

Besinsel Nitrat Takviyesinin Anaerobik Performans Üzerine Etkileri

Elif TAŞKUYU* 

Akdeniz Üniversitesi Spor bilimleri Fakültesi, ANTALYA

DOI: 10.31680/gaunjss.805351

Derleme Makale / Review Article

Geliş Tarihi / Received: 05.10.2020

Kabul Tarihi / Accepted: 04.11.2020

Yayın Tarihi / Published: 14.12.2020

Öz

Besinsel nitrat önerilen ergojenik özellikleri nedeniyle popüler bir spor takviyesi haline gelmiştir. Besinsel nitrat takviyesinin egzersiz performansı üzerine etkileri nitrik oksit (NO) biyo yararlanımını artırma kapasitesine atfedilmiştir. Literatürdeki çalışmalar besinsel nitratın metabolizmada bazı yollarla NO 'ya dönüşmesiyle, tüketiminin yüksek yoğunluklu yüklenmelere etkisi olabileceğini göstermektedir. Bu çalışmada besinsel nitrat takviyesinin anaerobik sportif performansa etkileri incelenecek ve etki mekanizmaları açıklanmaya çalışılacaktır. **Anahtar Kelimeler:** Nitrat, Pancarsuyu, Nitrik oksit, Anaerobik.

Effects of Dietary Nitrate Supplementation on Anaerobic Performance

Abstract

Dietary nitrate has become a popular sports supplement due to its recommended ergogenic properties. The effects of dietary nitrate supplementation on exercise performance have been attributed to its capacity to increase nitric oxide (NO) bioavailability. Studies in the literature show that dietary nitrate consumption may have an effect on high intensity loads. In this study, to examine the effects of dietary nitrate supplements on anaerobic sportive performance is to reveal the mechanisms of action.

Keywords: Nitrate, Beetroot juice, Nitrite oxide, Anaerobic.

Giriş

Doğal olarak oluşan, gıdalarda bulunan inorganik nitrat (NO^{3-}) besinsel nitrat olarak adlandırılır. Çoğu zaman, yiyeceklerin içeriğinde tüketildiği için, besinsel nitrat organik olduğu hakkında bir yanlış anlaşılma vardır. Kimyasal olarak “organik” teriminin genel olarak bir karbon atomu içeren bileşiklerle ilgili olduğunu hatırlamak önemlidir. Besinsel nitrat bir azot atomu ve üç O_2 atomundan oluşur ve bu nedenle inorganik olarak sınıflandırılır. Nitrat özellikle (%80 oranında) ıspanak, marul, roka ve pancar gibi yeşil yapraklı sebzelerin sindiriminden elde edilir (Hord ve ark., 2009). NO^{3-} kendi başına vücutta yararlı etkiler oluşturabilen bir bileşik değildir ancak pozitif

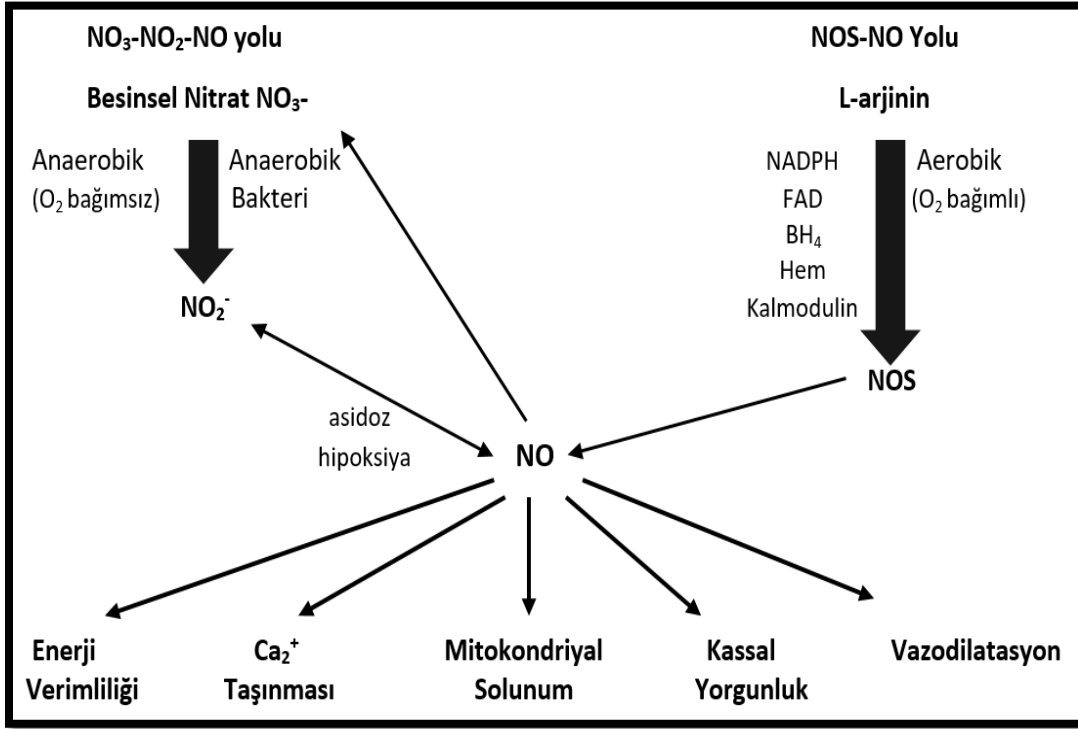
* Sorumlu Yazar: Elif TAŞKUYU

E-mail: elif.taskuyu@hotmail.com

fizyolojik etkiler üreten biyoaktif molekül olan nitrik oksit için kaynak olabilir (Pinder, 2018).

NO^{3-} suyu içerisinde bol miktarda besinsel nitrat bulundurmaktadır. Günümüzde pancar suyu (PS) içerisinde bulunan besinsel nitratın, vücuttaki nitrik oksit (NO) miktarını arttırmasından dolayı sporcuların performansını yükseltmek amaçlı kullandıkları bilinmektedir. 100 gram Pancarda 250 mg Nitrat bulunmaktadır ve bu değer bazı diğer kaynaklardan çok daha yüksektir (Ormsbee ve ark., 2013). Sindirilen NO^{3-} maddesinin insanlarda NO öncüsü olduğu çalışmalarla gösterilmiştir (Maughan ve ark., 2018). Dolaşımdaki NO^{3-} ün yaklaşık % 25'i Sialin tarafından kolaylaştırılan bir işlemde tükürük bezi asiner hücreleri tarafından alınır. Özellikle dilin arka tarafındaki bulunan oral mikroorganizmalar NO^{3-} 'nin nitrit'e (NO^{2-}) indirgenmesini başlatırlar daha sonra mide ve bağırsakta bu nitrit NO' ya dönüşebilir ve hipoksik koşullar altında emilebilirler (Lundberg ve ark., 2008; Qu ve ark., 2016; Tiso ve ark., 2015). Bağırsaklara ulaşan geri kalan NO^{3-} ve NO^{2-} moleküllerinin çoğu, kandaki NO düzeylerini arttıran bu organ tarafından emilir (Qu ve ark., 2016). NO, vazodilatasyon indüklemeye, kan viskozitesini azaltma ve kas oksijen perfüzyonu'nu ve gaz değişimini destekleme etkileriyle çeşitli egzersiz adaptasyon faydaları sunmaktadır (Ferguson ve ark., 2013; Erzurum ve ark., 2007). İskelet kasında NO oksidatif stres üretimini azaltır ve mitokondriyal biyogenez ve etkinliği arttırır (Pinna ve ark., 2014). Ayrıca NO kas kasılması sırasında kuvvet ve güç üretimini arttırarak ATP' nin sentezlenmesi için gereken oksijenin yanı sıra ihtiyaç duyulan ATP' nin maliyetini de azaltabilir (Haider ve Folland, 2014; Coggan ve ark., 2015; Whitfield ve ark., 2016).

Memeli fizyolojisinde, NO kan basıncını düşürebilen ve kan akışını iyileştirebilen vasküler dokunun gevşemesini uyararak vazodilatör olarak tanımlanan bir sinyal molekülüdür (Bailey ve ark., 2012). NO, vücutta çok çeşitli diğer önemli ve faydalı fonksiyonlara sahip insan tıbbi ve fizyolojisinde en çok araştırılan moleküller arasındadır. Vücuttaki bazı temel fonksiyonları şunlardır: antimikrobiyal E.coli ve Salmonella gibi bazı insan patojenleri için toksiktir (Dykhuizen ve ark., 1996), kas hasarından sonra iskelet kası uydu hücresi aktivasyonu (Anderson, 2000), iskelet kası tarafından glikoz alımı (Merry ve ark., 2010), sarkoplazmik retikulum ile kalsiyum mobilizasyonu (Ca^{2+}) (Hart ve Dulhunty 2000), nörotransmisyon (Garthwaite 2008), iskelet kası yorgunluğu (Percival ve ark., 2010) ve mitokondriyal solunum (Brown ve Cooper, 1994) gibi mekanizmalarda etkisi bulunmaktadır.



İnsanlarda nitrik oksit (NO) oluşumundan sorumlu yolların şeması. (Pinder 2018)

Besinsel Nitratın Vücutta Fizyolojik Etkileri

Atletik popülasyonlarla ilgisi olan NO, VO_2 maksimumunu artırabilir ve O_2 egzersiz maliyetini azaltabilir (Bailey ve ark., 2009). Genel olarak, gaz değişim eşiğinin (GET) üzerindeki yüksek O_2 egzersiz maliyetini çok iyi antrenmanlar ile artırılabilirdiğinden (Jones ve Poole, 2005), NO düzeylerinin artmasının O_2 maliyetini azaltabileceği gerçeği her tür sporcu için büyük önem taşımaktadır. Diğer bir deyişle NO bireyin aynı miktarda çalışmayı daha az O_2 ile gerçekleştirmesine izin verir, bu da egzersiz stresi altında olduğu gibi hipoksik koşullarda oldukça faydalıdır. NO'nun iç mitokondriyal zardan proton sızıntısını bir şekilde azaltması da mümkün olduğu düşünülmektedir. Mitokondriyal solunum sırasında, hidrojen iyonlarını iç zardan zarlar arası boşluğa pompalamak için enerji kullanılır. İç mitokondriyal zar biraz geçirgendir ve hidrojen iyonlarının bir kısmının mitokondriyal matrikse geri sızmasına izin verir, etkili bir şekilde enerji harcar ve mitokondrinin güç çıkışını azaltır (Larsen ve ark., 2011). Dinlenmede, bu sızıntı fenomeni enerji harcamasının %25' inden sorumludur (Rolfe ve ark., 1994). Bazı proteinler, daha fazla protonun sızmasına izin veren mitokondri duvarının geçirgenliğini artırabilir ve adenosin nükleotit translokaz (ANT), bu proteinlerin en kuvvetli olanlarından biridir. NO, ANT ekspresyonunu önemli ölçüde düşürerek daha az proton sızıntısı (Brand ve Esteves, 2005) ve mitokondri

içinde daha verimli enerji üretimi sağlayarak fiziksel iş yapmak için gereken O₂ miktarını azaltır. İkincil bir teori; NO, elektron taşıma zincirinin sonunda O₂ yerine ikincil bir elektron alıcısı olarak işlev görür ve aynı miktarda adenozin trifosfatın (ATP) daha az O₂ ile üretilmesine veya hipoksik koşullarda ATP üretiminin daha verimli devam etmesine izin verir (Basu ve ark., 2008). Bu mekanizma potansiyel olarak iskelet kasında O₂ ve ATP kuvvet üretim maliyetini azaltabilir ve tip 2 kas liflerinde hücre içi Ca²⁺ kullanımının modifikasyonu kas gücünün artmasına yol açabilir (Pinder, 2018).

Pancarsuyu takviyesinin ergojenik etkisi başlangıçta dayanıklılık performansı üzerine metabolik adaptasyonlar açısından gözlenmiştir (Domínguez ve ark., 2017). Bununla birlikte, PS 'nun aerobik performans üzerindeki bilinen etkisine rağmen, son veriler NO³⁻ zengin takviyelerinin anaerobik egzersiz üzerindeki potansiyel etkisini göstermektedir (Thompson ve ark., 2019). İlginç bir şekilde, PS 'nun gözlenen yararları tip II kas liflerini daha fazla etkilemektedir (Ferguson ve ark., 2013). Bu liflerde NO, kalsequestrin upregülasyonu yoluyla sarkoplazmaya kalsiyum salınımını uyarmakta (Hernández ve ark., 2018) ve fosfokreatin yıkım oranını düşürerek çeşitli egzersiz yoğunluğu aralıklarında ATP maliyetini azaltmaktadır (Jones ve ark., 2016). Sprint egzersizi sırasında (>% 100 VO₂max), tip II kas lifleri asıl olarak yüksek kas kasılma ihtiyacını karşılar. Bu glikolitik liflerde, egzersiz oksidatif liflere kıyasla pH'ı daha düşük seviyelere indirir ve asiditeyi artırır. Hücre içi asitlik ayrıca NO²⁻'nin NO'ya indirgenmesini de teşvik eder (Lundberg ve ark., 2008). Buna karşılık, NO mevcudiyetindeki artış, güç üretimini geliştirerek ve bu egzersiz modunun neden olduğu yorgunluğu hafifleterek elde edilen sprint egzersizinde PS takviyesinin ergojenik bir etkisinin sonucu olarak her kas kasılmasının gerektirdiği ATP ve fosfokreatini azaltabilir (Domínguez ve ark., 2017; Domínguez ve ark., 2018).

Anaerobik Egzersiz ve Nitrat İlişkisi

Patlayıcı yüklenmelerin ana enerji metabolizması yolunun yüksek enerjili fosfojen sistemi olduğu ayrıca glikoliz ve oksidatif fosforilasyonun bir miktar katılımının olduğu 6 saniyenin altında devam eden yüklenmelerdir (Gaitanos ve ark., 1993). Yüksek yoğunluklu yüklenmeler ise, glikolitik metabolizmanın önemli bir katkısının olduğu, yüksek enerjili fosfojenlerin ve oksidatif fosforilasyonun ise daha az katılımını içeren 6 ila 60 s arasında süren yüklenmelerdir (Chamari ve ark., 2015). Yüksek yoğunluklu yüklenmelerde ana enerji metabolizmasının oksidasyon

reaksiyonlarından bağımsız olması ve bu tip egzersiz hareketlerinin yürütülmesi sırasında, kas ve venöz ve kılcal kandaki kısmi oksijen ve pH basıncında bir düşüşün oluşturduğu (Richardson ve ark., 1995) koşullar Nitrit'in NO'ya indirilmesini destekler (Lundberg ve ark., 2008). Bu nedenle, dayanıklılık yüklenmeleriyle karşılaştırıldığında, yüksek yoğunluklu yüklenmelerin potansiyel olarak PS desteğine yanıt olarak kan NO konsantrasyonlarını artırma kapasitesinin daha fazla olduğu düşünülmektedir. Hayvan çalışmaları nitrat takviyesinin tip II kas lifi tiplerinin etkisini olumlu yönde arttırabildiğini (Hernández ve ark., 2012) ve daha çok tip II kas liflerine kan akışını arttırabildiğini göstermektedir (Ferguson ve ark., 2013). Maksimum güç elde edilen fiziksel faaliyetler sırasında tip II kas liflerinin kullanımının ağırlıklı olmasından dolayı, hayvanlar üzerindeki bu çalışmaların sonuçları araştırmacıların insanlarda nitratın yüksek yoğunluklu faaliyetler üstündeki etkilerinin araştırılmasını teşvik etmektedir. Son çalışmalar nitrat takviyesinin anaerobik tip egzersiz sırasında performans faydaları sağlayabileceğine dair ön kanıtlar sunduğundan daha spesifik olarak izole anaerobik aktivite yüklenmelerine odaklanmıştır (Kramer ve ark., 2016).

Nitrat Takviyesinin anaerobik enerji mekanizmasına bağlı performansına etki ettiğini inceleyen çalışmalar				
Kaynak	Katılımcılar	Takviye şekli	Test protokolü	Sonuç
Rothwell ve Alkhatib (2014)(poster)	Sağlıklı bireyler (12 erkek)	-70 ml (6.2 mmol NO ₃ ⁻) -Konsantre PS -Testten 2,5 saat önce	30 s. Wingate test protokolü	Ortalama güç, zirve güç parametrelerinde PS takviyesi lehine anlamlı bir fark., bildirilmiştir
Byrne ve ark., (2014) (özet)	Aktif sağlıklı birey (8 erkek)	-250 ml ve 500 ml PS -Testten 2 saat önce	Modifiye edilmiş 30 s. Wingate test protokolü.	Ortalama güç, zirve güç parametrelerinde anlamlı bir fark., bildirilmemiştir
Wylie ve ark., 2016	Rekreasyonel aktif takım sporcuları (10 erkek)	-5 gün boyunca test günleri 2x70 ml (8.2 mmol NO ₃ ⁻) -Konsantre PS -Testten 2,5 saat önce -Test olmayan gün sabah ve akşam 1x70 ml konsantre PS	24x 6 s. (24 s dinlenme) ve 7 x 30-s (240s dinlenme) aralıklı bisiklet yüklenmesi protokolü	24x 6 s. protokolünde Relatif ortalama güç anlamlı yüksek ancak 7 x 30-s protokolünde anlamlı fark., bulunamamıştır
Kramer ve ark., (2016)	CrossFit sporcuları (12 erkek)	-2x4 (8 mmol-gün ⁻¹ potassium NO ₃ ⁻) (kapsül sabah ve akşam 6 gün boyunca -Son kapsül testten 24 saat önce tüketilmiştir	30 s. Wingate test protokolü	Zirve güç PS takviyesiyle artış göstermiştir
Zamzow 2017	Hokey oyuncusu (14 erkek)	--496 mg pancar tozu (~8 mmol NO ₃ ⁻) -Testten 3 saat önce	30 s. ve 60 s. Wingate test protokolü	Ortalama güç, zirve güç parametrelerinde PS takviyesi lehine anlamlı bir fark., bulunamamıştır
Dominguez ve ark., (2017)	Elit olmayan Antrenmanlı bireyler (15)	-70 ml (5.6 mmol NO ₃ ⁻) -Konsantre PS -Testten 3 saat önce	30 s. Wingate test protokolü	PS grubunda zirve güç anlamlı şekilde yükselmiştir. 0-15 saniye arası ortalama

	erkek)			güç PS anlamlı yükselmiştir.
Cuenca ve ark., 2018	Kuvvet antrenmanı sporcusu (15 erkek)	-70 ml (6.4 mmol NO ³⁻) -Konsantre PS -Testten 3 saat önce	30 s. Wingate test protokolü	PS takviyesinin ortalama güç, zirve güç parametrelerinde anlamlı bir fark., bulunmuştur. Zirve güce ulaşma süresi anlamlı azalmıştır.
Bernardi ve ark., 2018	İyi antrenmanlı karma dövüş sanatı sporcusu (10 erkek)	-7 gün boyunca -400 mL (9.3 mmol NO ³⁻) PS -Testten 2 saat önce	20x 6 s. (24 s dinlenim) aralıklı bisiklet yüklenmesi protokolü	Relatif ortalama güç, Relatif zirve güç parametrelerinde anlamlı bir fark., bildirilmemiştir
Jonvik ve ark., 2018	10 elite (5 Erkek ve 5 kadın), 22 yarışmacı (14 erkek ve 8 kadın) ve 20 Rekreatif aktif birey (10 erkek ve 10 kadın)	-6 gün boyunca 140 mL PS	3x 30 s. (4 dk. aktif dinlenme) Wingate test protokolü	Ortalama güç, zirve güç parametrelerinde anlamlı bir fark., bildirilmemiştir. Sporcu seviyeleri arasında takviyeler anlamlı fark., yaratmamıştır. Zirve güce ulaşma süresi anlamlı PS takviyesinde düşüş göstermiştir.
Tatlıcı et al (2019)	Elit boksör (8 erkek)	(2 ml/kg vücut ağırlığı) -Konsantre PS -Testten 2,5 saat önce	30 s. Kol Wingate test protokolü	PS takviyesinde ortalama güç, zirve güç parametrelerinde anlamlı bir düşüş bulunmuştur.
Santana ve ark., 2019	8 PS grubu 8 kontrol grubu	-30 gün -nitrate plus 5 g (~12 mmol NO ³⁻) kapsül	60 s. Wingate test Protokolü Takviyesi öncesi 1.2.3.4. test	Ortalama güç açısından gruplar arasında fark., bulunmuştur.
Jodra ve ark., 2019 (özet)	15 birey	-Belirtilmemiş	30 s. Wingate test protokolü	Zirve güç parametrelerinde ve zirve güce ulaşma zamanı PS takviyesi lehine anlamlı bir fark., bildirilmiştir
Palevo ve ark., 2019 (özet)	21 bisikletçi 16 erkek 5 kadın	-Miktar belirtilmemiş -testten 2 saat önce	Bisiklet yüklenmesi testi (protokol belirtilmemiş)	PS takviyesi anaerobik eşiği yükselttiği belirtilmiştir.
Çetinkaya 2019	Erkek voleybolcu (11)	-6 gün boyunca -2x70 ml (~12,8 mmol) -Testten 2,5 saat önce	Dikey sıçrama testi	PS takviyesi anaerobik güce anlamlı düzeyde etki etmemiştir.

Akut diyet nitrat takviyesinin yaş ortalamaları 12 erkek bireyin 30 saniyelik Wingate performansına etkisini inceleyen bir çalışmada 70 ml (6.2 mmol) PS takviyesinden iki buçuk saat sonra yapılan 30 saniyelik bacak Wingate anaerobik testi sonunda pancar suyu takviyesi alan grubun zirve güç 796±140 W iken plasebo (PLS) takviyeli grubun zirve güç 770±133 W, PS takviyesi alan grubun ortalama güç 652±100 W iken plasebo takviyeli grubun ortalama güç 636±97 W olarak belirtilmiştir. PS takviyesinin ortalama ve zirve anaerobik güç düzeylerinde anlamlı olarak bir artış olduğu belirtilmiştir (Rotwell ve Alkhatib, 2014). Wylie ve ark., (2016) Rekreatif

aktif takım sporcuları (10 erkek) 5 gün boyunca yapılan PS takviyesinin 2x70 ml (8.2 mmol NO³⁻ gün-1) ardından 24x 6 s. (24 s dinlenme) ve 7 x 30-s (240s) bisiklet ergometresinde maksimal yüklenmeler yaptırılmıştır. 24x 6 protokolünde ortalama güç PS değerleri 568 ± 136 iken PLS takviyesinin 539 ± 136 W olduğu belirtilmiştir (P<0.05). Kramer ve ark., (2016) CrossFit sporcularının (12 erkek) 6 gün boyunca (8 mmol. potasyum nitrat. gün-1) nitrat takviyesi uygulanmıştır. Çalışmaya katılanlara Wingate testi uygulanmıştır. PLS ve PS takviyelerinin öncesinde ve 6 gün sonunda test sonuçları zirve güç değerleri PS lehine anlamlı fark., gösterirken (önce 889.17 ± 179.69 W, sonra 948.08 ± 186.80 W; p = 0.01) PLS (önce 898.08 ± 183.24 W, sonra 905.00 ± 157.23 W; p = 0.75) grubunda anlamlı fark., bulunmamıştır. Dominguez ve ark., (2017) Elit olmayan ancak antrenmanlı 15 erkek erkeğin akut 70 ml (5.6 mmol NO³⁻) PS takviyesinden sonra zirve güç anlamlı şekilde yükseldiğini belirtmiştir (PLS 816.63±136.97, PS 865.69± 143.91 P=0.034) ancak ortalama güç değerlerinde anlamlı bir fark., bulunmamıştır. Cuenca ve ark., (2018) çalışmasında 15 antrenmanlı erkek bireye 70 ml (6.4 mmol NO³⁻) PS takviyesi yapmıştır ve ardından 30 saniye Wingate testi uygulamıştır. Test sonuçlarına PLS takviyesi zirve gücü 848± 134 iken PS 881±135 W (p = 0.049) olarak belirlenmiştir. Ayrıca ortalama güç çıktıları PS takviyesinde PLS' ya göre daha yüksek bulunmuştur (PLS 641±91 W, PS 666± 100 W; p = 0.023). Bunun yanında zirve güce ulaşma süresi (PLS 8.9±1.4 s., PS 7.3± 0.9 s; p = 0.003) PS takviyesinde anlamlı daha kısa bulunmuştur. Jodra ve ark., (2019) çalışmasında 15 bireye PS takviyesi yaptıktan sonra 30 s. Wingate testi uygulamıştır. Relatif zirve güçler çıktıları ve Relatif zirve güce ulaşma süreleri PS takviyesiyle anlamlı gelişme gösterdiği belirtilmiştir. Santana ve ark., (2019) çalışmalarına dahil 16 bireyi deney (8) ve kontrol grubu (8) olarak iki gruba bölmüştür. Deney grubu 30 gün boyunca her gün 5 g nitrat kapsülü alırken diğeri PLS takviyesi almıştır. 30 günlük takviye öncesinde, 1., 2., 3. ve 4. haftalarında yapılan 60 saniye Wingate sonuçlarına göre ortalama güç çıktıları PS lehine fark.,lık göstermiştir (p = 0.028). Palevo ve ark., (2019) çalışmasında 21 bisikletçiye PS takviyesi yaptıktan 2 saat sonra yoğun bisiklet yüklenmesi testi (protokol belirtilmemiş) uygulamıştır. Çalışmanın bulguları PS'nun katılımcıların anaerobik eşiklerini %6.63 oranında ve anaerobik zirve gücü %5.97 (W) oranında anlamlı yükselttiğini belirtmiştir. Besinsel nitrat takviyesinin bazı çalışmalarda anaerobik sportif performans üzerine olumlu etkileri bulunmaktadır. Bu artışın fizyolojik nedenleri; NO' nun, O₂' ye bağımlı olan ve kasta az miktarda ATP devirinden sorumlu

olan actomyosin- ATPase (Walsh ve ark., 2006) ve Ca²⁺ ATPase (Takaki ve ark., 1998) enzimlerinin inhibisyonu yoluyla O₂ ve ATP kuvvet üretim maliyetini düşürmek üzere hareket ettiği ileri sürülmektedir (Pinder, 2018). NO, elektron taşıma zincirinin sonunda O₂ yerine ikincil bir elektron alıcısı olarak işlev görür ve aynı miktarda adenozin trifosfatın (ATP) daha az O₂ ile üretilmesine veya hipoksik koşullarda ATP üretiminin devam etmesine izin vermektedir. NO' in ATP üretimi ile sinerjik olarak çalışması, iskelet kasında O₂ ve ATP kuvvet üretiminin azaltılmış maliyeti (Bailey ve ark., 2010) ve hızlı kasılan kas liflerinde hücre içi Ca²⁺ kullanımının artmasının kas güç çıktılarını artıracakı düşünülmektedir (Hernandez ve ark., 2012).

Diğer çalışmalar ise besinsel nitrat takviyesinin anaerobik sportif üzerine olumlu etki yaratmadığını belirtmişlerdir. Byrne ve ark., (2014) çalışmasında 250 ml ve 500 ml akut pancar suyu takviyesinin ardından katılımcılara 3 kez 3'er dakikalık aktif dinlenmelerle 30 saniye Wingate protokolü uygulamışlardır. Çalışmanın sonucunda plasebo ve PS arasında ortalama, zirve güç ve yorgunluk indeksi açısından anlamlı bir farklılık bulunmadığı belirtilmiştir. Tatlıcı ve ark., (2019) çalışmasında elit düzeyde 8 boksöre PS takviyesinin kol anaerobik güç değerleri etkileri değerlendirilmiştir. Sporculara PS (2 ml/kg vücut ağırlığı) takviyesi yapılmıştır. Kol anaerobik güç performansları Kol Wingate Testi ile değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, zirve güç ve ortalama güç oranlarında nitrat takviyesi alan grupta PLS alan gruba göre önemli ölçüde (p<0,05) azalma olduğu belirtilmiştir. Çetinkaya (2019) yaptığı çalışmasında yaş ortalamaları 20,73± 1,42 olan 11 erkek voleybolcunun aldıkları pancar suyunun aerobik ve anaerobik performanslarına etkilerini incelemiştir. 6 gün boyunca 140 ml (12.8 mmol) pancar suyu ve nitratsız plasebo verilmiştir. Voleybolculara dikey sıçrama düzeylerine bakılmıştır. Pancar suyu ile alınan nitratın voleybolcuların anaerobik performanslarına etkisinin olmadığı bulunmuştur. Zamzow (2017) çalışmasında 14 hokey oyuncusuna (~8 mmol NO₃-) yapılan PS takviyesinin ardından 30 ve 60 s. Wingate testleri uygulanmıştır. PS ile PLS takviyesi arasında 30 ve 60 s. Wingate testleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Bernardi ve ark., (2018) İyi antrenmanlı 10 karma dövüş sanatı sporcusuna 7 gün boyunca günde 400 ml (9.3 mmol NO₃-) PS takviyesi yapmışlardır. Takviyelerin ardından katılımcılara yapılan 20x 6 s. (24 s. dinlenim) aralıklı bisiklet yüklenmesi protokolü sonuçları relatif zirve güç (PS 10.54 ± 0.62 W/kg, PLS 10.52 ± 0.48 W/kg; P>0.05) ve relatif ortalama güç çıktıları (PS 7.88 ± 0.38 W/kg, PLS 7.74 ± 0.48 W/kg, P>0.05) bakımından PS'nun istatistiksel olarak anlamlı fark., ortaya koymadığı

belirtilmiştir. Jonvik ve ark., (2018) çalışmasında 10 elite (5 Erkek ve 5 kadın), 22 yarışmacı (14 erkek ve 8 kadın) ve 20 rekreasyonel aktif (10 erkek ve 10 kadın) bireye 6 gün boyunca 140 ml PS takviyesi yapmıştır. Takviyelerin ardından yapılan ardışık 3 Wingate testinde yapılmıştır. 3 Wingate testinin zirve güçler ele alındığında takviyeler arası anlamlı farklılık bulunamamıştır (PS 1338 ± 30 ve PLS 1333 ± 30 W; $P = .62$). Buna ek olarak takviyelerin ortalama güç çıktıları arasında da anlamlı fark., bulunamamıştır ($P = .86$). Ayrıca, PS ve PLS' nin etkileri herhangi bir Wingate parametresi için spor seviyeleri arasında fark.,lılık göstermemiştir (tümü, $P > .30$). Ancak zirve güce ulaşma süresi PS takviyesinde anlamlı olarak kısalmıştır ($P = .007$). Besinsel nitrat takviyesi alımının anaerobik sportif performansa olumlu yarar sağlayabilmesini etkileyen parametreler bulunmaktadır. Her ne kadar nitrat alımı ile ergojenik özellikler arasında bir doz-yanıt ilişkisi olduğu ileri sürülmüş olsa da (Whlie ve ark., 2013), performansı arttırmak için gerekli olan nitrat dozu egzersiz durumuna, yüklenme çeşidine veya takviye süresine göre değişebilir. Ayrıca bir elit sporcunun yoğun antrenman rutini günlük enerji tüketimini güçlü bir şekilde artırır ve normal bireylere göre günlük% 50-100 daha fazla enerji alımı ile eşleştirilir. İyi dengelenmiş bir diyet tüketirken, diyet nitrat tüketimi buna göre artacaktır. Bu doğrultuda, daha iyi antrenmanlı sporcularda daha yüksek başlangıç nitrit seviyeleri bildirilmiştir (Totzeck ve ark., 2012). Elit sporcuda hem daha yüksek nitrat alımı hem de daha fazla eNOS / nNOS-bağımlı NO sentez kapasitesi yoluyla daha fazla NO biyoyararlanımının ek nitrat takviyesini etkisiz hale getirdiği düşünülebilir (Christensen ve ark., 2013, Wilkerson ve ark., 2012). Ayrıca, elit sporcularda uzun yıllar hatta onlarca yıl süren yoğun antrenmanlar, kardiyovasküler fonksiyon, iskelet kası vaskülarizasyonu ve mitokondriyal verim üzerinde etkileri gelişimler neden olmuş ve bu da daha fazla metabolik ve mekanik verim sağlamıştır (Jensen ve ark., 2014). Elit sporculardaki bu gelişimler, nitrat takviyesinin mitokondriyal verimlilik ve iskelet kas kasılması fonksiyonları üzerindeki etkisini ortadan kaldırabilir ve beklenen sportif performans artışlarını yaratmayabilir.

Sonuç

Bu inceleme nitrat desteğinin, anaerobik performansı, yüksek yoğunluklu yüklenmeleri maksimum artımlı egzersize toleransı ve verimliliği artırabileceğini göstermektedir. 5 ila 9 mmol nitrat arasında değişen dozlar en etkili dozlar gibi görünmektedir ve tek bir veya çoklu dozlar (15 güne kadar) olarak alınabilir. Yapılan

çalışmaların farklılık göstermesi egzersizi yapan sporcunun türünü, yapılan egzersizin süresini, yoğunluğunu ve çeşidinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Nitrat desteğinin elit sporculardan çok fiziksel performans olarak daha düşük performansa sahip olanları etkiledikleri çalışmalarda gözlenmektedir. Genel olarak besinsel nitrat takviyesinin anaerobik enerji mekanizması ağırlıklı kullanılan sporlar açısından müsabaka öncesi kullanılmasının yararlı olabileceği düşünülmektedir.

Kaynaklar

- Anderson, J. E. (2000). A role for nitric oxide in muscle repair: nitric oxide-mediated activation of muscle satellite cells. *Mol Biol Cell*, 11(5), 1859-1874.
- Bailey, S. J., Fulford, J., Vanhatalo, A., Winyard, P. G., Blackwell, J. R., DiMenna, F. J., . . . Jones, A. M. (2010). Dietary nitrate supplementation enhances muscle contractile efficiency during knee-extensor exercise in humans. *J Appl Physiol* (1985), 109(1), 135-148. doi:10.1152/jappphysiol.00046.2010.
- Bailey, S. J., Vanhatalo, A., Winyard, P. G., & Jones, A. M. (2012). The nitrate-nitrite-nitric oxide pathway: Its role in human exercise physiology. *European Journal of Sport Science*, 12(4), 309-320.
- Bailey, S. J., Winyard, P., Vanhatalo, A., Blackwell, J. R., Dimenna, F. J., Wilkerson, D. P., . . . Jones, A. M. (2009). Dietary nitrate supplementation reduces the O₂ cost of low-intensity exercise and enhances tolerance to high-intensity exercise in humans. *J Appl Physiol* (1985), 107(4), 1144-1155.
- Basu, S., Azarova, N. A., Font, M. D., King, S. B., Hogg, N., Gladwin, M. T., . . . Kim-Shapiro, D. B. (2008). Nitrite reductase activity of cytochrome c. *J Biol Chem*, 283(47), 32590-32597. doi:10.1074/jbc.M806934200
- Bernardi, B. B., Schoenfeld, B. J., Alves, R. C., Urbinati, K. S., McAnulty, S. R., & Junior, T. P. S. (2018). Acute Supplementation with Beetroot Juice Does Not Enhance Exercise Performance among Well-trained Athletes: A Randomized Crossover Study. *Journal of Exercise Physiology Online*, 21(3).
- Brand, M. D., & Esteves, T. C. (2005). Physiological functions of the mitochondrial uncoupling proteins UCP2 and UCP3. *Cell Metab*, 2(2), 85-93.
- Brown, G. C., & Cooper, C. E. (1994). Nanomolar concentrations of nitric oxide reversibly inhibit synaptosomal respiration by competing with oxygen at cytochrome oxidase. *FEBS Lett*, 356(2-3), 295-298.

- Byrne, G., Wardrop, B., & Storey, A. (2014). The effect of beetroot juice dosage on high intensity intermittent cycling performance. *Journal of Science and Cycling*, 3(2), 56.
- Çetinkaya, G. (2019). Pancar Suyunun Voleybolcuların Aerobik ve Anaerobik Performansı Üzerine Etkisi (Master's thesis, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü).
- Chamari, K.; Padulo, J. (2015) 'Aerobic' and 'Anaerobic' terms used in exercise physiology: A critical terminology reflection. *Sports Med. Open*, 1, 9.
- Christensen PM, Nyberg M, Bangsbo J. (2013) Influence of nitrate supplementation on VO₂, kinetics and endurance of elite cyclists. *Scand J Med Sci Sports* 23: e21–e31.
- Coggan, A.R.; Leibowitz, J.L.; Kadkhodayan, A.; Thomas, D.P.; Ramamurthy, S.; Spearie, C.A.; Waller, S.; Farmer, M.; Peterson, L.R. (2015) Effect of acute dietary nitrate intake on maximal knee extensor speed and power in healthy men and women. *Nitric Oxide*, 48, 16–21.
- Cuenca, E., Jodra, P., Pérez-López, A., González-Rodríguez, L. G., Fernandes da Silva, S., Veiga-Herreros, P., & Domínguez, R. (2018). Effects of beetroot juice supplementation on performance and fatigue in a 30-s all-out sprint exercise: a randomized, double-blind cross-over study. *Nutrients*, 10(9), 1222.
- Dejam, A.; Hunter, C.; Schechter, A.; Gladwin, M. Emerging role of nitrite in human biology (20014). *Blood. Cells Mol. Dis.*, 32, 423–429.
- Domínguez, R.; Cuenca, E.; Maté-Muñoz, J.L.; García-Fernández, P.; Serra-Paya, N.; Estevan, M.C.; Herreros, P.V.; Garnacho-Castaño, M.V.(2017) Effects of beetroot juice supplementation on cardiorespiratory endurance in athletes. A systematic review. *Nutrients*, 9, 43.
- Domínguez, R.; Garnacho-Castaño, M.V.; Cuenca, E.; García-Fernández, P.; Muñoz-González, A.; de Jesús, F.; Lozano-Estevan, M.C.; Fernandes da Silva, S.; Veiga-Herreros, P.; Maté-Muñoz, J.L.(2017) Effects of beetroot juice supplementation on a 30-s high-intensity inertial cycle ergometer test. *Nutrients*, 9, 12.
- Domínguez, R.; Maté-Muñoz, J.L.; Cuenca, E.; García-Fernández, P.; Mata-Ordoñez, F.; Lozano-Estevan, M.C.; Veiga-Herreros, P.; Fernandes da Silva, S.; Garnacho-Castaño, M.V.(2018) Effects of beetroot juice supplementation on intermittent high-intensity exercise efforts. *J. Int. Soc. Sports Nutr.*, 15, 2.

- Dykhuisen, R. S., Frazer, R., Duncan, C., Smith, C. C., Golden, M., Benjamin, N., & Leifert, C. (1996). Antimicrobial effect of acidified nitrite on gut pathogens: importance of dietary nitrate in host defense. *Antimicrob Agents Chemother*, 40(6), 1422-1425.
- Erzurum, S.C.; Ghosh, S.; Janocha, A.J.; Xu, W.; Bauer, S.; Bryan, N.S.; Tejero, J.; Hermann, C.; Hille, R.; Stuehr, D.J.; et al. (2007). Higher blood flow and circulating NO products offset high-altitude hypoxia among Tibetans. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 104, 17593–17598.
- Ferguson, S.K.; Hirai, D.M.; Copp, S.W.; Holdsworth, C.T.; Allen, J.D.; Jones, A.M.; Musch, T.I.; Poole, D.C. (2013). Impact of dietary nitrate supplementation via beetroot juice on exercising muscle vascular control in rats. *J. Physiol.*, 591, 547–557.
- Gaitanos, G.C.; Williams, C.; Boobis, L.H.; Brooks, S. (1993). Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. *J. Appl. Physiol.*, 75, 712–719.
- Garthwaite, J. (2008). Concepts of neural nitric oxide-mediated transmission. *Eur J Neurosci*, 27(11), 2783-2802. doi:10.1111/j.1460-9568.2008.06285.x
- Haider, G.; Folland, G.P. (2014) Nitrate Supplementation Enhances the Contractile Properties of Human Skeletal Muscle. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 46, 2234–2243.
- Hart, J. D., & Dulhunty, A. F. (2000). Nitric oxide activates or inhibits skeletal muscle ryanodine receptors depending on its concentration, membrane potential and ligand binding. *J Membr Biol*, 173(3), 227-236.
- Hernandez, A., Schiffer, T. A., Ivarsoon, N., Cheng, A. J., Bruton, J. D., Lundberg, J. O.,...Westerblad, H. (2012). Dietary nitrate increase tetanic [Ca²⁺] and contractile force in mouse fast-twitch muscle. *The Journal of Physiology*, 590(15), 3575-3583. doi:10.1113/physiol.2012.232777
- Hernández, A.; Schiffer, T.A.; Ivarsson, N.; Cheng, A.J.; Bruton, J.D.; Lundberg, J.O.; Weitzberg, E.; Westerblad, H. (2012) Dietary nitrate increases tetanic [Ca²⁺] and contractile force in mouse fasttwitch muscle. *J. Physiol.*, 590, 3575–3583.
- Hord, N. G., Tang, Y., & Bryan, N. S. (2009). Food sources of nitrates and nitrites: the physiologic context for potential health benefits. *Am J Clin Nutr*, 90(1), 1-10. doi:10.3945/ajcn. 27131.

- Jensen L, Bangsbo J, Hellsten Y. (2004) Effect of high intensity training on capillarization and presence of angiogenic factors in human skeletal muscle. *J Physiol* 557: 571–582,.
- Jodra, P., Domínguez, R., Sánchez-Oliver, A. J., Veiga-Herreros, P., & Bailey, S. J. (2020). Effect of Beetroot Juice Supplementation on Mood, Perceived Exertion, and Performance During a 30-Second Wingate Test. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 15(2), 243-248.
- Jones, A. M., & Poole, D. C. (2005). Oxygen uptake dynamics: from muscle to mouth--an introduction to the symposium. *Med Sci Sports Exerc*, 37(9), 1542-1550.
- Jones, A.M.; Ferguson, S.K.; Bailey, S.J.; Vanhatalo, A.; Poole, D.C. (2016) Fiber-type specific effects of dietary nitrate. *Exerc. Sci. Sports Rev.*, 44, 53–60.
- Jonvik, K. L., Nyakayiru, J., Van Dijk, J. W., Maase, K., Ballak, S. B., Senden, J. M. G., ... & Verdijk, L. B. (2018). Repeated-sprint performance and plasma responses following beetroot juice supplementation do not differ between recreational, competitive and elite sprint athletes. *European journal of sport science*, 18(4), 524-533.
- Kramer, S. J., Baur, D. A., Spicer, M. T., Vukovich, M. T. & Ormsbee, M. J. (2016). The effect of six days of dietary nitrate supplementation on performance in trained 59 CrossFit athletes. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 13, 39. doi: 10.1186/s12970-016-0150-y
- Larsen, F. J., Schiffer, T. A., Borniquel, S., Sahlin, K., Ekblom, B., Lundberg, J. O., & Weitzberg, E. (2011). Dietary inorganic nitrate improves mitochondrial efficiency in humans. *Cell Metab*, 13(2), 149-159. doi:10.1016/j.cmet.2011.01.004.
- Lundberg, J.O.; Weitzberg, E.; Gladwin, M.T. (2008) The nitrate-nitrite-nitric oxide pathway in physiology and therapeutics. *Nat. Rev. Drug Discov.*, 7, 156–167.
- Maughan, R.J.; Burke, L.M.; Dvorak, J.; Larson-Meyer, D.E.; Peeling, P.; Phillips, S.M.; Rawson, E.S.; Walsh, N.P.; Garthe, I.; Geyer, H.; et al. (2018). IOC consensus statement: Dietary supplements and the high-performance athlete. *Br. J. Sports Med.*, 52, 439–455.
- Merry, T. L., Lynch, G. S., & McConell, G. K. (2010). Downstream mechanisms of nitric oxide-mediated skeletal muscle glucose uptake during contraction. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 299(6), R1656-1665. doi:10.1152/ajpregu.00433.2010

- Ormsbee MJ, Lox J, & Arciero PJ, (2013). Beetroot juice and exercise performance. *Nutrition and Dietary Supplements*, 5, 27-35.
- Palevo, G., Williams, N., Harp, A., Barring, E., & Mize, L. B. (2019). High Concentrated Beetroot Juice Supplement Improves Cycling Power, VO 2, Time to Exhaustion, Heart Rate and Anaerobic Threshold in Trained Cyclists. *Journal of Professional Exercise Physiology*, 16(3).
- Percival, J. M., Anderson, K. N., Huang, P., Adams, M. E., & Froehner, S. C. (2010). Golgi and sarcolemmal neuronal NOS differentially regulate contraction-induced fatigue and vasoconstriction in exercising mouse skeletal muscle. *J Clin Invest*, 120(3), 816-826. doi:10.1172/jci40736
- Pinder, M. (2018). Effects of beetroot juice supplementation on anaerobic exercise performance.
- Pinna, M.; Roberto, S.; Milia, R.; Maronqui, E.; Olla, S.; Loi, A.; Migliaccio, G.M.; Padulo, J.; Orlandi, C.; Tocco, F.; et al. (2014). Effect of beetroot juice supplementation on aerobic response during swimming. *Nutrients*, 6, 605–615.
- Qu, X.M.; Wu, Z.F.; Pang, B.X.; Jin, L.Y.; Qin, L.Z.; Wang, S.L.(2016). From nitrate to nitric oxide: The role of salivary glands and oral bacteria. *J. Dent. Res.*, 95, 1452–1456.
- Richardson, R.S.; Noyszewski, E.A.; Kendrick, K.F.; Leigh, J.S.; Wagner, P.D. (1995). Myoglobin O₂ desaturation during exercise. Evidence of limited O₂ transport. *J. Clin. Investig.* 96, 1916–1926.
- Rolfe, D. F., Hulbert, A. J., & Brand, M. D. (1994). Characteristics of mitochondrial proton leak and control of oxidative phosphorylation in the major oxygen-consuming tissues of the rat. *Biochim Biophys Acta*, 1188(3), 405-416.
- Rothwell, S., & Alkhatib, A. (2014). PP15 Effects Of Acute Dietary Nitrate Supplementation On 30-second Wingate Performance In Healthy Collegiate Males.
- Santana, J., Madureira, D., de França, E., Rossi, F., Rodrigues, B., Fukushima, A., ... & Caperuto, E. (2019). Nitrate Supplementation Combined with a Running Training Program Improved Time-Trial Performance in Recreationally Trained Runners. *Sports*, 7(5), 120.
- Takaki, M., Kohzuki, H., Sakata, S., Ohga, Y., Shimizu, S., Ishidate, H., . . . Suga, H. (1998). Oxygen consumption and motility of mechanically unloaded myocardial slices. *Adv Exp Med Biol*, 453, 499-506.

- Tatlici, A., & Cakmakci, O. (2019). The effects of acute dietary nitrate supplementation on anaerobic power of elite boxers. *Medicina Dello Sport*, 72(2), 225-233.
- Thompson, C.; Vanhatalo, A.; Fulford, J.; Carter, J.; Nyman, L.; Bailey, S.J.; Jones, A.M. (2016) Dietary nitrate supplementation improves sprint and high-intensity intermittent running performance. *Nitric Oxide*, 61, 55–61.
- Tiso, M.; Schechter, A.N. (2015). Nitrate reduction to nitrite, nitric oxide and ammonia by gut bacteria under physiological conditions. *PLoS ONE*, 10, e0119712.
- Totzeck M, Hendgen-Cotta U, Rammos C, Frommke L, Knackstedt C, Predel H, Kelm M, Rassaf T. (2012.) Higher endogenous nitrite levels are associated with superior exercise capacity in highly trained athletes. *Nitric Oxide* 27: 75–81.
- Walsh, B., Howlett, R. A., Stary, C. M., Kindig, C. A., & Hogan, M. C. (2006). Measurement of activation energy and oxidative phosphorylation onset kinetics in isolated muscle fibers in the absence of cross-bridge cycling. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 290(6), R1707-1713.
- Whitfield, J.; Ludzki, A.; Heigenhauser, G.; Senden, S.; Verdijk, L.; Van, L.; Spriet, L.L.; Holloway, G.P. (2016). Beetroot Juice Supplementation Reduces Whole Body Oxygen Consumption But Does Not Improve Indices Of Mitochondrial Efficiency in Human Skeletal Muscle. *J. Physiol.* 594, 421–435.
- Wilkerson DP, Hayward GM, Bailey SJ, Vanhatalo A, Blackwell JR, Jones AM.(2012). Influence of acute dietary nitrate supplementation on 50 mile time trial performance in well-trained cyclists. *Eur J Appl Physiol* 112: 4127–4134.
- Wylie LJ, Kelly J, Bailey SJ, Blackwell JR, Skiba PF, Winyard PG, Jeukendrup AE, Vanhatalo A, Jones AM. (2013). Beetroot juice and exercise: pharmacodynamic and dose-response relationships. *J Appl Physiol* 115: 325–336.
- Wylie, L. J., Bailey, S. J., Kelly, J., Blackwell, J. R., Vanhatalo, A., & Jones, A. M. (2016). Influence of beetroot juice supplementation on intermittent exercise performance. *European journal of applied physiology*, 116(2), 415-425.
- Zamzow, Clare Margaret, "Effects of Natural Nutritional Beverages on Anaerobic Exercise Performance"(2017). Boise State University Theses and Dissertations. 1362.