, ancak tüm koşullarda plaseboya kıyasla anlamlı artış sağladığını göstermiştir (155). Bu bulgular akut veya kronik pancar suyu tüketiminin, performans üzerinde pozitif etki gösterdiğini vurgulamaktadır.

Pancar suyunun akut kullanımının performansa etkilerine dair elde edilen bazı bulgularla bu çalışma sonuçları paralellik göstermektedir. Örneğin, Clifford ve diğerlerinin yürüttüğü bir çalışmada, pancar suyu takviyesinin akut kullanım sonrası VO<sub>2</sub> maks düzeyinde anlamlı artış sağladığı ve dayanıklılık performansını iyileştirdiği bildirilmiştir (153). Aynı şekilde, Kramer ve diğerleri tarafından yapılan randomize kontrollü çalışmada, pancar suyu tüketiminin akut etkisinin, dayanıklılık koşusu esnasında oksijen verimliliği sağlamasa da kat edilen mesafe ve toplam performans skorlarında artış sağladığı ifade edilmiştir (144).

Thompson ve diğerleri tarafından yapılan çalışmada, VO<sub>2</sub> maks'ın %50 ve %70'inde uygulanan egzersiz sırasında, beyin ve iskelet kasında deoksihemoglobin konsantrasyonlarının azaldığı gözlemlenmiştir. Bu bulgular, pancar suyu takviyesi sonrası oksijen tüketimi maliyetindeki azalmaya ve mitokondriyal verimlilikteki artışa işaret eden oksijen ekstraksiyon yanıtındaki azalmayı desteklemektedir (10).

Ragbiciler üzerinde akut pancar suyu tüketiminin aerobik ve anaerobik performans üzerine olan etkisi değerlendirilmiştir. Kontrol grubu günde iki şişe (2x70 ml) frenk üzümü suyu içerken, müdahale grubu ise günde iki şişe (2x70 ml) pancar suyu (~13 mmol nitrat) tüketmiştir. Araştırmanın sonuçlarına göre; pancar suyu tüketenlerde sıçrama performansının daha iyi olduğu gözlemlenmiştir (156).

Anaerobik kapasite, kısa süreli ve yüksek yoğunluklu egzersizlerde ortaya konan performansın temel belirleyicilerinden biridir. Sprint koşuları, halter, kısa mesafe yüzme, sıçrama, yüksek atlama, tenis servisi, futbol ve basketbol gibi spor dallarında görülen patlayıcı güç gerektiren eylemler, enerji üretiminde büyük oranda anaerobik mekanizmalar tarafından yürütülür. Bu tür egzersizler, iskelet kasları tarafından daha hızlı fakat daha az verimli olan anaerobik enerji yollarının devreye girmesine neden olur (117,157). Wingate anaerobik testleri, dikey sıçrama testleri ve kısa süreli sprint protokolleri gibi değerlendirme araçları, anaerobik enerji üretim kapasitesini belirlemek ve buna yönelik antrenman programları düzenlemek açısından önemli bilgiler sunmaktadır (157).

Literatürde pancar suyu takviyesinin anaerobik egzersizler üzerindeki etkisi tam olarak gösterilmemiştir. Anaerobik olarak antrenmanlı bireylerde yapılan kontrollü bir çalışmada, pancar suyu takviyesinin 30 ve 60 saniyelik maksimum şiddette uygulanan wingate bisiklet sprint testleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Çift kör ve çapraz geçişli bu çalışmada, pancar suyu takviyesinin, plaseboya kıyasla test süresince ölçülen iş ve zirve güç değişkenleri üzerinde anlamlı bir etkisi bulunmamıştır ( $p > 0.05$ ). Bununla birlikte, yorgunluk indeksi açısından 30 saniyelik ve 60 saniyelik testler arasında anlamlı bir fark saptanmış ( $p=0.032$ ) ve bu durum, pancar suyu takviyesiyle yorgunluk düzeyinin nispeten daha düşük olabileceğine dikkat çekmiştir. Ancak genel sonuçlar, akut pancar suyu alımının anaerobik performansı belirgin şekilde artırmadığını göstermektedir (158).

Tenisçilerde yapılan randomize, çift kör bir çalışmada, tenis maçından üç saat önce 70 mL konsantre pancar suyu (6,4 mmol) veya plasebo içeren içecekler verilmiş. Akut olarak tüketilen pancar suyu takviyesi maç sırasında koşu performansı, servis hızı veya el kavrama gücü üzerinde anlamlı bir gelişme sağlamamıştır. Bu durum, özellikle aralıklı, dinamik yapıya sahip spor dallarında pancar suyunun etkisinin daha sınırlı olabileceğini göstermektedir (159).

Rekreasyonel, elit ve olimpik düzeydeki sporcuların katılımıyla yürütülen randomize, çift kör, çapraz tasarımlı bir çalışmada; 6 günlük pancar suyu takviyesi

(günlük ~800 mg nitrat  $\approx$  12.8 mmol) sonrasında üç kez uygulanan 30 saniyelik Wingate testlerinde zirve güç değerlerinde anlamlı bir artış gözlemlenmemiştir (160).

Serttürk ve diğerleri tarafından yürütülen çalışmada, günde 2 kez antrenmandan 2,5 saat önce 8 mmol  $\text{NO}_3^-$  içeren pancar suyu takviyesinin akut tüketiminin 8×100m serbest stil yüzme performansında anlamlı bir artış yaratmadığı gözlemlenmiştir. Bu bulgu, akut nitrat desteğinin özellikle yüksek yoğunluklu, kısa süreli ve tekrar eden anaerobik efor gerektiren spor dallarında beklenen performans artışını her zaman sağlamayabileceğini göstermektedir (161). Serttürk ve diğerlerinin çalışması, bu çalışmada olduğu gibi akut olarak tüketilen pancar suyunun anaerobik performans üzerindeki etkisinin gözlemlenebilir düzeyde olmadığı sonucunu desteklemektedir ( $p>0,05$ ).

Yakın tarihte yayınlanan bir metaanalizde, pancar suyu takviyesinin özellikle üst ekstremitelerde kas dayanıklılığı üzerinde olumlu etkiler oluşturabileceğini, ancak alt ekstremitelerde kuvvet, güç ve kas oksijenlenmesi gibi parametrelerde etkisinin az olduğunu ortaya koymuştur. Bu çalışmada da benzer şekilde, akut pancar suyu takviyesi alımı sonrasında anaerobik patlayıcı güç ölçümlerinde istatistiksel olarak anlamlı artışlar gözlemlenmemiştir ( $p>0,05$ ). Bu bulgular, pancar suyunun etkilerinin egzersiz türüne, yoğunluğuna ve uygulama süresine bağlı olarak farklılık gösterebileceğini desteklemektedir (162).

Bu çalışmada anaerobik performansı değerlendirmek için uygulanan dikey sıçrama testi, kas gücü ve elastikiyetin anlık ifadesini sağlayan klasik bir saha testidir. Bu test, alt ekstremitelerde patlayıcı kuvvetinin bir göstergesi olsa da wintage gibi sürekli güç üretimi ve zamanlamayı ölçen testlerden farklıdır. Doğası gereği bu testin süresi oldukça kısadır, dolayısıyla nitrik oksit etkisinin ortaya çıkması için yeterli fizyolojik zaman aralığı tanınmadığı için böyle bir etki göstermiş olabilir. Bir de kişilerin kas lifi tipi dağılımı (tip I vs. tip II), sıçrama tekniği, kas gücü, vücut ağırlığı ve vücut yağ oranı gibi faktörler de bu testin sonuçlarını etkileyebilir (163). Dolayısıyla, pancar suyunun kaslara oksijen taşınmasını hızlandırarak kasların titreşimini artırma ve daha hızlı harekete geçmesi gibi etkileri, sıçrama yüksekliğinde

fark yaratmamış olsa bile, zaman-temelli güç performanslarında kendini gösterebilir (64).

Bu çalışmada pancar suyu takviyesinin aerobik performans üzerindeki olumlu etkilerinin gözlemlenmiş olması, uygulanan 20 metre mekik koşu testinin doğasıyla ilişkili olabilir. Bu test, yüksek yoğunluklu, süreklilik arz eden ve genellikle aerobik enerji sisteminin baskın olarak kullanıldığı bir egzersiz protokolü içerir (164). Dolayısıyla, nitrik oksitin vasküler genişleme ve mitokondriyal verimlilik üzerindeki etkilerinin bu testte daha belirgin şekilde ortaya çıkması beklenebilir. Nitekim, nitrik oksit seviyelerindeki artışın kaslara oksijen taşınımını kolaylaştırması ve oksijen kullanım verimliliğini artırması, bu tarz test süresince belirli bir yoğunlukta ve kesintisiz şekilde devam eden egzersizlerde performansın iyileşmesine katkı sağlayabilir (49). Buna karşın, tenis gibi kısa süreli, tekrarlı ve yön değiştirme içeren, daha çok anaerobik sistemlerin devrede olduğu spor branşlarında pancar suyunun etkisinin çok olmaması normal kabul edilebilir. Pancar suyunun performansa olan etkisi, yalnızca fiziksel uygunluk düzeyiyle değil; aynı zamanda yapılan sporun metabolik ihtiyaçları ve yapısal özellikleriyle de doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle pancar suyu gibi besinsel ergojenik desteklerin etkilerini inceleyen çalışmaların, uygulanana egzersiz protokolü ve kullanılan enerji sistemini de dikkate alması gerektiği göz önünde bulundurulmalıdır.

Sonuç olarak, bu çalışmanın bulguları akut pancar suyu tüketiminin, özellikle aerobik performans göstergelerinde anlamlı artışa neden olduğunu, buna karşın kısa süreli ve yüksek yoğunluklu anaerobik performans göstergeleri üzerindeki etkisinin daha az ortaya çıktığını göstermektedir. Bu durum, pancar suyu takviyesinin egzersizin fizyolojik yapısı ve uygulama süresine bağlı olarak değişen ergojenik etkilerini destekleyen literatürle büyük ölçüde uyumludur. Ayrıca uygulanan test türü, test ölçüm zamanlaması, egzersiz türü, uygulanan takviyenin dozu ve süresi ile kişisel farklılıklar gibi parametreler, bu alandaki bulguların farklı sonuçlar oluşturmasına yol açmaktadır. Bu nedenle, ileriye dönük çalışmaların daha çeşitli anaerobik test protokolleri ile farklı doz ve kullanım süreleri ile karşılaştırmalı olarak incelenmelidir.

## 5.2 Kafeinli Kahve Tüketiminin Performans Parametrelerine Dair Bulgularının Değerlendirilmesi

Kafein, sporcularda ergojenik bir madde olarak uzun süredir yaygın şekilde kullanılmaktadır. Etkisini başlıca merkezi sinir sistemi, kas düzeyinde metabolik adaptasyonlar ve nöromusküler fonksiyonlar üzerinden göstermektedir (80).

Kafein, adenozin reseptörlerini antagonize ederek merkezi sinir sistemi üzerinde uyarıcı bir etki oluşturur. Bu etki, yorgunluk hissini azaltır, algılanan efor düzeyini düşürür ve egzersiz sırasında motivasyonu artırır (5). Aynı zamanda, dopamin ve noradrenalin gibi nörotransmitterlerin artışıyla dikkat, reaksiyon süresi ve bilişsel işlevlerde de olumlu etki göstermektedir (165).

Fizyolojik düzeyde, kafein yağ asidi mobilizasyonunu artırarak enerji üretimi için daha fazla yağ kullanımını teşvik eder ve böylece glikojen rezervlerinin korunmasına yardımcı olur. Bu adaptasyon, özellikle uzun süreli dayanıklılık egzersizlerinde performansın korunmasını ve süresinin uzamasını sağlar (6,112).

Egzersiz öncesi alınan kafeinin, dayanıklılık süresini artırarak egzersiz sırasında bireyin fiziksel kapasitesini optimize ettiği bildirilmiştir (6,85). Bu çalışmada, kafeinli kahve tüketiminin ardından maksimum hız ( $p=0.005$ ), mekik sayısı ( $p=0.002$ ), kat edilen mesafe ( $p=0.002$ ) ve  $VO_2$  maks ( $p=0.005$ ) değerlerinde anlamlı bir artış gözlemlenmiştir. Bu durum kafeinin merkezi sinir sistemi üzerindeki uyarıcı etkisiyle aerobik performansı artırma kapasitesini doğrulamaktadır.

Kafeinin performans artırıcı etkileri aslında yalnızca fiziksel düzeyle kalmaz. Metabolik düzeyde de kafein, enerji kullanım yollarında bir kaynak değişimi yaparak yağ asitlerinin oksidasyonunu artırır ve enerji için daha fazla kullanılmasını teşvik eder. Böylece kaslardaki glikojen depolarının korunmasına katkıda bulunur. Bu adaptasyon özellikle uzun süreli dayanıklılık gerektiren aktivitelerde enerjini devamlılığını sağlayarak performansın korunup sürdürülmesini sağlar. Bunların hepsi

bir araya geldiğinde, sporcu kendini hem zihinsel hem de fiziksel olarak daha “hazır” hisseder ve iyi bir performans sergilemiş olur (5,80).

Literatürdeki çalışmalar 3–6 mg/kg arasında uygulanan kafein dozlarının hem aerobik hem de anaerobik performansı anlamlı şekilde artırabildiğini göstermektedir (80,166). Orta mesafe dayanıklılık koşucularının dahil olduğu bir çalışmada kilogram başına 2,3–3,1 mg/kg kafein alımının 1500m koşu süresini iyileştirdiğini ve VO<sub>2</sub> maks değerlerinde artış sağladığını bildirmiştir (167). Ancak, başka bir çalışmada, kafein alımının VO<sub>2</sub> maks üzerinde anlamlı bir değişiklik yaratmadığı, ancak zaman-tükenme süresini ve zirve güç çıktısını arttırdığı belirtilmiştir. Bu durum, kafeinin performans üzerindeki etkilerinin test protokolüne ve katılımcı özelliklerine bağlı olarak değişebileceğini göstermektedir (168).

Kafein alımının hem iyi antrenmanlı hem de rekreasyonel düzeydeki 30 koşucu üzerinde yapılan 5 km koşu performansının incelendiği bir çalışmada kilogram başına 5 mg/kg kafein alımı planlanmış. Kafeinin, performansta küçük fakat istatistiksel olarak anlamlı kazanımlar sağladığını göstermiştir. Hem elit seviyedeki koşucular hem de daha amatör olan rekreasyonel sporcularda, kafein tüketimden sonra yapılan testlerde yaklaşık %1’lik bir zaman iyileşmesi tespit edilmiştir. Bu oran ilk bakışta küçük gibi görünse de özellikle rekabetin yüksek olduğu ve küçük farklarla belirlendiği müsabaka ortamlarında bu küçük farkın oldukça belirleyici olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır (169). Ayrıca, bu sonuçlar kafein takviyesinin performans üzerindeki etkisinin antrenman adaptasyon seviyesinden bağımsız olarak benzer yönlerde iyileşme sağladığını göstermesi bakımından dikkat çekicidir.

Bu çalışma bulgularında sıçrama yüksekliğinde ( $p=0.044$ ) kaydedilen anlamlı artış, kafeinin sadece dayanıklılık değil, anaerobik güç ve patlayıcı kuvvet gibi değişkenleri de iyileştirdiğini göstermektedir. Bu çalışma sonuçları, Woolf ve diğerlerinin, kısa süreli sprint performanslarında kafein takviyesi ile elde ettikleri gelişmeleri desteklemektedir (170).

Kafeinin, kas içi hücrelerde kalsiyum salınımını artırarak kasın daha güçlü ve hızlı kasılmasına yardımcı olduğunu, bunun da yüksek yoğunluklu, kısa süreli egzersizlerde (örneğin 30s sprint, sıçrama gibi) performansı artırabileceğini bilinmektedir (96). Bu çalışmanın sonucunda dikey sıçrama testinde gözlenen anlamlı artış, kafeinin kas kasılma gücünü artırıcı etkilerine işaret etmektedir. Ayrıca, kafein tüketimi ile kas içi ATP-PCr kullanımının hızlanması, ATP'nin yeniden sentezini daha kısa sürede destekleyerek anaerobik kapasiteyi olumlu etkileyebilir (168).

Kafein, esas olarak dayanıklılık performansını artırır. Bunu adenozin reseptörleri taklit yoluyla merkezi sinir sistemi uyarıp, yorgunluk algısını azaltarak ve kas kasılmasını iyileştirerek yapar (111). Ancak bu etki, birkaç saniyelik fosfokreatin enerji sistemine dayalı patlayıcı güç üretimi gerektiren zirve güç testlerinde daha sınırlı kalabilir (80). Bu çalışmada kafeinli kahve tüketimi sonrası zirve güç değerinde ( $p=0.116$ ) istatistiksel olarak anlamlı bir artış gözlemlenmemiştir. Kafeinin yüksek şiddetli kısa süreli egzersizlerde her zaman belirgin bir ergojenik etki göstermediği literatürdeki çalışmalarla uyumludur (80,166).

Bu çalışmada kullanılan kafein dozu ( $\sim 4$  mg/kg), literatürde en etkili ve güvenli doz aralığı olarak tanımlanan miktarla uyumludur. Bu doz, hem MSS'yi uyarmak için yeterli, hem de belirtilen yan etki semptomlarını en aza indirecek seviyededir (80). Ayrıca, katılımcıların kafein alışkanlığının olması, bu etkiyi daha az gözlemlenmemize sebep olmuş olabilir. Çünkü kafein duyarlılığı, alım sıklığına bağlı olarak zamanla azalabilir. Bununla birlikte bireyler arasında kafeine verilen fizyolojik yanıt kafein metabolizması genetik olarak belirlenen CYP1A2 genotipine bağlı olmasından kaynaklı değişkenlik gösterebilir. Ayrıca kafein toleransı yüksek bireylerde, düşük-orta doz alımı, performans artışı sağlamada yetersiz olabilir (103). Bu nedenle, kişiselleştirilmiş doz ve zamanlama stratejilerinin oluşturulması önerilmektedir.

Desbrow ve diğerlerinin yaptığı bisikletçilerde yaptığı bir çalışmada kilogram başına hem 3 mg/kg hem de 6 mg/kg olarak uygulanan kafein takviyesinin 1 saatlik bisiklet zaman denemesinin performansı iyileştirdiği gösterilmiştir. Ancak, daha yüksek kafein dozuyla elde edilen artmış plazma konsantrasyonu, ek bir atletik

performans getirisi sağlamamıştır. Bu durum, kafeinin ergojenik etkilerinde bireysel yanıt farklılıklarının ve doz hassasiyetinin önemli olduğunu göstermekte, ideal dozun kişiye özel olarak belirlenmesi gerektiğini düşündürmektedir (167).

Kahvenin besin ögesi bileşenleri incelendiğinde sadece kafein içermediğini; aynı zamanda klorojenik asitler, diterpenler (cafestol ve kahweol), antioksidan polifenoller gibi birçok biyoaktif maddeyi de içerdiği gösterilmiştir. (82). Kafein miktarı kahve çekirdeğinin türüne, kavrulma derecesine, demleme süresine ve suyun sıcaklığına bağlı olarak bile değişkenlik gösterebilir (110). Bu besin bileşiklerinin bazıları kafeinin sinir sistemi üzerindeki uyarıcı etkisini veya kardiyovasküler etkilerini değiştirebilir. Örneğin, kahvede bulunan klorojenik asit nitrik oksit metabolizmasını etkileyerek damar genişlemesi üzerinde dolaylı yoldan etkileri olduğu bildirilmiştir (171). Bu çalışmada kafeinli kahve müdahalesinin etkilerini değiştirebilecek bir diğer husus da kapsül ya da takviye değil de kahve şeklinde doğal olarak tüketilmesidir. Bu tüketim türü günlük yaşam standartlarına daha uygun olsa da bazı biyolojik ve kimyasal değişkenleri kontrol etmeyi zorlaştırabilir. Kafein dozunun doğru planlanması kullanılan Türk kahvesi hazırlanırken ortaya çıkabilecek kayıplar da düşünüldüğünde sonuçları etkilemiş olabilir.

### **5.3 Pancar Suyu ve Kafeinli Kahvenin Kombine Kullanımının Performans Parametrelerine Dair Bulgularının Değerlendirilmesi**

Pancar suyu ve kafeinli kahvenin kombine kullanımının, ayrı ayrı tüketimlerine kıyasla daha belirgin performans artışları sağladığı literatürde gösterilmiştir. Bu sinerjistik etki, pancar suyunun NO bağımlı ve bağımsız yollarla dolaşım ve oksijen kullanımının iyileştirilmesi ile kafeinin merkezi ve periferik uyarıcı etkisinin birleşmesiyle açıklanmaktadır (68,172). Domínguez ve diğerleri tarafından yayınlanan sistematik bir derlemede, pancar suyu takviyesinin kardiyorespiratuvar dayanıklılığı artırabileceğini ve bu etkinin, kafein ile kombine kullanımda daha belirgin olabileceğini öne sürmektedir (173). Ancak, bazı çalışmalar kombine kullanımda kafeinin pancar suyunun ergojenik etkilerini maskeleyebileceğini de belirtmektedir. Bu durum, kafein ve pancar suyunun birlikte kullanımının etkilerinin

dozaj, zamanlama ve bireysel farklılıklara bağlı olarak değişebileceğini göstermektedir (173–175).

Literatürde 12 erkek ve 12 kadın elit seviyedeki bisikletiyle yrtlen çalışmadan, pancar suyu ve kafeinin kombine kullanımının performans üzerindeki etkilerini incelenmiş. Katılımcılar plasebo, yalnızca kafein, yalnızca pancar suyu ve kafein ve pancar suyu kombinasyonu olmak üzere dört farklı müdahale koşulunda 50 ila 60 dakikalık bisiklet performansı gerçekleştirmişler. Çalışma sonunda elde edilen bulgular, kafein alımının performansı %3 ila %4 oranında anlamlı biçimde artırdığını ortaya koyarken, pancar suyu takviyesinin hem tek başına hem de kafeinle kombine kullanıldığında bu performans artışına ek bir katkı sağlamadığı bildirilmiştir (176).

Bu iki ergojenik desteğin kombine tktiminin kas verimliliğini artırabileceğini ve yorgunluğu geciktirebileceğini belirtmiştir. Özellikle  $VO_2$  maks üzerine olan ifte katkı, oksidatif kapasitenin artırılması bakımından dikkat çekicidir (70). Bu çalışmada özellikle  $VO_2$  maks, kat edilen mesafe değerlerinde gözlenen bu anlamlı artış ( $p=0.001$ ), pancar suyunda yüksek miktarda bulunan nitratın, nitrik oksit üretimini artırarak kaslara oksijen taşıma kapasitesini arttırıcı etkisi ile kafeinin merkezi sinir sistemini uyarıcı etkisinin birlikte bir uyum içinde çalışarak etki etmesiyle açıklanabilir (7,49,88).

Yarı profesyonel futbolcular üzerinde gerçekleştiren bir başka çalışmada, akut olarak alınan pancar suyu ve kafein kombinasyonunun performans üzerine etkileri, dikey sıçrama testi ve yo–yo aralıklı toparlanma test protokolü ile değerlendirilmiştir. Sonuçta, pancar suyu ve kafeinin kombine kullanımı, toplam kat edilen mesafe, sıçrama ykseklideği ve algılanan efor gibi performans göstergelerinde anlamlı bir gelişim sağlamamıştır. Bununla birlikte, kafein alımının ortalama kalp atım hızını artırdığı, pancar suyuyla birlikte tktildeğinde ise bazı katılımcılarda gastrointestinal rahatsızlıkların görüldüğü rapor edilmiştir (177). Bu çalışmanın bulgularına göre de zirve güç, algılanan zorluk derecesi değerlerinde kafeinli kahve, pancar suyu ya da pancar suyu ve kafeinli kahve kombinasyonu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır ( $p>0.05$ ). Özellikle pancar suyu + kahve grubuna ait \*p değer

anlamlılık eşiğine yakın olsa da bu sonuç istatistiksel anlamda yorumlandığında kombinasyonun zirve güç üzerine anlamlı bir etkisi bulunmamaktadır.

Profesyonel bisikletçilerle ile yapılan bir çalışmada, kafein ve pancar suyu takviyesinin tek başına ve kombine tüketiminin dayanıklılık performansı üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Katılımcılar rastgele sırayla kafein, pancar suyu, kombine tüketim ve plasebo olacak şekilde dört farklı müdahale uygulanmış. Çalışma protokolüne göre katılımcılara müdahale günlerinde 2,5 saat önce 70 mL konsantre pancar suyu ya da plasebo ve 1 saat önce 5 mg/kg dozunda kafein ya da plasebo içecek verilmiş, ardından 20 km'lik bisiklet zaman denemeleri gerçekleştirmiştir. Çalışmanın bulgularına göre, kafein alımının hem ortalama güç çıktısını (kafein:  $205 \pm 21$  W; placebo:  $194 \pm 25$  W;  $p = 0.001$ ) hem de kalp atım hızı, kan laktat seviyesi ve solunum değişim oranı gibi fizyolojik göstergeleri anlamlı biçimde artırdığını göstermiştir. Diğer taraftan, pancar suyu takviyesinin veya kafein ve pancar suyu kombinasyonunun, anaerobik performans ve fizyolojik parametreler üzerinde ilave bir etkisi bulunmamıştır ( $p > 0.05$ ) (178).

Glaister ve diğerlerinin çalışmasının sonuçları, kafeinin dayanıklılık performansı üzerindeki güçlü etkisini bir kez daha doğrularken, pancar suyunun akut kullanımda ilave bir katkı sağlamadığını göstermektedir. Özellikle yüksek rekabet düzeyinde antrenmanlı bireylerde, kafeinin egzersiz performansı artırmada belirgin bir ergojenik etkiye sahip olduğunu, pancar suyunun ise bu koşullarda etkisiz kalabileceğini vurgulamaktadır (178). Bu çalışmanın sonuçlarında göre, pancar suyu ve kafein kombinasyonu tüketiminden sonra  $VO_2$  maks, maksimum hız, sıçrama yüksekliği ve kat edilen mesafe gibi performans parametrelerinde anlamlı artışlar gözlemlenmiştir ( $p < 0.05$ ). Pancar suyunun içerdiği nitratın nitrik okside dönüşmesiyle damar genişliğini artırarak oksijenin kasa taşınmasını kolaylaştırması, daha çok sürekli ve oksidatif egzersizlerde belirgin bir performans artışı sağlayabilir (49,68). Bu durum, farklı test protokolleri ve katılımcı profillerinin rekreasyonel ya da yarı profesyonel sporcular için sonuçlar üzerindeki etkisini vurgulamaktadır. Benzer dizayndaki bu iki çalışma arasındaki fark, çalışmaya katılan katılımcıların antrenman seviyesi (rekreasyonel ya da elit sporcu olmaları), uygulanan egzersiz protokolü (mekik testi,

koşu bandı, abit bisiklet zamanı denemesi gibi) ve fizyolojik yolların kullanım düzeyine bağlı olarak açıklanabilir (64).

Zirve güç, genellikle fosfokreatin enerji sisteminin baskın olduğu çok kısa süreli ve yüksek yoğunlukta kas kasılmalarını gerektirir. Bu tür anaerobik, patlayıcı güç üretiminde, merkezi sinir sisteminin hızlı motor ünite aktivasyonu, kas lif tipi dağılımı (özellikle tip II lifler) ve kas içi enerji sistemlerinin etkinliği belirleyici faktörlerdir. Bununla birlikte, akut müdahale yapılan durumlarda bu mekanizmaların ani, yüksek şiddetli anaerobik güç üretimi üzerinde etkili olabilmesi sınırlı olabilir. Literatürde, kafeinin anaerobik performans üzerindeki etkilerinin oldukça değişken olduğu; özellikle kısa süreli zirve güç parametrelerinde sonuçların tutarsızlık gösterdiği rapor edilmiştir (168,170,179). Ayrıca, pancar suyunun anaerobik sistem üzerindeki etkileriyle ilgili çalışmaların çoğu, dayanıklılık ya da submaksimal egzersizlere odaklanmış olup, zirve güç gibi patlayıcı eforlarda sınırlı etki bildirmektedir (53). Çalışma sonunda zirve güç değişkeni için elde edilen  $p=0.075$  değeri, etkilerin tam olarak birbirinden ayırlamadığını, ancak potansiyel farklılığın daha büyük örneklerde veya kronik uygulamalarda ortaya çıkabileceğini düşündürmektedir.

Bu çalışmanın sonunda elde edilen bu bulgulara göre pancar suyu ve kafeinli kahvenin kombine tüketiminin neredeyse tüm parametrelerde ( $VO_2$  maks, maksimum hız, mesafe, sıçrama yüksekliği) anlamlı bir artış göstermiş olması bu durumun sinerjistik bir etki sağladığını düşündürebilir. Bu veriler ışığında, potansiyel etkinin daha net değerlendirilebilmesi için ileri araştırmaların, kullanılacak besinsel ergojenik takviyelerin doz, süre ve bireysel farklılıklarını dikkate alarak planlanması önerilmektedir. Ayrıca daha uzun süreli uygulamalar ya da yükleme dozlarının deneneceği, farklı doz stratejileri ile desteklenmiş çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

#### **5.4 Algılanan Zorluk Derecesi Bulgularının Değerlendirilmesi**

Algılanan zorluk derecesi, egzersiz sırasında yoğunluğun ve homeostatik dengedeki bozulmanın bir göstergesidir. Sportif performansın yalnızca fizyolojik süreçlere değil; aynı zamanda algısal, bilişsel ve metabolik sistemlerin etkileşimine

bağlı olarak ortaya çıktığı kabul edilmektedir. AZD, bireylerin egzersiz sırasında hissettiği zorlanma düzeyini, kardiyorespiratuvar, metabolik ve termal uyarılardan gelen geri bildirimlerin yanı sıra, motor becerilere dair sinyallerin tümünün değerlendirilmesiyle belirler (180). Algılanan zorluk derecesi genellikle Borg tarafından geliştirilen ölçeklerle ölçülmektedir. Yetişkin bireylerde en sık kullanılan yöntem, 6'dan 20'ye kadar derecelendirilen klasik Borg ölçeğidir. Bunun ardından, özellikle yüksek şiddetli egzersizlerde daha hassas ölçüm yapabilen Borg CR-10 (Kategori-Oran 10) ölçeği gelmektedir (66).

Wylie ve diğerlerinin çalışmasında, pancar suyu takviyesinin fiziksel olarak ölçülebilen bazı performans parametrelerinde belli artışlar sağladığını, fakat aynı çalışmada katılımcıların algıladığı zorluk düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir değişiklik yaratmadığını bildirmiştir. Aynı şekilde, bir başka çalışmada kafeinin anaerobik performans üzerindeki olumlu etkilerine rağmen, algılanan zorluk düzeyinde katılımcılar arasında farklılıklar gözlenirse de bu etkinin tutarlı olmadığını ifade etmiştir (53,179).

Algılanan zorluk derecesi bireylerin kişisel algılarına dayalı bir ölçüttür. Katılımcıların test sırasındaki motivasyonu, dikkati, uyku durumu ve test öncesindeki stres seviyesi gibi psikolojik parametreler ve dış faktörlerden kolayca etkilenebilmektedir. Bu nedenle AZD gibi değişkenlerde tek seferlik akut müdahalelerin etkisininin tam olarak ölçülememesine neden olabilmektedir (31).

VO<sub>2</sub> maks düzeyleri yüksek olan antrenmanlı erkek ve kadın koşucularla yürütülmüş bir çalışmada, kafein ve pancar suyu takviyesinin hem ayrı ayrı hem de kombine kullanımının submaksimal ve maksimal koşu performansı üzerindeki etkileri laboratuvar ortamında değerlendirilmiştir. Her bir müdahale, %70 ve %80 VO<sub>2</sub> maks şiddetinde iki adet 5 dakikalık submaksimal koşu ile 1 km'lik maksimal zaman denemesinden oluşmuştur. Denemelerden 2,5 saat önce 70 mL konsantre pancar suyu (7,3 mmol nitrat içeren ya da içermeyen renkli içecek) ve 45 dakika önce ortalama 4,8 mg/kg kafein (ya da plasebo içeceği) verilmiştir. Testler çift kör ve karşılaştırmalı tasarımıyla yürütülmüştür. Bulgulara göre; dört müdahale koşulu (pancar suyu + kafein,

sadece pancar suyu, sadece kafein ve plasebo) arasında göreceli oksijen tüketimi, koşu ekonomisi, solunum değişim oranı, kalp atım hızı ve algılanan zorluk derecesi gibi submaksimal parametrelerde anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir ( $p > 0.05$ ). Aynı şekilde, maksimal egzersiz sırasında maksimum kalp atım hızı, tepe kan laktat seviyesi, algılanan zorluk derecesi ve performans süresi açısından da takviyeler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır (181).

Bu çalışma bulgularına göre, referans ölçüm (Ort.=11,00 ± 2,19) ile kafeinli kahve (Ort.=11,46 ± 1,56), pancar suyu (Ort.=12,38 ± 1,32), pancar suyu + kafeinli kahve kombinasyonu (Ort.=12,53 ± 1,73) sonrasındaki ölçümler arasında algılanan zorluk derecesi bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemiştir ( $p_1 = 0.440$ ;  $p_2 = 0.061$ ;  $p_3 = 0.072$ ). Bu sonuç, akut besinsel ergojenik takviyelerin bireylerin egzersiz sırasındaki sübjektif algılarında her zaman belirgin bir değişiklik oluşturmadığını rapor eden çalışmaları desteklemektedir.

Bu tür farklılıkların temel sebeplerinden biri kişiler arası metabolik ve genetik farklılıklardır. Özellikle kafein metabolizmasında görev alan CYP1A2 genotipi gibi farmakogenetik faktörler, kafeine verilen yanıtı doğrudan etkileyebilmektedir (182). CYP1A2 geni vücuda alınan kafeinin, vücutta kalma süresi, kullanımı, hızlı ya da yavaş metabolize etme gibi birden fazla görevi bulunmaktadır. CYP1A2 gen aktivitesini belirlemek için kişilerin hangi genotip grubunda olduğunu tespit etmek gerekir. Sonuç olarak kişiler genotip yapısına göre; AA Genotipi hızlı metabolize edenler, AC Genotipi yavaş metabolize edenler, CC Genotipi daha yavaş metabolize edenler olarak nitelenmekte ve buna göre kafeinin vücuttaki faaliyetinin olumlu ya da olumsuz olduğu belirlenebilmektedir. Herkes üzerinde aynı etkiyi yaratıp yaratmadığı bu koşullarda belirlenebilir (183).

Aynı şekilde, nitrat metabolizmasında da bireyler arası farklılıklar, nitrik okside dönüşüm hızını değiştirebilmekte ve performans çıktıları üzerinde belirleyici rol oynayabilmektedir. Özellikle NOS3 geni, nitrik oksit üretimi üzerinden damar genişlemesi ve oksijen taşıma kapasitesi gibi egzersiz performansını etkileyen kritik fizyolojik mekanizmaları etkileyebilir (184).

AZD'nin bireysel farklılıklardan oldukça etkilenen ve öznel bir ölçüt olması her katılımcıda benzer tepki vermeyen bir değerlendirme kriteri olmadığını göstermektedir. Bunun yanında çalışmada uygulanan akut tüketim protokolü, bu tür öznel algı değişimlerinin ortaya çıkması için yeterli süre veya yoğunlukta bir etki yaratmamış olabilir. Bu nedenle, ilerleyen çalışmalarda daha uzun süreli ya da farklı doz protokolleriyle yapılan uygulamaların algılanan zorluk düzeyi üzerindeki etkilerinin yeniden incelenmesine ihtiyaç duyulabilir.

## **5.5 Kardiyovasküler Kapasite Değişkenleri Bulgularının Değerlendirilmesi**

Pancar suyunda yüksek oranda bulunan nitrat, vücutta nitrik okside dönüştürülerek vazodilatasyona sebep olur. Bu durum, özellikle kan basıncının düzenlenmesi, kan akışının artırılması ve endotelial fonksiyonun iyileştirilmesi açısından önemlidir (185)

Literatürde yer alan çalışmalar, pancar suyu tüketiminin submaksimal egzersiz sırasında sistolik kan basıncını ve miyokardiyal oksijen tüketimi ihtiyacını anlamlı düzeyde azaltabildiğini ortaya koymaktadır (61,186). Bu fizyolojik adaptasyon, sabit bir egzersiz şiddetinde daha düşük kalp hızıyla yanıt alınmasına olanak tanımakta ve kardiyovasküler verimliliği artırmaktadır.

Bu etkilerin temel mekanizması, pancar suyunun zengin nitrat içeriği aracılığıyla nitrik oksit üretimini artırmasıdır. NO, vasküler düz kaslarda gevşemeyi uyararak periferik damar direncini azaltır ve buna bağlı olarak kalbin pompalama yükü hafifler. Böylece, egzersiz sırasında kardiyovasküler sistemin oksijen taşıma kapasitesi artarken, dolaşım üzerindeki fizyolojik stres azalır (Jones, n.d.). Bu durum, VO<sub>2</sub> maks değerlerinde ve egzersiz süresince sürdürülebilir performansta anlamlı iyileşmelerle sonuçlanabilmektedir.

Bu çalışmada rekreasyonel sporcularda pancar suyu, kafeinli kahve ve pancar suyu+kafeinli kahvenin kombine kullanımının kardiyovasküler kapasiteye etkisi değerlendirilmiştir. Özellikle ortalama kalp atım hızı (KAH), maksimum kalp atım

hızı (Max.KAH) ve maksimal oksijen tüketim kapasitesi ( $VO_2$  maks) gibi kardiyorespiratuvar performansın önemli belirteçleri üzerinden anlamlı sonuçlar elde edilmiştir. Pancar suyu tüketimi sonrası ortalama kalp atım hızı ( $p=0.039$ ), maksimum hız ( $p=0.002$ ), kat edilen mesafe ( $p=0.001$ ), mekik sayısı ( $p=0.001$ ) ve  $VO_2$  maks ( $p=0.003$ ) değerlerinde referans ölçümlere göre anlamlı artışlar gözlenmiştir. Bu durum pancar suyunun içerdiği nitratın, plazma nitrit düzeylerini yükselterek nitrik oksit üretimini artırması ile ilişkilendirilebilir. NO, vazodilatasyon ile oksijen taşıma kapasitesini artırarak submaksimal ve maksimal egzersiz sırasında daha verimli oksijen kullanımına katkıda bulunur (49)

Bu durum, özellikle pancar suyu kaynaklı artmış nitrik oksit üretiminin dolaşım sistemini etkileyerek kalp atım hızını modüle etme potansiyeline sahip olduğunu düşündürmektedir. Pancar suyu ve kafeinli kahvenin birlikte kullanımında da ortalama kalp atım hızında benzer bir iyileşme olması, iki takviyenin kombine kullanımı kalp atım hızı üzerinde bütüncül etkileri oluşturabileceği sonucunu doğurmaktadır (Jones, n.d.). Bu duruma ek olarak akut takviyelerin maksimum kardiyovasküler kapasite üzerinde belirgin bir etkisi olmadığını, etkilerinin daha çok submaksimal seviyelerde yani ortalama kalp atım hızı gibi ölçümlerde kendini gösterdiği bulgusu literatürde pancar suyu ile yapılan çalışmalarla uyumludur (33). Pancar suyu çoğunlukla submaksimal oksijen tüketim maliyetini azaltırken maksimal efor düzeylerinde belirgin bir farklılık yaratmayabilir (153)

Kafein, merkezi sinir sistemini uyararak yorgunluk hissini azaltmakta, kas kasılma gücünü artırmakta ve egzersiz süresince motivasyonu yükseltmektedir. Bu fizyolojik etkiler, daha yüksek kalp hızı ve artan  $VO_2$  maks değerleri ile sonuçlanmaktadır (5)

Çalışmadan elde edilen veriler, pancar suyu ve pancar suyu+kafeinli kahve kombinasyonunun submaksimal dolaşım yanıtlarını olumlu yönde etkilediğini, maksimum performans parametreleri üzerinde ise anlamlı bir değişiklik oluşturmadığını göstermektedir. Bu durum, pancar suyunun vazodilatasyon etkisinin ve kafeinin merkezi sinir sistemine olan uyarıcı etkisinin sinerjik bir fayda

sağlayabileceğini düşündürmektedir. Bu bulgular Bailey ve diğerlerinin, akut nitrat desteği ile egzersiz performansının arttığını gösteren çalışmaları ve Goldstein ve diğerleri tarafından bildirilen kafeinin egzersiz dayanıklılığına olan katkısı ile örtüşmektedir (68,80)

Graham, yaptığı bir çalışmada kafeinin kalp atım hızını bazen hafifçe artırabildiğini ancak bunun tüketim miktarı, kahve alışkanlığı ve katılımcıların kafein duyarlılığına bağlı değişkenlik gösterdiğini vurgulamıştır (6). Bu çalışmada kafein miktarının alışılmış bir doza yakın olması ve aynı zamanda katılımcıların kafeini hali hazırda tüketiyor olmaları maksimum kalp atım hızı üzerinde belirgin bir değişimin gözlenmesine engel olmuş olabilir.

## **5.6 Katılımcıların Vücut Kompozisyonunun Performans Üzerine Etkisinin Değerlendirilmesi**

Vücut kompozisyonu atletik performansının önemli bir belirleyicisidir. Özellikle güç, hız, çeviklik, reaksiyon zamanı gibi spora özgü becerilerin geliştirilmesi için vücut kompozisyonu, özellikle yağsız vücut kütlesi kritik bir faktördür. Yağsız vücut kütlesinin  $VO_2$  maks üzerinde belirleyici olduğu, buna karşılık artan yağ oranının aerobik kapasiteyi olumsuz etkilediği uzun yıllardır kabul edilmektedir (187)

Submaksimal ve maksimal koşu sırasında performans değişkenlerinin, bireylerin vücut kompozisyonlarına özellikle de vücut yağ oranlarına göre farklılık gösterdiği çeşitli deneysel çalışmalarla ortaya konmuştur. Yüksek vücut yağ oranına sahip sporcuların, aynı egzersiz şiddetinde daha fazla oksijen tükettiği ve  $VO_2$  maks'ı anlamlı ölçüde daha düşük olduğu bildirilmektedir. Bu durum, fazla vücut yağının taşıma maliyetini artırarak hem enerji verimliliğini düşürdüğü hem de kardiyorespiratuvar sistemi daha fazla zorladığı yönünde yorumlanmaktadır(188,189)

Artan yağ kütlesi, taşıyıcı dokulara metabolik olarak katkı sağlamazken, mekanik yükü artırarak özellikle koşu gibi vücut ağırlığına duyarlı aktivitelerde enerji harcamasını artırmakta, bu da hem submaksimal egzersiz sırasında yorgunluğu

hızlandırmakta hem de maksimal kapasiteyi sınırlamaktadır. Bu nedenle vücut kompozisyonu, özellikle dayanıklılık performansının değerlendirilmesinde dikkate alınması gereken önemli bir fizyolojik belirleyicidir (190)

Bu çalışmada pancar suyu ve kafeinli kahve uygulamaları sonrasında elde edilen veriler üzerinden yapılan çok değişkenli lineer regresyon analizinde, maksimum kalp atım hızı, zirve güç, vücut ağırlığı ve vücut yağ oranı değişkenlerinin VO<sub>2</sub> maks üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Model istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur,  $F(4, n-5) = 5.047$ ,  $p = 0.025$ ,  $R^2 = 0.71$ . Kurulan modelde vücut yağ oranı değeri VO<sub>2</sub> maks üzerinde anlamlı ve negatif bir etki göstermiştir ( $\beta = -.734$ ,  $p = 0.006$ ). Diğer fizyolojik değişkenler anlamlı düzeye ulaşmamıştır ( $p > 0.05$ ). Bu bulgu, vücut yağ oranının VO<sub>2</sub> maks üzerinde bir etkisi olduğunu göstermektedir.

Yakın tarihli bir çalışmada, geliştirilen çok değişkenli analiz modellerinde, maksimum VO<sub>2</sub> tahmininde en etkili değişkenlerden birinin vücut kompozisyonu ve vücut yağ oranı olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca VO<sub>2</sub> maks ölçümünde sınırlayıcı faktörleri arasında maksimal kalp atım hızı ve kasların oksijen kullanma kapasitesine dikkat çekerken, özellikle sporcularda vücut kompozisyonunun kritik rolünü ayrıca vurgulamıştır (128,191)

Brezilya Ulusal Futsal Ligi'nde mücadele eden profesyonel futsal sporcuları üzerinde yürütülen bir çalışmada vücut kompozisyonu ile aerobik performans arasında anlamlı ilişkiler bildirilmiştir. Çalışmada, toplam vücut yağ yüzdesi ( $r = -0.53$ ), üst gövde yağ yüzdesi ( $r = -0.52$ ) ve alt ekstremitte yağ yüzdesi ( $r = -0.46$ ) ile maksimum oksijen alımı ve ulaşılan maksimum hız arasında negatif korelasyonlar bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). Ayrıca, alt ekstremitte yağsız kütle yüzdesi ile VO<sub>2</sub> maks ( $r = 0.46$ ) ve maksimum hız ( $r = 0.55$ ) arasında pozitif ve anlamlı ilişki tespit edilmiştir (192) Sporcuların sadece toplam yağ kütle değeri değil, aynı zamanda bölgesel vücut kompozisyonlarının da aerobik kapasitelerini etkileyebileceğini göstermektedir.

Deri kıvrım kalınlığı yoluyla değerlendirilen vücut yağ oranının VO<sub>2</sub> maks ile negatif yönde ilişkili bulunması, yüksek yağ oranına sahip sporcuların oksijen taşıma

ve kullanım verimliliğinde azalma yaşaması, dayanıklılık performanslarını sınırlayan temel faktörlerden biri olarak değerlendirilebilir.

Öztürk ve diğerleri tarafından profesyonel elit boks ve güreş sporcuları üzerinde vücut kompozisyonu ve maksimal oksijen tüketimi arasındaki ilişkiyi araştırmak için yapılan bir çalışmada, özellikle boksörlerde kas kütlesi ile relatif oksijen tüketimi arasında güçlü, güreşçilerde ise orta düzeyde pozitif bir ilişki bulunmuştur. Bu bulgular, vücut yağ oranındaki artışın aerobik performansı olumsuz etkilediğini, kas kütlelerinin ise özellikle relatif VO<sub>2</sub> maks değerlerini destekleyici bir faktör olduğunu göstermektedir (193).

Elde edilen bu veriler sadece dayanıklılık temelli sporlarda değil, anaerobik performans odaklı güç-kuvvet sporlarında da vücut kompozisyonunun aerobik kapasite ile doğrudan güçlü bir ilişkili içinde olduğu anlaşılmaktadır. Bu bağlamda sportif performansı artırmayı hedeflediğimiz stratejilerde sadece besinsel ergojenik takviyeleri değil, vücut kompozisyonuna yönelik kişiselleştirilmiş hamlelerin de değerlendirilmesi gerektiği düşünülmektedir.

## **5.7 Katılımcıların Günlük Diyetle Tükettikleri Enerji ve Makro Besin Ögesi Alımlarının Değerlendirilmesi**

Beslenme, egzersiz performansını doğrudan etkileyen önemli faktörlerden biridir. Özellikle antrenman yoğunluğu yüksek olan elit sporcuların egzersize birlikte artan ektsra enerji ve besin ögesi ihtiyaçlarına uyum sağlaması performans için birincil koşuldur (194).

Sporcuların, yüksek yoğunluklu ve/veya uzun süreli antrenman dönemlerinde vücut ağırlığını ve genel sağlığını koruyabilmek, antrenman uyumunu arttırabilmek için yeterli düzeyde enerji tüketmeleri gerekir. Yetersiz enerji alımı, kas kütlelerinde azalma, menstrüel düzensizlikler, kemik mineral yoğunluğunda azalma ya da gelişim eksikliği, yorgunluk, sakatlık ve hastalık riskinde artış, ayrıca toparlanma sürecinin uzaması gibi olumsuz sonuçlara yol açabilir (195).

Düşük enerji alımı hem kadın hem de erkek sporcularda görülebilen “sporcu triadi” ve spora bağlı görel enerji yetersizliği sendromlarının temelini oluşturmaktadır. Bu durum, kişilerin egzersiz sırasında harcadığı enerjiyi karşılayacak düzeyde yeterli kalori almadığında ortaya çıkar ve bir dizi fizyolojik sürecin bozulmasına neden olur. Özellikle kadın sporcularda görülen menstrüel düzensizlikler, düşük enerji alımının erken belirtileri arasında yer alır (196).

Sporcuların yeterli enerji alımını sağlanması, makro ve mikro besin öğeleri açısından dengeli bir beslenme programı oluşturmaları ve beslenme zamanlamalarını stratejik olarak planlamaları, antrenman adaptasyonlarının geliştirilmesi, toparlanmanın hızlandırılması ve genel sporcu performansının optimize edilmesinde önemli rol oynamaktadır (197). Günlük 90 dakikadan fazla süren antrenman yapan profesyonel elit erkek sporcular için 45-50 kkal/kg/gün, kadın sporcular için ise 35-40 kkal/kg/gün aralığında enerji alımı önerilmektedir. Bu değerler, antrenmanın süresi ve yoğunluğu dikkate alınarak, sporcuların enerji dengesini ve performans kapasitesini koruyabilmeleri açısından kritik öneme sahiptir (198). Günlük enerji alımı 2200 kkal'nin altında olan sporcular, diyetlerinde %25'in altında yağ alımına dikkat ederken, demir, kalsiyum, magnezyum, çinko ve B12 vitamini açısından zengin besinler tüketmesi önerilmektedir (199). Bu çalışmada elde edilen bulgulara göre, katılımcıların günlük ortalama enerji alımlarının 2110 kkal'dir. Bu değer performanslarını sürdürmek için yeterlidir.

Sporcu beslenmesinde en etkili beslenme stratejilerinden biri yeterli karbonhidrat alımıdır. Karbonhidratlar egzersiz ve spor yapanlar için temel enerji kaynağıdır. Kas glikojen depolarının doygunluğunu sağlar ve hem dayanıklılık hem de yüksek yoğunluklu kısa süreli aktiviteler sırasında kaslarda hızla enerji üretiminde görev alırlar. Bu nedenle sporcularda egzersiz öncesi kas glikojen depolarının dolu olması egzersiz performansı açısından kritiktir (200). Bu çalışmada katılımcıların karbonhidrat alımı, sporcuların için önerilen günlük kilogram başına 6–10g düzeylerinin altında kalmaktadır (201,202). Bu durum, özellikle yüksek yoğunluklu egzersizlerde glikojen depolarının tam dolu olmamasına ve dolayısıyla aerobik kapasite ve dayanıklılık performansında sınırlamalara neden olabilir. Özellikle

egzersiz sırasında kas glikojen depolarının tükenmesi, yorgunluk gelişiminin başlıca nedenlerinden biridir (203). Bu çalışmada yer alan katılımcılar fiziksel olarak aktif bireyler olsa da profesyonel sporcu olmadıkları için günlük karbonhidrat alımlarının kısmen yeterli olduğu sonucuna varabiliriz.

Protein alımını hem aerobik hem anaerobik performansının desteklenmesi ve egzersize bağlı kas hasarı ve yıkımının onarılması için sporcu beslenmesinde önemli bir yere sahiptir. Dayanıklılık antrenmanı yapan kişiler için önerilen protein alım miktarı, antrenman şiddeti, süresi ve antrenman adaptasyonuna bağlı olarak günlük 1.2–2.0g/kg/gün arasında değişmektedir (204). Bu çalışmanın bulgularına göre günde ortalama 102,13±7.7gram protein tüketilmektedir. Katılımcıların ortalama vücut ağırlığı yaklaşık 81 kg'dır. Buna miktar günlük kilogram başına ortalama 1,26 g protein alımına denk gelmektedir. Bu değer, rekreasyonel sporcular için önerilen aralık (1.2–2.0 g/kg/gün) içerisinde yer almaktadır. Bu bağlamda, katılımcıların hem kas protein sentezini desteklemek hem de kas kütlesini koruyarak egzersiz sonrası toparlanmalarına katkıda bulunabilecek bir protein alım düzeyine sahip oldukları görülmektedir. Dolayısıyla katılımcıların beslenme alışkanlıklarının aerobik kapasitenin desteklenmesi açısından yeterli olduğu düşünülmektedir.

Sporcularda yağ alımının genellikle toplam enerjinin %20-35'i arasında olması önerilmektedir (205). Özellikle çoklu doymamış yağ asitlerinin yeterli tüketimi, sporcu performansı açısından büyük önem taşır. Güçlü bir antiinflamatuvar olan omega-3 yağ asitlerinin diyetle alımı önerilmektedir. Omega-3 yağ asitlerinin en iyi kaynakları, yağlı balıklar (somon, ton balığı, sardalya, uskumru gibi), bazı tohumlar (keten tohumu, kabak çekirdeği, ceviz vb.) ve bitkisel yağlardır (keten tohumu yağı, soya yağı, zeytinyağı). Vücudun fizyolojik işleyişinin sürdürülebilmesi için sağlıklı yağların alımı ihmal edilmemelidir (206). Bu çalışmada gözlenen yüksek oran (toplam enerjinin yaklaşık %40'ı), önerilen değerlerin üstünde yer almaktadır. Yüksek enerji ihtiyacı olan sporcular için yağ alımının toplam enerjinin %30'una kadar çıkarılabileceği belirtilmektedir. Genel olarak, sporcularda yağ alımı sınırlandırılmalı, karbonhidrat tüketimi artırılmalıdır (199).

Mevcut literatür, yağ açısından zengin bir diyetin kısa süreli (3-5gün) tüketiminin, karbonhidrat açısından zengin bir diyet tüketimine kıyasla dayanıklılık performansını düşürdüğünü ve yüksek yağ tüketiminin egzersiz sırasında yakıt kullanımını etkileyerek performansı olumsuz yönde etkileyebilecek potansiyele sahip olduğuna dikkat çekmektedir (207).

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar doğrultusunda, aerobik ve anaerobik performansın geliştirilmesinde yalnızca besinsel ergojenik desteklerin değil, vücut kompozisyonu ile yeterli ve dengeli beslenmenin, özellikle de kişiselleştirilmiş beslenme stratejilerinin ve takviye protokollerinin önemli bir yere sahip olduğu görülmüştür.

## 6 SONUÇ

Bu çalışma, rekreasyonel düzeyde spor yapan bireylerde akut olarak tüketilen kombine pancar suyu ve kafeinli kahvenin atletik performansı geliştirmek için bir beslenme stratejisi olarak kullanımını araştırmıştır. Buna ek olarak katılımcıların vücut kompozisyonu, makro besin alım profilleri ve bu faktörlerin performans çıktıları üzerindeki etkileri de değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular hem aerobik hem de bazı anaerobik performans parametrelerinde anlamlı gelişmeler sağlandığını göstermiştir.

Özellikle pancar suyu ve kafeinli kahve kombinasyonu, tek başına kafein ya da tek başına pancar suyu tüketimine göre,  $VO_2$  maks, kat edilen mesafe, maksimum hız ve sıçrama yüksekliği gibi performans göstergelerinde anlamlı artış sağlamıştır. Bu iki ergojenik desteğin kombine kullanımı, pancar suyunun nitrik oksit yollarıyla oksijen taşıma kapasitesini arttıran etkileri ile kafeinin merkezi sinir sistemi uyarımı yoluyla dayanıklılığı artırıcı etkilerinin sinerjistik faydaları sayesinde egzersiz performansını desteklemiştir. Zirve güç parametresi başta olmak üzere anaerobik performans göstergelerinde ise istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar gözlemlenmemiştir. Bu durum, özellikle kısa süreli, yüksek yoğunluklu güç üretimi gerektiren egzersizlerde pancar suyu ve kafeinin etkisinin sınırlı olabileceğini göstermektedir.

Pancar suyu, kafeinli kahve ve pancar suyu ve kafeinli kahvenin birlikte tüketimlerinin ardından, katılımcıların algılanan zorluk düzeylerinde anlamlı bir değişiklik gözlemlenmemiştir. Bunun sebebi, algılanan zorluğun öznel bir ölçüt olması ve akut olarak alınan takviyelerin kısa sürede bu bireysel algı üzerinde tutarlı bir etki yaratmaması ile açıklanabilir.

Çalışmanın bulguları ayrıca, ergojenik takviyelerin performansa etkisinin bireylerin vücut kompozisyonuna bağlı olarak değişebileceğini ve beslenme alışkanlıklarının da performans üzerinde doğrudan etkili olduğunu ortaya koyarak, optimum performansın sağlanabilmesi için yalnızca besin takviyelerinin değil,

beslenme ve antrenman stratejilerinin de kişiselleştirilmesi gerektiğini desteklemektedir.

Sonuç olarak, bu çalışma, pancar suyu ve kafeinli kahvenin kombine kullanımının rekreasyonel sporcularda özellikle aerobik dayanıklılık performansını artırmak için etkili bir akut beslenme stratejisi olabileceğini ortaya koyarak, bu alanda literatüre katkı sağlamıştır. Bununla birlikte, elde edilen bulguların daha büyük örneklem, farklı egzersiz protokolleri, uzun süreli ve farklı doz takviye protokolleriyle desteklenmesi, gelecekte yapılacak çalışmalar için yol gösterici olacağı düşünülmektedir. Özellikle bireysel yanıt farklılıkları ve genetik faktörler gibi etkenlerin de göz önünde bulundurulacağı daha kapsamlı araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

## 7 KAYNAKLAR

1. Bucci L. *Nutrients as Ergogenic Aids for Sports and Exercise*. CRC Press; 2020.
2. Lane SC, Hawley JA, Desbrow B, Jones AM, Blackwell JR, Ross ML, et al. Single and combined effects of beetroot juice and caffeine supplementation on cycling time trial performance. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*. 2014;39(9):1050–7.
3. López-Torres O, Rodríguez-Longobardo C, Capel-Escoriza R, Fernández-Elías VE. Ergogenic Aids to Improve Physical Performance in Female Athletes: A Systematic Review with Meta-Analysis. Vol. 15, *Nutrients*. MDPI; 2023.
4. Maughan RJ, Burke LM, Dvorak J, Larson-Meyer DE, Peeling P, Phillips SM, et al. IOC consensus statement: Dietary supplements and the high-performance athlete. Vol. 52, *British Journal of Sports Medicine*. BMJ Publishing Group; 2018. p. 439–55.
5. Spriet LL. *Exercise and Sport Performance with Low Doses of Caffeine*. Vol. 44, *Sports Medicine*. Springer International Publishing; 2014. p. 175–84.
6. Graham TE. *Caffeine and Exercise Metabolism, Endurance and Performance*.
7. Cermak NM, Gibala MJ, Van Loon LJC. Nitrate Supplementation's Improvement of 10-km Time-Trial Performance in Trained Cyclists. Vol. 22, *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. 2012.
8. Lansley KE, Winyard PG, Bailey SJ, Vanhatalo A, Wilkerson DP, Blackwell JR, et al. Acute Dietary Nitrate Supplementation Improves Cycling Time Trial Performance. *Med Sei Sports Exerc* [Internet]. 2011;43(6):1125–31. Available from: <http://www.acsm-msse.org>
9. Leaney AE, Heath J, Midforth E, Beck P, Brown P, Mawson DH. Presence of higenamine in beetroot containing 'foodstuffs' and the implication for WADA-relevant anti-doping testing. *Drug Test Anal*. 2023 Feb 1;15(2):173–80.
10. Thompson C, Vanhatalo A, Jell H, Fulford J, Carter J, Nyman L, et al. Dietary nitrate supplementation improves sprint and high-intensity intermittent running performance. *Nitric Oxide*. 2016 Dec 30;61:55–61.
11. Jones AM. Key points dietary nitrate and exercise performance: new strings to the beetroot bow.
12. Peeling P, Binnie MJ, Goods PSR, Sim M, Burke LM. Evidence-based supplements for the enhancement of athletic performance. Vol. 28, *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. Human Kinetics Publishers Inc.; 2018. p. 178–87.
13. Maughan RJ, Burke LM, Dvorak J, Larson-Meyer DE, Peeling P, Phillips SM, et al. IOC consensus statement: Dietary supplements and the high-performance athlete. Vol. 52, *British Journal of Sports Medicine*. BMJ Publishing Group; 2018. p. 439–55.
14. Kreider RB, Kalman DS, Antonio J, Ziegenfuss TN, Wildman R, Collins R, et al. International Society of Sports Nutrition position stand: safety and efficacy of creatine supplementation in exercise, sport, and medicine. *J Int Soc Sports Nutr*. 2017 Jan 3;14(1).

15. Australian Institute of sport (AIS) Position statement: supplements and sports foods in high performance sport. 2022.
16. Dietary Supplement Health and Education Act of 1994. 1994.
17. Kreider RB, Wilborn CD, Taylor L, Campbell B, Almada AL, Collins R, et al. ISSN exercise and sport nutrition review: Research and recommendations. Vol. 7, *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. BioMed Central Ltd.; 2010.
18. Garthe I, Maughan RJ. Athletes and supplements: Prevalence and perspectives. Vol. 28, *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. Human Kinetics Publishers Inc.; 2018. p. 126–38.
19. Nutrition and Athletic Performance Joint Position Statement. Available from: [www.eatright.org/cps/rde/xchg/ada/hs.xsl/](http://www.eatright.org/cps/rde/xchg/ada/hs.xsl/)
20. Nutrition and Athletic Performance. *Med Sci Sports Exerc*. 2016 Mar 1;48(3):543–68.
21. Williams MH, David Branch J. Creatine Supplementation and Exercise Performance: An Update.
22. Porrini M, Del Bo C. Ergogenic Aids and Supplements. *Front Horm Res*. 2016;47:128–52.
23. Baylis C, Vallance P. Measurement of nitrite and nitrate levels in plasma and urine--what does this measure tell us about the activity of the endogenous nitric oxide system? *Curr Opin Nephrol Hypertens* [Internet]. 1998 Jan;7(1):59–62. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9442364>
24. Brzezińska-Rojek J, Sagatovych S, Malinowska P, Gadaj K, Prokopowicz M, Grembecka M. Antioxidant Capacity, Nitrite and Nitrate Content in Beetroot-Based Dietary Supplements. *Foods*. 2023 Mar 1;12(5).
25. van Velzen AG, Sips AJAM, Schothorst RC, Lambers AC, Meulenbelt J. The oral bioavailability of nitrate from nitrate-rich vegetables in humans. *Toxicol Lett*. 2008 Oct 1;181(3):177–81.
26. Ijaz S, Iqbal J, Abbasi BA, Ullah Z, Uddin S, Yaseen T, et al. Bioactive Phytochemicals from Beetroot (*Beta vulgaris*) By-Products. In: *Bioactive Phytochemicals in By-products from Leaf, Stem, Root and Tuber Vegetables*. Cham: Springer Nature Switzerland; 2025. p. 131–80.
27. Macuh M, Knap B. Effects of nitrate supplementation on exercise performance in humans: A narrative review. Vol. 13, *Nutrients*. MDPI; 2021.
28. Hord NG, Tang Y, Bryan NS. Food sources of nitrates and nitrites: The physiologic context for potential health benefits. Vol. 90, *American Journal of Clinical Nutrition*. 2009. p. 1–10.
29. Lundberg JO, Weitzberg E. NO generation from inorganic nitrate and nitrite: Role in physiology, nutrition and therapeutics. Vol. 32, *Archives of Pharmacal Research*. 2009. p. 1119–26.
30. Martín León V, Luzardo OP. Evaluation of nitrate contents in regulated and non-regulated leafy vegetables of high consumption in the Canary Islands, Spain: Risk assessment. *Food and Chemical Toxicology*. 2020 Dec 1;146.
31. Baranauskas MN, Coggan AR, Gruber AH, Altherr CA, Raglin JS, Carter SJ. Dietary Nitrate Supplementation and Exercise-Related Performance. Vol. 55, *Nutrition Today*. Lippincott Williams and Wilkins; 2020. p. 211–7.

32. Berends JE, Van Den Berg LMM, Guggeis MA, Henckens NFT, Hossein IJ, De Joode MEJR, et al. Consumption of nitrate-rich beetroot juice with or without vitamin C supplementation increases the excretion of urinary nitrate, nitrite, and N-nitroso compounds in humans. *Int J Mol Sci.* 2019 May 1;20(9).
33. Zamani H, de Joode MEJR, Hossein IJ, Henckens NFT, Guggeis MA, Berends JE, et al. The benefits and risks of beetroot juice consumption: a systematic review. Vol. 61, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition.* Bellwether Publishing, Ltd.; 2021. p. 788–804.
34. Milkowski A, Garg HK, Coughlin JR, Bryan NS. Nutritional epidemiology in the context of nitric oxide biology: A risk-benefit evaluation for dietary nitrite and nitrate. Vol. 22, *Nitric Oxide - Biology and Chemistry.* 2010. p. 110–9.
35. Vermeer ITM, Pachen DMFA, Dallinga JW, Kleinjans JCS, Van Maanen JMS. /A rices Volatile N-Nitrosamine Formation after Intake of Nitrate at the ADI Level in Combination with an Amine-rich Diet Formation of nitrite from ingested nitrate can result in several adverse health effects and implies a genotoxic risk as a consequence of endogenous formation of carcinogenic Nni. Vol. 106, *Environ Health Pmpect.* 1998.
36. Karwowska M, Kononiuk A. Nitrates/nitrites in food—risk for nitrosative stress and benefits. Vol. 9, *Antioxidants.* MDPI; 2020.
37. Bryan NS, Ivy JL. Inorganic nitrite and nitrate: Evidence to support consideration as dietary nutrients. Vol. 35, *Nutrition Research.* Elsevier Inc.; 2015. p. 643–54.
38. Dubrow R, Darefsky AS, Park Y, Mayne ST, Moore SC, Kilfoy B, et al. Dietary components related to N-nitroso compound formation: A prospective study of adult glioma. *Cancer Epidemiology Biomarkers and Prevention.* 2010;19(7):1709–22.
39. Warner DS, Weitzberg E, Hezel M, Lundberg JO. Nitrate-Nitrite-Nitric Oxide Pathway Implications for Anesthesiology and Intensive Care [Internet]. Vol. 113, *Anesthesiology.* 2010. Available from: [www.anesthesiology.org](http://www.anesthesiology.org).
40. Förstermann U, Sessa WC. Nitric oxide synthases: Regulation and function. Vol. 33, *European Heart Journal.* 2012.
41. Leaf CD, Wishnok JS, Tannenbaum SR. L-arginine is a precursor for nitrate biosynthesis in humans. vol. 163, *biochemical and biophysical research communications.* 1989.
42. Moncada S, Higgs A. The L-arginine-nitric oxide pathway. *N Engl J Med* [Internet]. 1993 Dec 30;329(27):2002–12. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7504210>
43. Qu XM, Wu ZF, Pang BX, Jin LY, Qin LZ, Wang SL. From Nitrate to Nitric Oxide. *J Dent Res.* 2016 Dec 8;95(13):1452–6.
44. Tripatara P, Patel NSA, Webb A, Rathod K, Lecomte FMJ, Mazzon E, et al. Nitrite-derived nitric oxide protects the rat kidney against ischemia/reperfusion injury in vivo: Role for xanthine oxidoreductase. *Journal of the American Society of Nephrology.* 2007;18(2):570–80.
45. James PE, Willis GR, Allen JD, Winyard PG, Jones AM. Nitrate pharmacokinetics: Taking note of the difference. Vol. 48, *Nitric Oxide - Biology and Chemistry.* Academic Press Inc.; 2015. p. 44–50.

46. Wilkerson DP, Hayward GM, Bailey SJ, Vanhatalo A, Blackwell JR, Jones AM. Influence of acute dietary nitrate supplementation on 50 mile time trial performance in well-trained cyclists. *Eur J Appl Physiol*. 2012 Dec;112(12):4127–34.
47. Doel JJ, Benjamin N, Hector MP, Rogers M, Allaker RP. Evaluation of bacterial nitrate reduction in the human oral cavity.
48. Rassaf T, Flögel U, Drexhage C, Hendgen-Cotta U, Kelm M, Schrader J. Nitrite reductase function of deoxymyoglobin: Oxygen sensor and regulator of cardiac energetics and function. *Circ Res*. 2007 Jun;100(12):1749–54.
49. Jones AM, Thompson C, Wylie LJ, Vanhatalo A. Annual Review of Nutrition Dietary Nitrate and Physical Performance. Downloaded from [www.annualreviews.org](http://www.annualreviews.org) Guest [Internet]. 2018;47. Available from: <https://doi.org/10.1146/annurev-nutr-082117->
50. Carlstrom M, Montenegro MF. Therapeutic value of stimulating the nitrate-nitrite-nitric oxide pathway to attenuate oxidative stress and restore nitric oxide bioavailability in cardiorenal disease. Vol. 285, *Journal of Internal Medicine*. Blackwell Publishing Ltd; 2019. p. 2–18.
51. Wylie LJ, Kelly J, Bailey SJ, Blackwell JR, Skiba PF, Winyard PG, et al. Beetroot juice and exercise: pharmacodynamic and dose-response relationships. *J Appl Physiol* [Internet]. 2013;115:325–36. Available from: <http://www.jappp.org>
52. Hoon MW, Hopkins WG, Jones AM, Martin DT, Halson SL, West NP, et al. Nitrate supplementation and high-intensity performance in competitive cyclists. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*. 2014;39(9):1043–9.
53. Wylie LJ, Bailey SJ, Kelly J, Blackwell JR, Vanhatalo A, Jones AM. Influence of beetroot juice supplementation on intermittent exercise performance. *Eur J Appl Physiol* [Internet]. 2016 Feb 1 [cited 2024 Dec 15];116(2):415–25. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00421-015-3296-4>
54. Oskarsson J, McGawley K. No individual or combined effects of caffeine and beetroot-juice supplementation during 1 submaximal or maximal running 2 3. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* Downloaded from [www.nrcresearchpress.com](http://www.nrcresearchpress.com) by UNIVERSITY OF OREGON on.
55. Garnacho-Castaño MV, Palau-Salvà G, Cuenca E, Muñoz-González A, García-Fernández P, del Carmen Lozano-Estevan M, et al. Effects of a single dose of beetroot juice on cycling time trial performance at ventilatory thresholds intensity in male triathletes. *J Int Soc Sports Nutr*. 2018 Oct 4;15(1).
56. Murphy M, Eliot K, Heuertz RM, Weiss E. Whole Beetroot Consumption Acutely Improves Running Performance. *J Acad Nutr Diet*. 2012 Apr;112(4):548–52.
57. Govoni M, Jansson EÅ, Weitzberg E, Lundberg JO. The increase in plasma nitrite after a dietary nitrate load is markedly attenuated by an antibacterial mouthwash. *Nitric Oxide*. 2008 Dec;19(4):333–7.
58. Larsen FJ, Weitzberg E, Lundberg JO, Ekblom B. Effects of dietary nitrate on oxygen cost during exercise. *Acta Physiologica*. 2007 Sep;191(1):59–66.

59. Muggeridge DJ, Howe CCF, Spendiff O, Pedlar C, James PE, Easton C. A single dose of beetroot juice enhances cycling performance in simulated altitude. *Med Sci Sports Exerc.* 2014 Jan;46(1):143–50.
60. Bond V, Curry BH, Adams RG, Millis RM, Haddad GE. Cardiorespiratory function associated with dietary nitrate supplementation. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism.* 2014;39(2):168–72.
61. Kenjale AA, Ham KL, Stabler T, Robbins JL, Johnson JL, VanBruggen M, et al. Dietary nitrate supplementation enhances exercise performance in peripheral arterial disease. *J Appl Physiol.* 2011 Jun;110(6):1582–91.
62. Vasconcellos J, Henrique Silvestre D, Dos Santos Baião D, Werneck-De-Castro JP, Silveira Alvares T, Paschoalin VMF. A Single Dose of Beetroot Gel Rich in Nitrate Does Not Improve Performance but Lowers Blood Glucose in Physically Active Individuals. *J Nutr Metab.* 2017;2017.
63. Vanhatalo A, Bailey SJ, Blackwell JR, DiMenna FJ, Pavey TG, Wilkerson DP, et al. Acute and chronic effects of dietary nitrate supplementation on blood pressure and the physiological responses to moderate-intensity and incremental exercise. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 2010 Oct;299(4).
64. Ormsbee M, Lox J, Arciero P. Beetroot juice and exercise performance. *Nutr Diet Suppl.* 2013 Nov;27.
65. Presley TD, Morgan AR, Bechtold E, Clodfelter W, Dove RW, Jennings JM, et al. Acute effect of a high nitrate diet on brain perfusion in older adults. *Nitric Oxide.* 2011;24(1):34–42.
66. Williams N. The Borg Rating of Perceived Exertion (RPE) scale. Vol. 67, *Occupational Medicine.* Oxford University Press; 2017. p. 404–5.
67. Porcelli S, Ramaglia M, Bellistri G, Pavei G, Pugliese L, Montorsi M, et al. Aerobic fitness affects the exercise performance responses to nitrate supplementation. *Med Sci Sports Exerc.* 2015;47(8):1643–51.
68. Bailey SJ, Winyard P, Vanhatalo A, Blackwell JR, DiMenna FJ, Wilkerson DP, et al. Dietary nitrate supplementation reduces the O<sub>2</sub> cost of low-intensity exercise and enhances tolerance to high-intensity exercise in humans. *J Appl Physiol.* 2009 Oct;107(4):1144–55.
69. Kurowska K, Antosik K, Kobylńska M, Decyk A. Beetroot juice - Legal doping for athletes? Vol. 35, *Central European Journal of Sport Sciences and Medicine.* Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego; 2021. p. 57–70.
70. Domínguez R, Maté-Muñoz JL, Cuenca E, García-Fernández P, Mata-Ordoñez F, Lozano-Estevan MC, et al. Effects of beetroot juice supplementation on intermittent high-intensity exercise efforts. Vol. 15, *Journal of the International Society of Sports Nutrition.* Taylor and Francis Ltd.; 2018.
71. Lansley KE, Winyard PG, Bailey SJ, Vanhatalo A, Wilkerson DP, Blackwell JR, et al. Acute dietary nitrate supplementation improves cycling time trial performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2011 Jun;43(6):1125–31.
72. Arnold JT, Oliver SJ, Lewis-Jones TM, Wylie LJ, Macdonald JH. Beetroot juice does not enhance altitude running performance in well-trained athletes. *Applied Physiology, Nutrition, and*

- Metabolism [Internet]. 2015 Feb 4;40(6):590–5. Available from: <https://doi.org/10.1139/apnm-2014-0470>
73. Gallardo EJ, Coggan AR. What is in your beet juice? Nitrate and nitrite content of beet juice products marketed to athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2019;29(4):345–9.
  74. McQuillan JA, Dulson DK, Laursen PB, Kilding AE. Dietary nitrate fails to improve 1 and 4 km cycling performance in highly trained cyclists. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2017 Jun 1;27(3):255–63.
  75. Cano-Marquina A, Tarín JJ, Cano A. The impact of coffee on health. Vol. 75, *Maturitas.* 2013. p. 7–21.
  76. Heckman MA, Weil J, de Mejia EG. Caffeine (1, 3, 7-trimethylxanthine) in foods: A comprehensive review on consumption, functionality, safety, and regulatory matters. *J Food Sci.* 2010 Apr;75(3).
  77. Nawrot P, Jordan S, Eastwood J, Rotstein J, Hugenholz A, Feeley M. Effects of caffeine on human health. Vol. 20, *Food Additives and Contaminants.* 2003. p. 1–30.
  78. Smith A. Effects of caffeine on human behavior [Internet]. Available from: [www.elsevier.com/locate/foodchemtox](http://www.elsevier.com/locate/foodchemtox)
  79. Nehlig A. Interindividual differences in caffeine metabolism and factors driving caffeine consumption. *Pharmacol Rev.* 2018 Apr 1;70(2):384–411.
  80. Goldstein ER, Ziegenfuss T, Kalman D, Kreider R, Campbell B, Wilborn C, et al. International society of sports nutrition position stand: caffeine and performance [Internet]. 2010. Available from: <http://www.jissn.com/content/7/1/5>
  81. Keisler BD, Armsey TD. Caffeine As an Ergogenic Aid [Internet]. 2006. Available from: <http://journals.lww.com/acsm-csmr>
  82. McLellan TM, Lieberman HR. Do energy drinks contain active components other than caffeine? *Nutr Rev.* 2012 Dec;70(12):730–44.
  83. McCall AL, Millington WR, Wurtman RJ. Blood-brain barrier transport of caffeine: Dose-related restriction of adenine transport. *Life Sci.* 1982 Dec;31(24):2709–15.
  84. Sökmen B, Armstrong LE, Kraemer WJ, Casa DJ, Dias JC, Judelson DA, et al. Caffeine Use in Sports: Considerations for the Athlete. *J Strength Cond Res.* 2008 May;22(3):978–86.
  85. Spriet LL. Caffeine and Performance. *Int J Sport Nutr.* 1995 Jun;5(s1):S84–99.
  86. Mark Davis J, Zhao Z, Stock HS, Mehl KA, Buggy J, Hand GA, et al. Central nervous system effects of caffeine and adenosine on fatigue. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* [Internet]. 2003;284:399–404. Available from: [www.ajpregu.org](http://www.ajpregu.org)
  87. McLellan TM, Caldwell JA, Lieberman HR. A review of caffeine’s effects on cognitive, physical and occupational performance. Vol. 71, *Neuroscience and Biobehavioral Reviews.* Elsevier Ltd; 2016. p. 294–312.
  88. Urry E, Landolt HP. Adenosine, caffeine, and performance: from cognitive neuroscience of sleep to sleep pharmacogenetics. *Curr Top Behav Neurosci.* 2015;25:331–66.

89. Szendzielorz E, Spiewak R. Caffeine as an Active Molecule in Cosmetic Products for Hair Loss: Its Mechanisms of Action in the Context of Hair Physiology and Pathology. Vol. 30, *Molecules*. Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI); 2025.
90. Verlag GT, York SN, Essig D, Costill DL, Van Handel PJ. Effects of Caffeine Ingestion on Utilization of Muscle Glycogen and Lipid During Leg Ergometer Cycling. Vol. 1, *Tnt. J. Sports Medicine*. 1980.
91. Verlag GT, York SN, Essig D, Costill DL, Van Handel PJ. Effects of Caffeine Ingestion on Utilization of Muscle Glycogen and Lipid During Leg Ergometer Cycling. Vol. 1, *Tnt. J. Sports Medicine*. 1980.
92. Jeukendrup AE, Randell R. Fat burners: Nutrition supplements that increase fat metabolism. *Obesity Reviews*. 2011 Oct;12(10):841–51.
93. Motl RW, O'Connor PJ, Dishman RK. Effect of caffeine on perceptions of leg muscle pain during moderate intensity cycling exercise. *Journal of Pain*. 2003;4(6):316–21.
94. Bar-Or O. The Wingate anaerobic test. An update on methodology, reliability and validity. *Sports Med [Internet]*. 1987;4(6):381–94. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3324256>
95. Laurent D, Schneider KE, Prusaczyk WK, Franklin C, Vogel SM, Krssak M, et al. Effects of Caffeine on Muscle Glycogen Utilization and the Neuroendocrine Axis during Exercise <sup>1</sup>. *J Clin Endocrinol Metab*. 2000 Jun;85(6):2170–5.
96. Tarnopolsky MA. Effect of caffeine on the neuromuscular system - Potential as an ergogenic aid. In: *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*. 2008. p. 1284–9.
97. Daly JW. Caffeine analogs: biomedical impact. *Cellular and Molecular Life Sciences*. 2007 Aug 18;64(16):2153–69.
98. Fredholm BB, Bättig K, Holmén J, Nehlig A, Zvartau EE. Actions of Caffeine in the Brain with Special Reference to Factors That Contribute to Its Widespread Use. *Pharmacol Rev [Internet]*. 1999 Mar 1;51(1):83–133. Available from: [https://doi.org/10.1016/S0031-6997\(24\)01396-6](https://doi.org/10.1016/S0031-6997(24)01396-6)
99. Kalmar JM, Cafarelli E. Effects of caffeine on neuromuscular function [Internet]. 1999. Available from: <http://www.jap.org>
100. Killeit U. Koffein und körperliche Leistungsfähigkeit. Vol. 117, *Deutsche Lebensmittel-Rundschau*. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH; 2021.
101. Bougrine H, Ammar A, Salem A, Trabelsi K, Jahrami H, Chtourou H, et al. Optimizing Short-Term Maximal Exercise Performance: The Superior Efficacy of a 6 mg/kg Caffeine Dose over 3 or 9 mg/kg in Young Female Team-Sports Athletes. *Nutrients*. 2024 Mar 1;16(5).
102. Hussain N, Delacruz NH. The Effect of Caffeine on Athletic Performance.
103. Pickering C, Grgic J. Caffeine and Exercise: What Next? Vol. 49, *Sports Medicine*. Springer International Publishing; 2019. p. 1007–30.
104. Karayigit R, Forbes SC, Osmanov Z, Yilmaz C, Yasli BC, Naderi A, et al. Low and Moderate Doses of Caffeinated Coffee Improve Repeated Sprint Performance in Female Team Sport Athletes. *Biology (Basel)*. 2022 Oct 1;11(10).

105. Magkos F, Kavouras SA. Caffeine and Ephedrine Physiological, Metabolic and Performance-Enhancing Effects [Internet]. Vol. 34, Sports Med. 2004. Available from: [http://www.wada-ama.org/docs/web/standards\\_harmonization/code/](http://www.wada-ama.org/docs/web/standards_harmonization/code/)
106. Mielgo-Ayuso J, Calleja-Gonzalez J, Del Coso J, Urdampilleta A, León-Guereño P, Fernández-Lázaro D. Caffeine supplementation and physical performance, muscle damage and perception of fatigue in soccer players: A systematic review. *Nutrients*. 2019 Feb 1;11(2).
107. Whalley PJ, Dearing CG, Paton CD. The Effects of Different Forms of Caffeine Supplement on 5-km Running Performance. *Int J Sports Physiol Perform* [Internet]. 2020;15(3):390–4. Available from: <https://journals.humankinetics.com/view/journals/ijsp/15/3/article-p390.xml>
108. De Paulis T, Schmidt DE, Bruchey AK, Kirby MT, McDonald MP, Commers P, et al. Dicinnamoylquinides in roasted coffee inhibit the human adenosine transporter [Internet]. Available from: [www.elsevier.com/locate/ejphar](http://www.elsevier.com/locate/ejphar)
109. Hodgson AB, Randell RK, Jeukendrup AE. The Metabolic and Performance Effects of Caffeine Compared to Coffee during Endurance Exercise. *PLoS One*. 2013 Apr 3;8(4).
110. Hodgson AB, Randell RK, Jeukendrup AE. The Metabolic and Performance Effects of Caffeine Compared to Coffee during Endurance Exercise. *PLoS One*. 2013 Apr 3;8(4).
111. Burke LM. Caffeine and sports performance. In: *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*. 2008. p. 1319–24.
112. Jeukendrup AE, Randell R. Fat burners: Nutrition supplements that increase fat metabolism. *Obesity Reviews*. 2011 Oct;12(10):841–51.
113. Gomez-Bruton A, Marin-Puyalto J, Muñoz-Pardos B, Matute-Llorente A, Del Coso J, Gomez-Cabello A, et al. Does acute caffeine supplementation improve physical performance in female team-sport athletes? Evidence from a systematic review and meta-analysis. Vol. 13, *Nutrients*. MDPI; 2021.
114. Kreutzer A, Graybeal AJ, Moss K, Braun-Trocchio R, Shah M. Caffeine Supplementation Strategies Among Endurance Athletes. *Front Sports Act Living*. 2022 Apr 6;4.
115. Egesoy H, Oksuzoglu AY. The acute effects of caffeine ingestion on reactive agility performance in soccer players. *Progress in Nutrition*. 2020;22:168–74.
116. Morrison S, Ward P, duManoir GR. Energy system development and load management through the rehabilitation and return to play process. Vol. 12, *The International Journal of Sports Physical Therapy* |. 2017.
117. Gastin PB. Energy System Interaction and Relative Contribution During Maximal Exercise.
118. Shiraki S, Fujii N, Yamamoto K, Ogata M, Kigoshi K. Relative Aerobic and Anaerobic Energy Contributions during Short-Duration Exercise Remain Unchanged over A Wide Range of Exercise Intensities [Internet]. Vol. 18, *Int. J. Sport Health Sci. International Journal of Sport and Health Science*. 2020. Available from: <http://taiiku-gakkai.or.jp/>
119. Baker JS, McCormick MC, Robergs RA. Interaction among skeletal muscle metabolic energy systems during intense exercise. Vol. 2010, *Journal of Nutrition and Metabolism*. 2010.

120. Zouhal H, Jabbour G, Jacob C, Duvigneau D, Botcazou T, Ben Abderrahaman A, et al. Anaerobic and aerobic energy system contribution to 400-m flat and 400-m hurdles track running [Internet]. Available from: [www.nasca-jscr.org](http://www.nasca-jscr.org)
121. İstanbul SAY, İstanbul Ü, Fakültesi T, Hekimliği S. Aerobik ve Anaerobik Kapasitenin Anlamı Nedir? [Internet]. 2012. Available from: [www.solunum.org.tr](http://www.solunum.org.tr)
122. Van Someren KA. The physiology of anaerobic endurance training. In: *The Physiology of Training*. Elsevier; 2006. p. 85–115.
123. Pettinau L, Seppänen E, Sikanen A, Anttila K. Aerobic Exercise Training With Optimal Intensity Increases Cardiac Thermal Tolerance in Juvenile Rainbow Trout. *Front Mar Sci*. 2022 Jun 22;9.
124. Hill A V, Lupton H. Muscular exercise, lactic acid, and the supply and utilization of oxygen.
125. Howley ET, Bassett DR, Welch HG. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. *Med Sci Sports Exerc* [Internet]. 1995 Sep;27(9):1292–301. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8531628>
126. Dahl HA, Rodahl K, Stromme SB, Åstrand 1922-2015 (viaf)108357349 PO. *Textbook of work physiology : physiological bases of exercise* [Internet]. 4th ed. Champaign (Ill.) : Human kinetics; 2003. Available from: <http://lib.ugent.be/catalog/rug01:000881322>
127. Bassett DR, Howley ET. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Med Sci Sports Exerc* [Internet]. 2000 Jan;32(1):70–84. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10647532>
128. Bassett DR, Howley ET. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance [Internet]. Vol. 32, *Med. Sci. Sports Exerc*. 2000. Available from: <http://www.msse.org>
129. Tomlin DL, Wenger HA. The Relationship Between Aerobic Fitness and Recovery from High Intensity Intermittent Exercise. Vol. 31, *Sports Med*. 2001.
130. Astrand B. Maximal oxygen uptake in athletes1 [Internet]. Vol. 23, *JOURNAL op APPLIED PHYSIOLOGY*. 1967. Available from: [www.physiology.org/journal/jappl](http://www.physiology.org/journal/jappl)
131. Noonan V, Dean E. Submaximal exercise testing: clinical application and interpretation. *Phys Ther* [Internet]. 2000 Aug;80(8):782–807. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10911416>
132. Castagna C, Impellizzeri FM, Chamari K, Carlomagno D, Rampinini E. Aerobic fitness and yo-yo continuous and intermittent tests performances in soccer players: a correlation study. *J Strength Cond Res* [Internet]. 2006 May;20(2):320–5. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16689621>
133. Moore A, Murphy A. Development of an anaerobic capacity test for field sport athletes. *J Sci Med Sport* [Internet]. 2003 Sep 1;6(3):275–84. Available from: [https://doi.org/10.1016/S1440-2440\(03\)80021-X](https://doi.org/10.1016/S1440-2440(03)80021-X)
134. Komi P V, Rusko H, Vos J, Vihko V. Anaerobic Performance Capacity in Athletes. Vol. 100, *Acta physiol. scand*. 1977.

135. Pałka T, Lech G, Pilch W, Tota Ł, Koteja P, Tyka A, et al. Selected Indices of Anaerobic Capacity and Their Changes during Special Judo Fitness Tests at Different Ambient Temperatures Performed among Judo Athletes. *Applied Sciences (Switzerland)*. 2022 Dec 1;12(24).
136. Bar-Or O. The Wingate anaerobic test. An update on methodology, reliability and validity. *Sports Med* [Internet]. 1987;4(6):381–94. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3324256>
137. Medbø JI, Burgers S. Effect of training on the anaerobic capacity. *Med Sci Sports Exerc* [Internet]. 1990 Aug;22(4):501–7. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2402211>
138. Balsom PD, Gaitanos GC, So K, Derlund È, Ekblom B. High-intensity exercise and muscle glycogen availability in humans. Vol. 165, *Acta Physiol Scand*. 1999.
139. Judge LW, Bellar DM, Popp JK, Craig BW, Schoeff MA, Hoover DL, et al. Hydration to Maximize Performance and Recovery: Knowledge, Attitudes, and Behaviors among Collegiate Track and Field Throwers. *J Hum Kinet*. 2021 Jul 28;79(1):111–22.
140. Paiva CLRS, Beserra BTS, Reis CEG, Dorea JG, Da Costa THM, Amato AA. Consumption of coffee or caffeine and serum concentration of inflammatory markers: A systematic review. Vol. 59, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. Taylor and Francis Inc.; 2019. p. 652–63.
141. Burke LM. Re-Examining High-Fat Diets for Sports Performance: Did We Call the ‘Nail in the Coffin’ Too Soon? Vol. 45, *Sports Medicine*. Springer International Publishing; 2015. p. 33–49.
142. Hancı, M., Bayram, S., Karahan, S., Kaya, E., et al. (2013). Türk Kahvesi ve Türkiye’de Satılan Bazı İçeceklerdeki Kafein Miktarları. *Duzce Medical Journal*, 15(3), 34-38.
143. Norton K. Standards for anthropometry assessment Chapter 4 in *Kinanthropometry and Exercise* [Internet]. *Physiology*. Available from: <https://www.researchgate.net/publication/328150335>
144. Kramer SJ, Baur DA, Spicer MT, Vukovich MD, Ormsbee MJ. The effect of six days of dietary nitrate supplementation on performance in trained CrossFit athletes. *J Int Soc Sports Nutr*. 2016 Nov 3;13(1).
145. Jackson\* A N AS, Pollock DML. Generalized equations for predicting body density of men. Vol. 40, *Br. J. Nufr*. 1978.
146. Bosco C, Luhtanen P, Komi P V. A Simple Method for Measurement of Mechanical Power in Jumping. Vol. 50, *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*. 1983.
147. Harman EA, Rosenstein MT, Frykman PN, Rosenstein RM, Kraemer WJ. Estimation of Human Power Output from Vertical Jump. *The Journal of Strength & Conditioning Research* [Internet]. 1991;5(3). Available from: [https://journals.lww.com/nsca-jscr/fulltext/1991/08000/estimation\\_of\\_human\\_power\\_output\\_from\\_vertical.2.aspx](https://journals.lww.com/nsca-jscr/fulltext/1991/08000/estimation_of_human_power_output_from_vertical.2.aspx)
148. Léger LA, Mercier D, Gadoury C, Lambert J. The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *J Sports Sci*. 1988 Jun;6(2):93–101.
149. Léger L, Gadoury C. Validity of the 20 m shuttle run test with 1 min stages to predict VO<sub>2</sub>max in adults. *Can J Sport Sci*. 1989 Mar;14(1):21–6.

150. Cooper SM, Baker JS, Tong RJ, Roberts E, Hanford M. The repeatability and criterion related validity of the 20 m multistage fitness test as a predictor of maximal oxygen uptake in active young men. *Br J Sports Med.* 2005;39(4).
151. Noble BJ. Clinical applications of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc* [Internet]. 1982;14(5):406–11. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7154897>
152. Perrotta AS, Jeklin AT, Hives BA, Meanwell LE, Warburton DER. Validity of the elite hrv smartphone application for examining heart rate variability in a field-based setting [Internet]. Available from: [www.nasca.com](http://www.nasca.com)
153. Clifford T, Howatson G, West DJ, Stevenson EJ. The potential benefits of red beetroot supplementation in health and disease. Vol. 7, *Nutrients*. MDPI AG; 2015. p. 2801–22.
154. Garnacho-Castaño M V., Pleguezuelos-Cobo E, Berbel M, Irurtia A, Carrasco-Marginet M, Castizo-Olier J, et al. Effects of acute beetroot juice intake on performance, maximal oxygen uptake, and ventilatory efficiency in well-trained master rowers: a randomized, double-blinded crossover study. *J Int Soc Sports Nutr.* 2024;21(1).
155. Vanhatalo A, Fulford J, Bailey SJ, Blackwell JR, Winyard PG, Jones AM. Dietary nitrate reduces muscle metabolic perturbation and improves exercise tolerance in hypoxia. *Journal of Physiology.* 2011 Nov;589(22):5517–28.
156. Walker A. The effects of acute beetroot juice supplementation on the physiological responses during a rugby league match simulation protocol and recovery [Internet]. Available from: <http://hdl.handle.net/10034/338909>
157. Bar-Or O. The Wingate Anaerobic Test An Update on Methodology, Reliability and Validity. Vol. 4, *Leading Article Sports Medicine.* 1987.
158. Martin K, Smee D, Thompson KG, Rattray B. No improvement of repeated-sprint performance with dietary nitrate. *Int J Sports Physiol Perform.* 2014;9(5):845–50.
159. Fernández-Elías VE, Courel-Ibáñez J, Pérez-López A, Jodra P, Moreno-Pérez V, Coso J Del, et al. Acute Beetroot Juice Supplementation Does Not Improve Match-Play Activity in Professional Tennis Players. *J Am Coll Nutr.* 2020;
160. Jonvik KL, Nyakayiru J, Van Dijk JW, Maase K, Ballak SB, Senden JMG, et al. Repeated-sprint performance and plasma responses following beetroot juice supplementation do not differ between recreational, competitive and elite sprint athletes. *Eur J Sport Sci.* 2018 Apr 21;18(4):524–33.
161. Serttürk Zeynep. Adölesan erkek yüzücülerde pancar suyunun anaerobik performans ve yorgunluk üzerine etkisi. 2024.
162. Tan R, Pennell A, Price KM, Karl ST, Seekamp-Hicks NG, Paniagua KK, et al. Effects of Dietary Nitrate Supplementation on Performance and Muscle Oxygenation during Resistance Exercise in Men. *Nutrients.* 2022 Sep 1;14(18).
163. Methenitis SK, Mpampoulis T, Spiliopoulou P, Papadimas G, Papadopoulos C, Chalari E, et al. Muscle fiber composition, jumping performance and rate of force development adaptations 2 induced by different power training volumes in females Contact information (e-mails) for other authors [Internet]. Available from: [www.nrcresearchpress.com](http://www.nrcresearchpress.com)

164. Przednowek K, Barabasz Z, Zadarko-Domaradzka M, Przednowek KH, Niziol-Babiarz E, Huzarski M, et al. Predictive modeling of VO<sub>2</sub>max based on 20 m shuttle run test for young healthy people. *Applied Sciences (Switzerland)*. 2018 Nov 10;8(11).
165. Doherty M, Smith PM. Effects of caffeine ingestion on rating of perceived exertion during and after exercise: A meta-analysis. Vol. 15, *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*. 2005. p. 69–78.
166. Guest NS, VanDusseldorp TA, Nelson MT, Grgic J, Schoenfeld BJ, Jenkins NDM, et al. International society of sports nutrition position stand: caffeine and exercise performance. Vol. 18, *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. BioMed Central Ltd; 2021.
167. Desbrow B, Biddulph C, Devlin B, Grant GD, Anoopkumar-Dukie S, Leveritt MD. The effects of different doses of caffeine on endurance cycling time trial performance. *J Sports Sci*. 2012 Jan;30(2):115–20.
168. Davis JK, Green JM. Caffeine and Anaerobic Performance Ergogenic Value and Mechanisms of Action.
169. O'Rourke MP, O'Brien BJ, Knez WL, Paton CD. Caffeine has a small effect on 5-km running performance of well-trained and recreational runners. *J Sci Med Sport*. 2008 Apr;11(2):231–3.
170. Woolf K, Bidwell WK, Carlson AG. Woolf and Bidwell are with the The Effect of Caffeine as an Ergogenic Aid in Anaerobic Exercise. Vol. 18, *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. 2008.
171. Thanks to Our Reviewers. *J Acad Nutr Diet* [Internet]. 2019 Dec;119(12):2125–35. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2212267219315552>
172. Astorino TA, Roberson DW. Efficacy of acute caffeine ingestion for short-term high-intensity exercise performance: a systematic review [Internet]. Available from: [www.nscj-jscr.org](http://www.nscj-jscr.org)
173. Domínguez R, Cuenca E, Maté-Muñoz JL, García-Fernández P, Serra-Paya N, Estevan MCL, et al. Effects of beetroot juice supplementation on cardiorespiratory endurance in athletes. A systematic review. Vol. 9, *Nutrients*. MDPI AG; 2017.
174. Ramirez-Campillo R, Castillo D, Rodríguez-Fernández A, Raya-González J. Effects of caffeine, beetroot juice and its interaction consumption on exercise-related fatigue. *Kinesiology* [Internet]. 2021 [cited 2024 Dec 15];53(2):185–92. Available from: <https://hrcak.srce.hr/ojs/index.php/kinesiology/article/view/11187>
175. Castillo D, Rodríguez-Fernández A, Ramirez-Campillo R, Raya-González J. Effects of caffeine, beetroot juice and its interaction consumption on exercise-related fatigue. *Kinesiology*. 2021 Dec 31;53(2):185–92.
176. Lane SC, Hawley JA, Desbrow B, Jones AM, Ross ML, Zemski AJ, et al. Single and combined effects of beetroot juice and caffeine supplementation on cycling 1 time trial performance. 2 3 [Internet]. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* Downloaded from [www.nrcresearchpress.com](http://www.nrcresearchpress.com) by GRAND VALLEY STATE UNIVERSITY on. Available from: [www.nrcresearchpress.com](http://www.nrcresearchpress.com)
177. Berjisian E, McGawley K, Saunders B, Domínguez R, Koozehchian MS, de Oliveira CVC, et al. Acute effects of beetroot juice and caffeine co-ingestion during a team-sport-specific intermittent

- exercise test in semi-professional soccer players: a randomized, double-blind, placebo-controlled study. *BMC Sports Sci Med Rehabil* [Internet]. 2022;14(1):52. Available from: <https://doi.org/10.1186/s13102-022-00441-1>
178. Glaister M, Pattison JR, Muniz-Pumares D, Patterson SD, Foley P. Effects of dietary nitrate, caffeine, and their combination on 20-km cycling time trial performance [Internet]. Available from: [www.nscs.com](http://www.nscs.com)
  179. Astorino TA, Roberson DW. Efficacy of acute caffeine ingestion for short-term high-intensity exercise performance: a systematic review [Internet]. Available from: [www.nscs-jscr.org](http://www.nscs-jscr.org)
  180. Eston R. Use of Ratings of Perceived Exertion in Sports. Vol. 7, *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 2012.
  181. Oskarsson J, McGawley K. No individual or combined effects of caffeine and beetroot-juice supplementation during 1 submaximal or maximal running 2 3. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* Downloaded from [www.nrcresearchpress.com](http://www.nrcresearchpress.com) by UNIVERSITY OF OREGON on.
  182. Faber MS, Jetter A, Fuhr U. Assessment of CYP1A2 activity in clinical practice: Why, how, and when? Vol. 97, *Basic and Clinical Pharmacology and Toxicology*. 2005. p. 125–34.
  183. Tetik Dündar S. Dayanıklılık Sporcularında CYP1A2 Geninin Kafein Metabolize Aktivitesi ve Performans Etkisi. 2019.
  184. Wolfarth B, Rankinen T, Mühlbauer S, Ducke M, Rauramaa R, Boulay MR, et al. Endothelial nitric oxide synthase gene polymorphism and elite endurance athlete status: The Genathlete study. *Scand J Med Sci Sports*. 2008 Aug;18(4):485–90.
  185. Lidder S, Webb AJ. Vascular effects of dietary nitrate (as found in green leafy vegetables and beetroot) via the nitrate-nitrite-nitric oxide pathway. *Br J Clin Pharmacol*. 2013 Mar;75(3):677–96.
  186. Trittman JK, Zmuda EJ, Gastier-Foster JM, Vieland VJ, Klebanoff MA, Rogers LK, et al. Biomarkers in the arginine metabolome predict pulmonary hypertension in patients with bronchopulmonary dysplasia. *Nitric Oxide*. 2014 Nov;42:102.
  187. HEIL DP. Body mass scaling of peak oxygen uptake in 20- to 79-yr-old adults. *Med Sci Sports Exerc* [Internet]. 1997;29(12). Available from: <https://journals.lww.com/acsm>
  188. Cavill N, Biddle S, Sallis JF. Health Enhancing Physical Activity for Young People: Statement of the United Kingdom Expert Consensus Conference. Vol. 13, *Pediatric Exercise Science*. Human Kinetics Publishers, Inc; 2001.
  189. Mathisen TF, Ackland T, Burke LM, Constantini N, Haudum J, Macnaughton LS, et al. Best practice recommendations for body composition considerations in sport to reduce health and performance risks: A critical review, original survey and expert opinion by a subgroup of the IOC consensus on Relative Energy Deficiency in Sport (REDs). Vol. 57, *British Journal of Sports Medicine*. BMJ Publishing Group; 2023. p. 1148–58.
  190. Carvalho de Moura R, de Moura Costa C, Pinheiro Ferreira C, Lorena Soares Cavalcante Sousa B, Caline Dos Santos L, da Silva Pinheiro M, et al. Body composition and physical performance of mountain bike athletes. *Sci Rep*. 2025 Dec 1;15(1):3329.

191. Sietsema KE, Stringer WW, Sue DY; W. Wasserman & Whipp's Principles of Exercise Testing and Interpretation. Lippincott Williams & Wilkins (LWW); 2020.
192. Figueiredo Machado CL, Nakamura FY, de Andrade MX, dos Santos GC, Carlet R, Brusco CM, et al. Total and regional body composition are related with aerobic fitness performance in elite futsal players. *J Bodyw Mov Ther* [Internet]. 2023 Jul 1;35:164–8. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2023.04.030>
193. Investigation of The Body Composition And Maximal Oxygen Consumption Capacity Of Elite Boxing And Wrestling Athletes. 2020; Available from: <http://dergipark.gov.tr/tсед>
194. Nutrition and Athletic Performance. *Med Sci Sports Exerc*. 2016 Mar 1;48(3):543–68.
195. Nutrition and Athletic Performance Joint Position Statement. Available from: [www.eatright.org/cps/rde/xchg/ada/hs.xsl/](http://www.eatright.org/cps/rde/xchg/ada/hs.xsl/)
196. Logue DM, Madigan SM, Melin A, Delahunt E, Heinen M, Mc Donnell SJ, et al. Low energy availability in athletes 2020: An updated narrative review of prevalence, risk, within-day energy balance, knowledge, and impact on sports performance. Vol. 12, *Nutrients*. MDPI AG; 2020.
197. Amawi A, AlKasasbeh W, Jaradat M, Almasri A, Alobaidi S, Hammad AA, et al. Athletes' nutritional demands: a narrative review of nutritional requirements. Vol. 10, *Frontiers in Nutrition*. Frontiers Media SA; 2023.
198. Kerksick CM, Wilborn CD, Roberts MD, Smith-Ryan A, Kleiner SM, Jäger R, et al. ISSN exercise & sports nutrition review update: Research & recommendations. Vol. 15, *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. BioMed Central Ltd.; 2018.
199. Economos CD, Bortz SS, Nelson ME. *Nutritional Practices of Elite Athletes Practical Recommendations*. Vol. 16, *Sports Medicine*. 1993.
200. Kerksick CM, Arent S, Schoenfeld BJ, Stout JR, Campbell B, Wilborn CD, et al. International society of sports nutrition position stand: Nutrient timing. Vol. 14, *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. BioMed Central Ltd.; 2017.
201. Hassapidou M. Carbohydrate requirements of elite athletes. *Br J Sports Med* [Internet]. 2011;45(2):e2–e2. Available from: <https://bjsm.bmj.com/content/45/2/e2.17>
202. Burke LM, Manore MM. Nutrition for sport and physical activity. In: *Present Knowledge in Nutrition: Clinical and Applied Topics in Nutrition*. Elsevier; 2020. p. 101–20.
203. Burke LM, Cox GR, Cummings NK, Desbrow B. Guidelines for Daily Carbohydrate Intake Do Athletes Achieve Them?
204. Campbell B, Kreider RB, Ziegenfuss T, Bounty P La, Roberts M, Burke D, et al. International Society of Sports Nutrition position stand: protein and exercise. *J Int Soc Sports Nutr* [Internet]. 2007;4(8). Available from: <http://www.jissn.com/content/4/1/8>
205. Fiol-Martínez L, Calleja-Fernández A, Pintor de la Maza B, Vidal-Casariago A, Villar-Taibo R, Urioste-Fondo A, et al. Comparison of two nutritional screening tools to detect nutritional risk in hematologic inpatients. *Nutrition*. 2017 Feb 1;34:97–100.
206. Pramuková B, Szabadosová V, Šoltéssová A. Current knowledge about sports nutrition. Vol. 4, *Australasian Medical Journal*. 2011. p. 107–10.

207. Kiens B, Helge JW. Effect of high-fat diets on exercise performance. *Proceedings of the Nutrition Society*. 1998 Feb;57(01):73–5.
208. Sawka MN, Burke LM, Eichner ER, Maughan RJ, Montain SJ, Stachenfeld NS. Exercise and fluid replacement. *Vol. 39, Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2007. p. 377–90.



## **8 EKLER**

### **EK 1. Etik Kurulu Kararı**

#### **EK 1. Etik Kurul Kararı (devam)**

#### **EK 2. Araştırmaya Gönüllü Katılım Formu**

Bu araştırma, Acıbadem Üniversitesi Beslenme ve Diyetetik bölümü Doktora öğrencisi Müge Özyurt tarafından Doç. Dr. Gözde Arıtcı Çolak danışmanlığındaki doktora tezi kapsamında yürütülmektedir. Bu form sizi araştırma koşulları hakkında bilgilendirmek için hazırlanmıştır.

#### **Çalışmanın Amacı Nedir?**

Bu çalışma sporcu performansını desteklediği çeşitli bilimsel araştırmalar tarafından incelenen pancar suyu ve kafeinli kahvenin rekreasyonel sporcularda aerobik ve anerobik performansa etkilerinin değerlendirilmesi amacıyla planlanmıştır. Beslenmenin önemi sporcu açısından açık bir şekilde ortadadır ve son güncel bilgiler kullanılarak, fiziksel veya bilişsel performans artırılarak rakiplere göre avantaj sağlanabilir. Araştırma sonucunda, kafeinin ve pancar suyunun ergojenik etkisinin büyüklüğünü etkileyebilecek muhtemel parametrelerin çoğu ve en önemlileri test edilecek ve sporcuya özgü ergojenik besin takviyesi alım stratejilerinin belirlenmesinde önemli bir boşluğu dolduracağı düşünülmektedir.

## **Bize Nasıl Yardımcı Olmanızı İsteyeceğiz?**

Araştırmaya katılımınız araştırmanın başarısı için önemlidir. Sizin de bu araştırmaya katılmanızı öneriyoruz. Ancak hemen söyleyelim ki bu araştırmaya katılıp katılmamakta serbestsiniz.

Eğer araştırmaya katılmayı kabul ederseniz, sizden 15 kişiden oluşan bir çalışma grubuna katılmanız beklenmektedir. Yaklaşık olarak bir ay sürmesi beklenen bu çalışmada ilk aşamada araştırmacı tarafından sporcular üzerinde yapılmış benzer çalışmalar ve literatürden yararlanılarak hazırlanan bir anket formunu uygulanacaktır. Bu form sosyo-demografik bilgiler, sağlık durumu, antrenman geçmişi, beslenme durumu ve antropometrik ölçüm (boy uzunluğu, vücut ağırlığı) bilgilerini

### **EK 2. Araştırmaya Gönüllü Katılım Formu (devam)**

içermektedir. Daha sonrasında, çalışmanın 1., 2., 3. ve 4. aşamasında aerobik ve anaerobik performans ölçümlerinizi yapabilmek için 20m-mekik koşusu testi, dikey sıçrama testi uygulanacak ve bu testler sırasında kalp atım hızınız ölçülecek. İlave olarak, yorgunluk derecenizin belirlenmesi için size bir ölçek sorularak alıgilanan zorluk derecesi belirlenecektir.

### **Sizden Topladığımız Bilgileri Nasıl Kullanacağız?**

Araştırmaya katılımınız tamamen gönüllülük temelinde olmalıdır. Çalışmada sizden kimlik veya kurum belirleyici hiçbir bilgi istenmemektedir. Cevaplarınız tamamıyla gizli tutulacak ve sadece araştırmacılar tarafından değerlendirilecektir. Katılımcılardan elde edilecek bilgiler toplu halde değerlendirilecek ve bilimsel yayımlarda kullanılacaktır. Kararınızdan önce araştırma hakkında sizi bilgilendirmek istiyoruz. Bu bilgileri okuyup anladıktan sonra araştırmaya katılmak isterseniz formu imzalayınız.

**Katılımla ilgili bilmeniz gerekenler:**

Çalışma genel olarak kişisel rahatsızlık verecek sorular veya uygulamalar içermemektedir. Ancak, katılım sırasında sorulardan ya da herhangi başka bir nedenden ötürü kendinizi rahatsız hissederseniz çalışmayı yarıda bırakıp çıkmakta serbestsiniz. Böyle bir durumda çalışmayı uygulayan kişiye çalışmadan çıkmak istediğinizi söylemek yeterli olacaktır. Bu araştırma kapsamında size bir ücret ödenmeyecek ve sizden bir ücret talep edilmeyecektir.



**EK 2. Araştırmaya Gönüllü Katılım Formu (devam)**



### EK 3. Anket Formu

#### Rekreasyonel Sporcularda Akut Olarak Alınan Pancar Suyu ve Kafeinli Kahvenin Aerobik ve Anaerobik Performans Üzerine Etkisinin Değerlendirilmesi

<b>Anket No:</b>	<b>Tarih:</b> ..... / ..... /20..
<b>Demografik Özellikler</b>	
1. Doğum tarihi:	Yaş:
2. Cinsiyetiniz a. Kadın b. Erkek	
3. Medeni durumunuz nedir? a. Evli b. Bekar	
4. Eğitim durumunuz nedir? a. Lise mezunu b. Önlisans c. Lisans d. Lisansüstü	
5. Mesleğiniz?	
6. Sosyo-ekonomik durumunuzu nasıl tanımlarsınız? a. İyi.      c. Orta      c. Kötü	

### EK 3. Anket Formu (devam)

<b>Antropometrik Ölçümler</b>	
7. Katılımcıya ait antropometrik ölçümler ve Biyolektirik empadans analizi	
Boy (cm)	
Vücut Ağırlığı (kg)	
BKI:	
Vücut Yağ Oranı (%)	
Yağ Kütlesi (Kg)	
Kas Kütlesi (Kg)	
Kemik Kütlesi	
Bazal Metabolizma Hızı (Bmh)	
Vücut Su Oranı (%)	
Sıvı Kütlesi:	
Deri Kıvrım Kalınlıkları	
Subscapular	
Triceps	
Biceps	
Göğüs	
Midaxiller	
Suprailiak	
Abdominal	
Uyluk	
<b>Genel Sağlık Durumu</b>	
<b>8. Genel Sağlıkınızı nasıl tanımlarsınız?</b> a. Mükemmel b. Çok iyi c. İyi d. Orta e. Kötü	
9. Kronik hastalığınız var mı? a. Evet b. Hayır Varsa lütfen belirtiniz.....	

### EK 3. Anket Formu (devam)

10. Düzenli kullandığınız bir ilaç var mı?

- a. Evet
- b. Hayır

Varsa belirtiniz: .....

11. Düzenli kullandığınız besin takviyesi veya ergojenik destek var mı?

- a. Evet
- b. Hayır

Varsa hangi ürün / ürünleri kullandığınızı belirtiniz: .....

Besin Desteği	Evet	Hayır
Whey Proteini		
Karbonhidrat tozu (weight gainer)		
BCAA (Dallı zincirli aminoasitler)		
Arjinin		
Glutamin		
Kreatin		
L-karnitin		
Sporcu içeceği		
Enerji jeli		
Protein bar		
C vitamini		
D vitamini		
Kalsiyum		
Magnezyum		
B12 vitamini		
Multivitamin-mineral		
Diğer (.....)		

#### Fiziksel Aktivite Durumu

12. Haftada kaç kez antrenman yapıyorsunuz?

- ( ) Haftada 5 kez      ( ) Haftada 3-4 kez      ( ) Haftada 1-2 kez      ( ) Hiç

13. Antrenman süreniz kaç dakika?

### EK 3. Anket Formu (devam)

14. Aktivite düzeyinizi nasıl tanımlarsınız? a. Hafif aktif b. Aktif c. Çok aktif
15. Herhangi bir spor yaralanması geçirdiniz mi? a. Evet b. Hayır Varsa belirtiniz: .....
<b>Beslenme Alışkanlıkları</b>
16. Genellikle günde kaç öğün yemek yersiniz? ..... Ana öğün (Sabah, öğle, akşam) ..... Ara öğün (Kuşluk, ikindi, gece)
17. Genellikle Öğün atlar mısınız? a. Evet b. Hayır Cevabınız 'Evet' ise hangi öğünü atlarsınız?
18. Öğün atlama nedeniniz nedir? (En fazla 3 seçenek işaretleyiniz.) a. Zaman yetersizliği b. Alışkanlığım yok c. Canım istemiyor, iştahım yok d. Unuttuğum için e. Diğer (..... )
19. Günlük ortalama kaç bardak su tüketirsiniz? ..... Su bardağı veya ..... ml
20. Uyguladığınız herhangi bir diyet var mı? a. Evet b. Hayır
21. Daha önce sporcu beslenmesi konusunda herhangi bir uzman desteği aldınız mı? a. Evet b. Hayır Cevabınız 'evet' ise hangi uzmandan bu desteği aldınız? 1.Diyetisyen 2. Doktor 3. Antrenör 4.Diğer (.....)

### EK 3. Anket Formu (devam)

Anket formu – devam

#### Besin tüketim günlüğü

Öğün	Besin / İçecek	Porsiyon Büyüklüğü
Kahvaltı:		
Ara:		
Öğle:		
Ara:		
Akşam:		
Ara:		

#### **EK 4. Araştırma Sürecinde Dikkat Edilmesi Gerekenler**

- Test gününden 24 saat önce herhangi bir egzersiz yapılmamalıdır. Test günü öncesinde iyi bir uyku alınmalı ve dinlenmiş olunmalıdır.
- Testten 48 saat önce alkol tüketiminden kaçınılmalıdır. Aynı şekilde, herhangi bir enerji içeceği veya uyarıcı madde tüketimi de sınırlandırılmalıdır.
- Test gününden en az 24 – 48 saat önce aşağıda belirtilen kahve, çikolata, kakao gibi kafein ve pancar, ıspanak gibi yüksek nitrat içeren yiyecek/içecek tüketiminden kaçınmalısınız.
- Test günlerinde ve öncesinde yeterli su içilmelidir. Ortalama bir sporcu için günlük su ihtiyacı, ağırlık, yaş, cinsiyet, antrenman yoğunluğu, çevresel koşullar gibi faktörlere göre değişir. Harcanan her bir kilo kalori için 1 ml sıvı alımı önerilmektedir. Erkek sporcular için tüm içecekler ve yiyeceklerden gelen sıvı dahil günde yaklaşık 3- 3,5litre olmalıdır (208)
- NATA'nın önerileri doğrultusunda, egzersizden 2 ila 3 saat önce yaklaşık 500–600 ml su, egzersizden 10 ila 20 dakika önce ise ek olarak 200–300 ml su tüketilmelidir (139)
- Test günlerinde sporcuların diyetleri bireysel farklılıkları engellemek için standart hale getirilecek ve her test gününden 48 saat öncesi aynı miktarda ve besin değerinde (enerji, karbonhidrat, protein, yağ vb.) beslenmeleri gerektiği bilgisi verilmiştir
- Testten önceki günler gün kas glikojen depolarını optimize etmeniz için karbonhidrattan zengin, yeterli kadar protein içeren ve az yağlı bir diyet tercih edilmelidir (202) Tam tahıllar, kurubaklagiller, sebze ve meyveler gibi kompleks karbonhidratlar yer almalıdır. Yağsız et, tavuk, balık ve az yağlı süt ürünleri olabilir.
- Test gününden 24 saat öncesine kadar anti bakteriyel ağız temizleme suyu kullanmaktan ve klorheksidin ve ksilitol gibi bakteri yok edici bir maddeyi içerebilecek şeker ve sakız çiğnemekten kaçınmalısınız

#### **EK 4. Araştırma Sürecinde Dikkat Edilmesi Gerekenler (devam)**

- Pancar suyunun nadir görölen olası yan etkileri (gastrointestinal semptomlar, idrar ve dışkıdaki kırmızı – pembe görünümlü) olabilmesi normaldir. Herhangi bir sağlık riski oluşturmamaktadır.
- Test günleri aç karnına ve sıvı ihtiyacı karşılanmış olarak Acıbadem Sports Sporcu Sağlığı Merkezi'ne gelinmelidir.
- Her bir test gününde, testlere başlamadan önce katılımcılara bu 48 saat öncesi kurallarına dikkat edip etmedikleri sözlü olarak sorulacaktır.



## EK 5. Algılanan Zorluk Derecesi Ölçeği

### Borg Yorgunluk Ölçeği (66)

SKOR	ZORLANMA DERGESİ	1-10 SKALA
6		1
7	Çok Hafif	
8		2 – 3
9	Çok Hafif	
10		
11	Oldukça Hafif	4 – 6
12		
13	Biraz Zor	
14		
15	Zor	7 – 8
16		
17	Çok zor	
18		9
19	Çok çok zor	
20	Maksimal Efor	

## 9 ÖZGEÇMİŞ



