

Review / Derleme

Polifenoller ve sportif performans üzerindeki etkileri

Polyphenols and their effects on sports performance

Ebrar Tuşat  ^{1*}Eda Parlak  ^{1*}

1 Toros Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Mersin, Türkiye

Article info

Keywords:

Polyphenols, supplements, antioxidant, exercise, sportive performance

Anahtar Kelimeler:

Polifenol, takviye, antioksidan, egzersiz, sportif performans

Received: 04.10.2023

Accepted: 29.12.2023

E-ISSN: 2979-9511

DOI: 10.58625/jfng-2300

Tuşat & Parlak; Polifenoller ve sportif performans üzerindeki etkileri

Available online at <https://jfng.toros.edu.tr>

Corresponding Author(s):

* Eda Parlak, eda.parlak@toros.edu.tr

Özet

Polifenoller, bir diğer adıyla fenolik bileşikler; patojen organizmaların varlığı, ultraviyole ışına maruz kalma, olumsuz iklim koşulları gibi durumlarda bitkiler tarafından sentezlenen savunma mekanizmasında görev alan biyoaktif bileşenler olarak karşımıza çıkmaktadırlar. Günümüze kadar 8000'den fazla fenolik bileşik tanımlanmıştır. Doğal polifenoller; sebze, meyve, baklagiller, tahıllar, tohumların yenilebilir bitki kısımlarında, ayrıca kırmızı şarap ve kakao gibi besinlerde bulunmaktadır. Polifenol (PP) takviyelerinin kullanılmasının, tüm vücut antioksidan kapasitesini arttırdığı ve endotel fonksiyonunu modüle ettiği bildirilmektedir. Çeşitli epidemiyolojik çalışmalar ve klinik deneyler, birçok biyolojik aktivite sergileme özelliklerinden dolayı PP'lerin alımındaki artış ile bazı kronik hastalıkların (koroner kalp hastalığı, inme, tip II diyabet ve bazı kanser çeşitleri) oluşma riskinde azalma olduğunu kanıtlamışlardır. Aynı zamanda, sportif performans üzerinde yararlı olabilecek etkilerinden ötürü son yıllarda, sporcular tarafından antioksidan bileşiklerden zengin takviyelerin tüketiminin büyük ölçüde artmakta olduğu görülmektedir. Literatürde yer alan çalışma sonuçları, PP takviyelerinin kullanılmasının rekreasyonel, rekabetçi veya elit sporcuların lehine veya aleyhine olacağını önerisini vermede henüz yetersiz kalmaktadır. Bu anlamda, daha çok araştırmaya ve kanıt ihtiyacı bulunmaktadır. Daha yüksek oksidatif



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

stres seviyelerine sahip olan sporcuların, antioksidan takviyelerine açıkça daha fazla ihtiyaç duyacağından, bu sporcularda ilk olarak oksidatif stres durumunun taranması önem arz etmektedir. Polifenollerin çok sayıda biyolojik etkileri bulunduğu; gelecekteki egzersiz çalışmalarında yalnızca sportif performans odaklanmak yerine, egzersiz ve seçilen PP takviyesi arasındaki fizyolojik etkileşimleri belirlemeye uygun ve spesifik bir şekilde çalışılması daha doğru olacaktır.

Extended Abstract

In recent years, many different ideas have been put forward to improve the antioxidant potential and accordingly improve physical performance by improving nutrition and other related factors. Whether the athletes use or not use antioxidant supplements is an important issue that is discussed a lot (1). In this review, information about well-known and recently used antioxidants, primarily polyphenols, will be given and only human studies will be included. In addition, the effects of the polyphenols in the studies on exercise performance and exercise-induced oxidative stress will be explained.

This review article was prepared to compile the results of the studies investigating the effects of polyphenols on sportive performance by scanning the national and international literature between the years of 2022 and 2023. While searching, "Ebsco TR Index", "DergiPark Academic", "National Thesis Center" for national databases, "Polifenol", "Polifenol Takviyeleri", "Sportif Performans", "Polifenol Takviyeleri and Sportif Performans" in databases, international databases for "Google Scholar", "Pubmed", "ScienceDirect", "Scopus", "Web of Science", "Proquest", "Ebsco Host" databases "Polyphenols", "Polyphenols Supplements", "Sportive Performance" and "Polyphenols Supplements and Sportive Performance" keywords were used.

Free radicals and reactive oxygen species (ROS) are the main oxidizing agents in cellular systems and play a role in aging and the onset of many types of diseases. Free radicals are produced physiologically in the mitochondria for aerobic oxygen production, in fatty acid metabolism, drug metabolism, and in the body when the immune system is activated (2-4). Although these free radicals have positive effects on immune reactions and cellular signaling; it is also known that lipids, proteins and nucleic acids have negative effects such as oxidative damage (2-5). ROS production induced by exercise and physical activity is an important signaling pathway to promote biological adaptations to training (2,3). However ROS production can have detrimental effects on lipid and

protein peroxidation such as cells and tissues. In order to prevent this situation, some health professionals have given importance to the consumption of more nutritional supplements and supplements containing antioxidants in order to reduce the production of ROS, which can cause excessive oxidative stress during and after exercise (4,5). Antioxidants are defined as to be donate an electron to free radicals and neutralize, reduce or eliminate their ability to damage cells, major biomolecules such as nucleic acids, proteins and lipids (2,3). Antioxidants are divided into two groups as enzymatic oxidants (Superoxide dismutase, glutathione peroxidase, catalase enzyme) and non-enzymatic antioxidants (glutathione, vitamin E, vitamin C and bilirubin). Endogenous antioxidants have the function of delaying or preventing the oxidation of extracellular and intracellular biomolecules. Antioxidants, such as vitamins and minerals taken with food can also regulate the oxidative state of the body (2). There are still ongoing conflicts in studies investigating the effect of antioxidant supplementation on exercise-induced oxidative stress. Typical treatment usually includes various doses of vitamins A, C and E, administered either alone or in combination, chronically or acutely (6,7). Of these, vitamins C and E are used more frequently in clinical and experimental studies, mostly because they are safe and easy to find (6).

Recently, one of the topics that have been widely covered in the literature is that there has been a potential relationship between oxidative stress and bioactive compounds found in plant foods. In particular, the attention of researchers has turned to the effects of polyphenols, a bioactive nutraceutical compound that has attracted considerable interest. One of the first studies that attracted the attention of scientists was Zutphen's epidemiological study (Keli et al., 1996). In this study, a negative correlation was found between the intake of foods rich in polyphenols and the incidence of chronic diseases (diabetes mellitus (DM), cardiovascular diseases (CVD) and cancer, etc.) especially associated with a significant oxidative stress (8). For this reason, new nutritional strategies were being developed against oxidative stress caused by exercise, and in this sense, especially PP supplements were given importance. It is thought that polyphenol supplements were effective in improving performance and preventing oxidative stress in athletes (1)

Polyphenols (PPs) are natural organic compounds found in abundance in different plants, fruits, vegetables, nuts, seeds, flowers, tea and beverages (9). Polyphenols are more important due to their diversity, bioactivity, easy accessibility and lower toxicity effects, and their specificity in terms of antioxidant response (10). Today, there are many studies on PPs

and physical exercise (11-13). Most of these studies include topics that cover both the important effects of polyphenolic compounds in exercise-induced muscle damage and their biological/physiological roles in improving physical performance. In order to measure the effects of polyphenols on sportive performance, various supplementation strategies were applied at different times and dosages, and studies were conducted in a wide variety of exercise conditions. In the literature, there are studies on PP supplements, especially quercetin, catechins/green tea extract (GTE), resveratrol and polyphenol mixtures in athletes.

Studies on quercetin supplementation in athletes have focused on the potential effects of exercise-induced inflammation, oxidative stress, immune dysfunction, and exercise performance (14). It is thought that catechin supplements will positively affect sports performance due to their high antioxidant content and activation of catechins with anti-inflammatory potential (12,13,15). There are few studies in the literature investigating the effect of RES on exercise performance, and some results show that it may be effective in increasing endurance capacity. Nowadays, studies investigating the relationship between RES and exercise are increasing, because it is thought that RES supplementation may have positive effects on the regeneration of liver cells, protect the liver glycogen stores that decrease during physical activity, and have a regulatory effect on glucose metabolism (15). Moreover, it has been observed in recent years that research has focused not only on the effect of PP supplements alone, but also on the biological effects of PP-containing mixtures. In this sense, many studies have been conducted with athletes using blueberry, blackcurrant, cherry juice, pomegranate, dark chocolate, turmeric/curcumin, honey, carob pulp powder (16-23).

In conclusion; although PP supplements are still a controversial issue in athletes today, application of different exercise protocols to athletes, obtaining different results about PP supplements and using different laboratory parameters to evaluate these effects make it difficult to understand the effects of PP supplements on athletes. Therefore, in order to analyze the data correctly and compare it with other studies on this subject, the type of exercise (aerobic or anaerobic), the oxidative stress biomarkers used, the athlete and training characteristics should be explained in detail in the method part of the study (1). At the same time, it is thought that nutritional protocols should be examined in more detail in studies and the amount of PP intake from nutrition in athletes should be calculated.

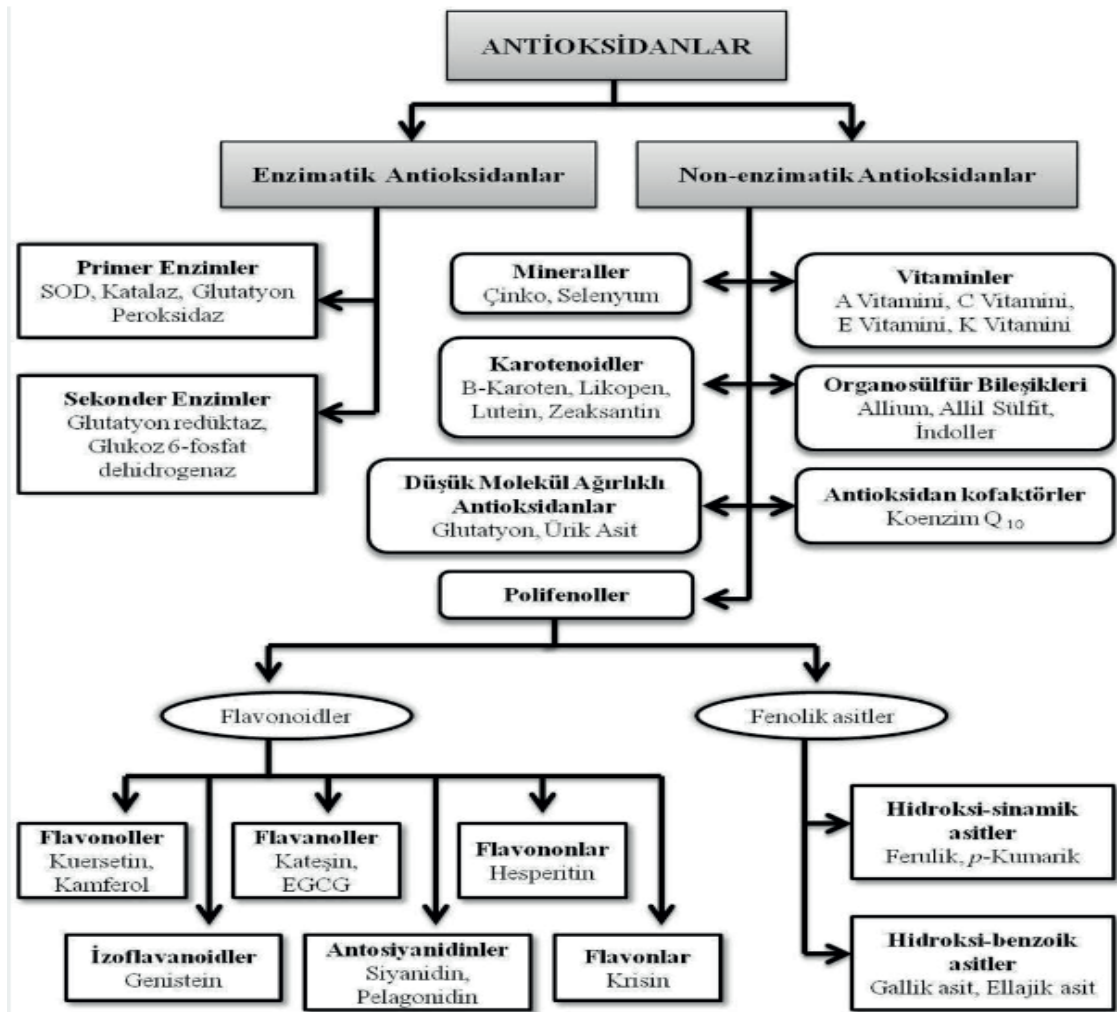
GİRİŞ

Fiziksel egzersizin serbest radikallerde ve diğer reaktif oksijen türlerinde (ROS) artışa neden olduğu bilinmektedir (24). Mevcut olan kanıtlar, ROS'un kas redoks dengesinde egzersizle indüklenen bozuklukların birincil sebebi olduğunu göstermektedir. Redoks dengesindeki ciddi bozukluklar, egzersiz performansını bozan oksidatif hasarı ve kas yorgunluğunu desteklemektedir (25,26). Fiziksel aktivite uygulanması sırasında makrofajların birikmesi, mitokondri üzerindeki taşıma zincirinde meydana gelen elektronların hareketi, pürinlerin katabolizma yolu gibi bir takım biyolojik süreçlerin aktive olmasına olanak sağlamaktadır. Ksantin oksidaz enzimi tarafından katalize edilen reaksiyonların tümü ROS salınımına yol açabilmektedir. Tüm bu bilgilerden yola çıkarak sporcularda fiziksel aktivite ve egzersizin neden olabileceği oksidatif hasarın önüne geçebilmek adına antioksidan savunma sistemlerini geliştirmeleri ve desteklemeleri oldukça önemli olmaktadır. Egzersiz sırasında ROS üretiminin artmasının hem olumlu hem de olumsuz fizyolojik etkilerinin olduğu bilinmektedir. Orta şiddette bir egzersiz sonrasında vücutta antioksidan savunma mekanizmasının gelişebileceği ilk kez 2008 yılında gösterilmiştir (27). Bu şiddetteki bir egzersizin mitokondride düşük konsantrasyonlarda ROS üretimini indüklediği ve daha sonra nitrik oksit gibi iskelet kasının adaptif yanıtında yer alan enzimlerin [Nitrik oksit (NO) sentaz ve süperoksit dismutaz (SOD)] sentezini uyarmak için bir sinyal görevi gördüğü fikri savunulmaktadır (28-30). Aynı zamanda fiziksel aktivitenin şiddeti arttığında, düşük ROS seviyelerinin yararlı etkileri de kaybolmaktadır (30). Yüksek şiddetli egzersiz sırasında, kaslar enerji ihtiyacını kısmen anaerobik enerji sisteminden karşılayabilmektedirler. Anaerobik enerji harcaması ise, vücudun antioksidatif temizleme kapasitesini aşabileceğinden, kas fonksiyonlarının bozulmasına ve oksidatif hasara katkıda bulunan laktat ve yüksek ROS seviyeleri gibi yorgunlukla ilişkili ürünlerin üretiminde artışa yol açabilmektedir (25,30,31). Bunun sonucunda, oksidan/antioksidan dengesi bozulmakta, serbest radikal üretimi artmakta ve oksidatif stres, yapısal hücre hasarı ve

iltihaplanma ile sonuçlanmaktadır. Egzersizin belirtilen olumsuz etkilerini ya da oluşabilecek yan etkilerinin önüne geçebilmek adına farklı özelliklerde antioksidan takviyelerini içeren birçok çalışma yürütülmüştür. Antioksidanlar hedeflenen belirli moleküllerdeki oksidatif hasarı önleyebilen, geciktirebilen veya bazı durumlarda tamamen iptal edebilen moleküller şeklinde tanımlanmaktadır. Örneğin; SOD enzimi, katalaz enzimi ve glutatyon peroksidaz enzimi endojen antioksidanlar; glutatyon, E, C ve A vitaminleri ile koenzim Q10 (CoQ10) ise antioksidan özelliklere sahip enzimatik olmayan moleküller olarak sınıflandırılmaktadır (31). Antioksidanlar aynı zamanda ekzojen olarak diyet yoluyla da alınabilmektedir. Bu takviyeler, egzersiz sırasında kas lifinin yorgunluğa neden olduğu oksidatif hasardan korunma

yeteneğini geliştirebilmektedir. Antioksidanların eksikliği, egzersizin neden olduğu oksidatif hasara yatkınlığı arttırabilmekte ve bunun sonucunda da sportif performansı olumsuz etkileyebilmektedir (2) Son yıllarda, antioksidan potansiyelini geliştirmek ve buna bağlı olarak beslenmeyi ve diğer ilgili faktörleri iyileştirerek fiziksel performansı arttırmak adına birçok farklı fikir ortaya atılmıştır. Sporcuların antioksidan takviyesi kullanma veya kullanmama durumları üzerinde çok fazla konuşulan ve tartışılan önemli bir konu olarak önümüze gelmektedir (3-5). Bu derlemede öncelikle polifenoller olmak üzere iyi bilinen ve son zamanlarda kullanılan antioksidanlar hakkında bilgiler aktarılacak ve sadece insanlar üzerinde yapılan çalışmalara yer verilecektir. Ayrıca çalışmalarda yer alan polifenollerin egzersiz performansı ve

Şekil 1. Antioksidanların sınıflandırılması (32)



egzersize bağılı oksidatif stres üzerindeki etkileri açıklanacaktır. Antioksidanların sınıflandırılması ile ilgili şema Şekil.1'de gösterilmektedir (32).

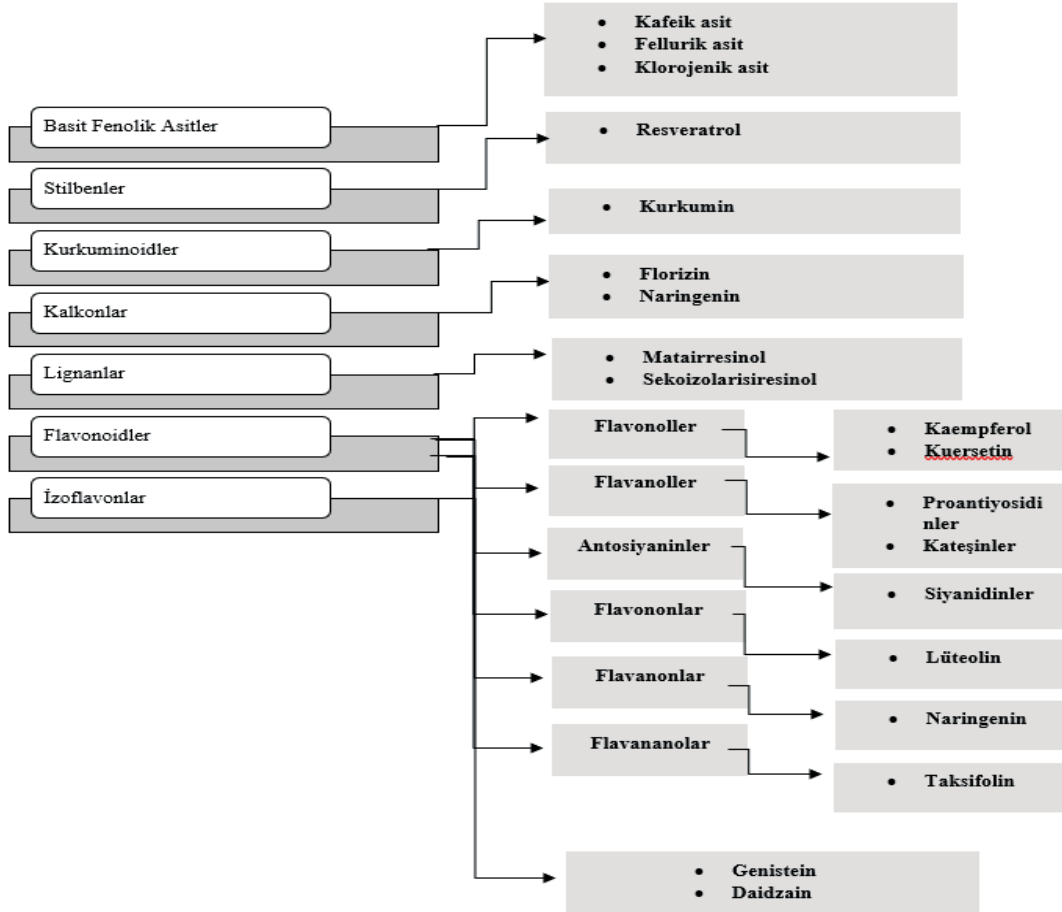
Polifenoller

Polifenoller, farklı bitkilerde, meyvelerde, sebzelerde, kabuklu yemişlerde, tohumlarda, çiçeklerde, çayda ve içeceklerde bolca bulunan doğal organik bileşiklerdir (9). Polifenoller çeşitlilikleri, biyoaktiviteleri, kolay erişilebilirlikleri ve daha düşük toksisite etkileri ile antioksidan yanıt açısından özgün olmaları nedeniyle daha önemli olmaktadır. Hızlı metabolize olmaları ve vücutta düşük yararlanım seviyeleri ise ana dezavantajlarını oluşturmaktadır (10).

Günümüzde beslenme programları PP'ler açısından zengin olmaktadır. Özellikle batı popülasyonlarında ağırlıklı olarak meyve, sebze ve çay, kahve, şarap ve meyve suları gibi içeceklerden tahmini olarak 1-2 g/gün PP tüketilmektedir. Çeşitli epidemiyolojik

çalışmalar ve klinik deneyler, birçok biyolojik aktivite sergileme özelliklerinden dolayı PP'lerin alımındaki artış ile bazı kronik hastalıkların (koroner kalp hastalığı, inme, tip II diyabet ve bazı kanser çeşitleri) oluşma riskindeki azalma arasında bir ilişki olduğunu kanıtlamışlardır. Son zamanlarda, PP'lerin beyin sağlığı üzerindeki olası faydalı etkilerine yönelik de artan bir ilgi söz konusu olmaktadır (33,34) Bu yüzden, fitokimyasallar günümüzde sağlıklı bir diyetin önemli bileşenleri olarak kabul edilmekte, meyve ve sebze açısından zengin olan bir diyetin sağlığa yararlarının bu moleküllerden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Örneğin, çayın kardiyovasküler hastalığa veya kahvenin tip II diyabete karşı koruyucu etkileri, bu içeceklerde bulunan yüksek kateşin konsantrasyonu ile açıklanabilmektedir (34). Polifenollerin genel sınıflandırılması Şekil 2'de gösterilmektedir (35).

Şekil 2. Polifenollerin sınıflandırılması (35)



Polifenollerin Biyoyararlanımı

Biyoyararlanım, vücudun absorbe edebildiği ve fizyolojik fonksiyonlar için kullanabileceği bir besinin fraksiyonu şeklinde tanımlanır. Biyoyararlanım, kısmen gıdanın doğasına ve kısmen de onu üstlenen organizmanın özelliklerine bağlı olarak çok sayıda faktöre bağlı olarak değişebilmektedir (36). Bu faktörler aşağıdaki şekilde özetlenmiş halde bulunmaktadır. Beslenme alanında biyoyararlanımın çok önemli olduğu, fakat genel olarak göz ardı edildiği düşünülmektedir. Polifenollerin biyoyararlanımı etkileyen faktörler Tablo.1’de yer almaktadır (37).

Polifenollerin Biyolojik Etkileri

Polifenoller, insan diyetinde bulunan ve ROS üretiminden kaynaklanan hasarı azaltabilecek doğal antioksidanlardır. Polifenollerin kimyasal özellikleri, B halkasındaki katekol grubu, 3 ve 5 pozisyonundaki hidroksil gruplarının varlığı ve 2,3-çift bağı ile konjugasyon gibi serbest radikallerin doğrudan temizleyicileri olarak

hareket etmelerine izin vermektedir. Aynı zamanda, C-halkasındaki bir karbonil grubunun 4-oksofonksiyonu bulundurmaktadır (2). Bununla birlikte, PP’ler yüksek dozlarda veya metal iyonlarının varlığında pro-oksidanlar gibi davranabilmekte ve bu da DNA bozulmasına yol açabilmektedir. İnsanlarda PP’lerin sistemik pro-oksidan etkisine dair bir kanıt bulunmamaktadır (34,38). Düşük biyoyararlanım ve kinetik kısıtlamalar nedeniyle, PP’lerin doğrudan antioksidan aktivitesi etkisiz görünmektedir. Bu nedenle, PP’lerin yararlı etkilerinin ROS üzerindeki doğrudan temizleyici özelliklerden dolayı değil dolaylı olarak antioksidan bir etkiden kaynaklandığı varsayılmaktadır. Polifenoller ayrıca, endojen antioksidan enzim savunma sistemini indükleyerek gen ekspresyonunu modüle edebilmektedir (1).

Polifenollerin Sportif Performans Üzerindeki Etkisi

Günümüzde, PP’ler ve fiziksel egzersiz üzerinde gerçekleştirilmiş birçok çalışma (11-

Tablo 1. Polifenollerin biyoyararlanımını etkileyen faktörler (37)

Faktör türü		
Fenoliklerle ilgili faktörler	Kimyasal yapı	Şekerler (glikozitler), metil grupları vb. stereo konfigürasyon ile kimyasal yapı çözünürlük bağı.
	Diğer bileşiklerle etkileşim	Benzer emilim mekanizmasına sahip proteinlerle (yani albümin) veya polifenollerle bağlanır.
Gıda ile ilgili faktörler	Gıda işleme	Isıl işlemler, liyofilizasyon, pişirme ve mutfak hazırlama depolama yöntemleri.
	Gıda etkileşimi	Gıda matrisinde emilimi etkileyen faktörlerin varlığı (pozitif veya negatif) (yani yağ, lif).
Ana bilgisayarla ilgili faktörler	Diyet alımı	Ülkeler ve mevsimler arasındaki farklılıklar, maruz kalma miktarı ve sıklığı, tek veya çoklu doz.
	Emilim ve metabolizma	Bağırsak faktörleri (yani enzim aktivitesi bağırsaktan geçiş süresi kolonik mikroflora). Sistemik faktörler (yani cinsiyet ve yaş bozuklukları ve/veya patolojiler, genetik, fizyolojik durum).
Diğer faktörler	Dağıtım ve gıda içeriği	Bazı gıdalarda ayrıcalık (yani soya izoflavonları, turuncgillerdeki flavanonlar, vb.). Her yerde bulunma (yani quercetin).
	Dış faktörler	Çevresel faktörler (yani farklı stres koşulları, uygunluk derecesi).

13) yer almaktadır. Bu çalışmaların çoğu, polifenolik bileşiklerin özellikle hem egzersize bağlı kas hasarındaki önemli etkilerini hem de fiziksel performansı iyileştirmedeki biyolojik/fizyolojik rollerini kapsayan konuları içermektedir. Polifenollerin sportif performans üzerindeki etkilerini ölçmek adına, çeşitli takviye stratejileri uygulanarak, farklı zamanlarda ve dozajlarda uygulanmış ve çok çeşitli egzersiz koşullarında araştırmalar yapılmıştır. Bu konuyu kapsayan çalışmalar birkaç yıl öncesinde oldukça az sayıda iken; günümüzde artan bir ivme ile sayıları artmaya başlamıştır (1). İnsan sağlığı üzerindeki yararlı etkilerinden dolayı besinlerde bulunan fenolik bileşiklerin incelenmesi 1990'lı yıllara dayanmaktadır (7). Bilim insanlarının ilgisini çeken ilk çalışmalardan biri Zutphen'in (1970) epidemiyolojik çalışması olmuştur (8). Araştırmada, polifenoller açısından zengin besinlerin alımı ile diabetes mellitus (DM), kardiyovasküler hastalıklar ve kanser gibi kronik hastalıklar sonucunda açığa çıkan belirgin oksidatif stres ile ilişkili patolojilerin insidansı

arasında ters bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle, fiziksel aktivitenin neden olduğu oksidatif stresi önleyebilmek adına PP içeriği yüksek yeni beslenme stratejileri geliştirilmeye başlanmıştır.

Kuersetin

Kuersetinin antioksidan özelliği, kimyasal yapısı ile özellikle hidroksil (-OH) ikamelerinin varlığı ve konumu ile ilişkili olmaktadır. Sporcularda kuersetin takviyesi ile ilgili **çalışmalar, egzersize bağlı iltihaplanma, oksidatif stres, bağışıklık disfonksiyonu ve egzersiz performansının potansiyel etkilerine odaklanmıştır** (14). Kuersetin takviyesini araştıran ilk çalışma 2006 yılında yayınlanmış ve araştırmalar günümüzde de devam etmektedir (39). Bu tarz çalışmalar incelendiğinde, araştırmaların çoğu kuersetinin sporcular üzerinde ergojenik bir etkisini bulamamışlardır (40-43). Bu çalışmaların aksine, elit bisikletçiler üzerinde yapılan bir çalışmada ise 6 hafta boyunca günlük 1200 mg takviye alan sporcuların

Tablo 2. Kuersetin ile ilgili yapılan çalışmalar (45,46)

Çalışma	Örneklem	Yöntem	Verilen ürün ve uygulama süresi	Takviye	Sonuç
Sgrò ve ark., 2021 (45)	12 genç erkek	Eksantrik kaynaklı kas hasarı protokolü	Kuersetin (1 g/gün) veya plasebo 14 gün		Quercetin, EIMD sonrası iyileşme döneminde hücre hasarının plazma belirteçlerini [CK, LDH ve Mb ve interlökin 6 seviyesini [IL-6] plasebo ile karşılaştırıldığında önemli ölçüde azaltmıştır.
Martin - Rincon ve ark., 2020 (46)	24 Kadın 33 Erkek (aktif sporcu)	5 km koşu performansı ile eşleşen iki tedavi grubuna rastgele ayrıldı ve koştu. EIMD'yi ortaya çıkarmak için 10 km'lik bir yarış ve ardından 100 damla atlama.	Müsabakadan bir saat önce ve sonrasında her 8 saatte bir 24 saat boyunca plasebo (728 mg maltodekstrin) veya 140 mg Zynamite® ile 140 mg Kuersetin (çift kör) aldılar 24 saat (1 gün)		Müsabaka süreleri benzer olmasına rağmen, polifenol takviyesi müsabaka sonrası hissedilen kas ağrısını azaltmıştır. Sonuç olarak, müsabakadan bir saat önce 140 mg kuersetin ile kombine edilen tek doz 140 mg Zynamite®, kas ağrısını ve hasarını hafifletir ve kas performansının iyileşmesini hızlandırır.

Q: Kuersetin ,EIMD: eksantrik kaynaklı kas hasarı, CK: kreatin kinaz, LDH: laktat dehidrogenaz, Mb: Miyogloblin, PLA: plasebo

aerobik performanslarında artışların olduğu gözlenmiştir (39). Kuersetinin spor performansı, kas mitokondri biyogenezi ve bağışıklık belirteçlerindeki değışiklikler **üzerindeki etkisini** araştıran başka bir çalışmada, sporcular kuersetini başka takviyelerle (400 mg isokuersetin ile 120 mg epigalaktokateşin 3-galat, 400 mg eikosapentaenoik asit ve dokosaheksaenoik asit) veya tek başına (1000 mg isokuersetin) almışlardır. Çalışmada, sporcuların 3 günlük yoğun bir efordan önce ve sonraki iltihaplanma durumuna bakılmıştır. Eğitimli bisikletçilerde 3 günlük ağır efordan sonra PP'lerle 2 haftalık takviye sonrasında iltihaplanmanın arttığı gözlenmiştir. Kuersetin üzerinde yapılan bir meta-analiz çalışmasında, tüm çalışmaların sonuçlarına bakılarak en az 7 günlük kullanım sonucunda sportif performansta %1,90'luk bir artış tespit edilmiştir. Kuersetin takviyesini kapsayan diğer 7 çalışmanın sonucunda ise, sportif performansta %2,82'lik bir artışın olduğu gözlenmiştir (44). Çalışmalarda kuersetin takviyesi sonrasında bildirilen herhangi bir yan etki olmamıştır. Kuersetin takviyesinin, sağlıklı bireylerde sportif performans üzerinde orta düzeyde ve kesin bir fayda sağlayabilmesi adına, en az 7 gün kullanılması önerilmektedir. Kuersetin takviyesinin performans üzerindeki faydaları, diğer polifenollerden daha yüksek bulunmuştur. Ancak, yüksek dozlarda **alımların** performansı olumlu yönde etkileyeceği düşünülse de optimal dozu doğrulamak adına daha fazla **çalışmaya** ihtiyaç bulunmaktadır (44). Kuersetin ile ilgili farklı çalışmalar Tablo.2'de yer almaktadır.

Kateşinler: Yeşil çay özü

Polifenollerden yeşil çay özü (GTE) gibi antioksidan takviyeler ile egzersiz üzerine birçok çalışma yapılmıştır (9,47,48,49). Yeşil çay özü, güçlü bir antioksidan aktivite ile sonuçlanan epigalaktokateşin galat, epikateşin, epigalaktokateşin ve epikateşin galat dahil olmak üzere flavonoid yapıya sahip PP'ler açısından zengindir (1). Bu takviyenin, yüksek antioksidan içeriği ve antienflamatuar potansiyele sahip kateşinlerin aktive olması nedeniyle sportif performansı olumlu yönde etkileyeceği düşünülmemektedir (12,13,50)).

Çalışmalarda GTE takviyesinin bisikletçilerde oksidatif stresi ve yorgunluğu azaltabileceği, maksimum oksijen alımında iyileşmeyi destekleyebileceği gösterilmektedir (12,13). Ayrıca, GTE takviyesinin eksantrik egzersizden kaynaklanan kas ağrısını azaltabileceği tespit edilmiştir. Yoğun dayanıklılık sporlarından önce tek doz GTE takviyesi kullanılmasının ise benzer etkilerinin olmadığı gösterilmiştir. Yeşil çay özü takviyesinin, kümülatif yorgunluğa neden olan tekrarlayan egzersiz periyotları sırasındaki performansı korumada önemli olabileceği düşünülmektedir (12). Jowko ve ark. (2015)'ının çalışmasında, GTE takviyesinin oksidatif hasara karşı sağlıklı bireylerde çok az koruma sağladığı, futbolcularda ise etkisinin olmadığı tespit edilmiştir (50). Başka bir çalışmada ise, kuvvet antrenmanı yapan erkek sporcularda yeşil çay içeceklerinin oksidatif stres ve kas hasarı parametreleri üzerinde koruyucu etkilerinin olduğu gözlenmiştir (13). Panza ve ark. (2008)'ının kuvvet antrenmanı yapan erkek sporcuları kapsayan çalışmasında da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Her iki çalışmada da GTE takviyesi ile sporcularda egzersiz sonrasında plazma kreatin kinaz değerlerinde **önemli düşüşler** elde edilmiştir. Fakat, Panza ve ark. (2008)'ının çalışması sonucunda GTE takviyesinin, egzersizin neden olduğu kas hasarına karşı koruma sağlamadığı sonucuna ulaşılmıştır (51).

Literatürde antioksidan takviyesinin bir sonucu olarak kas hasarının yoğunlaştığı ve iyileşmeyi engellediğini gösteren çalışmalar (12,13) bulunmaktadır. Bununla birlikte; antrenmanlı sporcularda kümülatif yorgunluk öncesinde GTE takviyesinin kas hasarını ve oksidatif stresi en aza indirdiği de bilinmektedir. Ayrıca GTE'nin kas aktivasyonu ve kas yorgunluğu ile ilgili nöromusküler parametreler üzerinde de olumlu etkileri bulunmaktadır (51). Bu nedenle, sporcularda GTE takviyesinin performansı korumada ve toparlanmaya yardımcı olmada gerekli olduğu düşünülmektedir (13). Yeşil çay özü ile ilgili çalışmalar Tablo.3'te yer almaktadır.

Resveratrol

Resveratrol (3,4',5-trihidroksistilben, RES) besin takviyelerinde bulunan küçük bir polifenol bileşimidir. Çeşitli kuruyemişlerde, üzümün çekirdeklerinde ve kabuklarında, kırmızı şarapta, dutlarda, yer fıstığında, ravenite ve geleneksel Asya ilaçları dahil diğer bitki kaynaklarında bulunmaktadır (9,47). Resveratrol, sirtuin proteinlerinin ve genlerinin (SIRT, sessiz bilgi düzenleyiciler) önemli bir aktivatörüdür, enerji kullanımında artışa neden olmakta ve böylelikle mitokondriyal fonksiyonu güçlendirmektedir. Sirtuinler strese bağlı sinyal iletim yollarıyla ilişkili enzimlerdir ve metabolizmanın, kanserin, yaşlanmanın, uzun ve kaliteli yaşamın önemli düzenleyicileri olarak görev almaktadırlar (15). Literatürde RES'in egzersiz performansı üzerindeki etkisini araştıran az sayıda çalışma bulunmaktadır ve bazı sonuçlar bunun dayanıklılık kapasitesini artırmada etkili olabileceğini göstermektedir. Günümüzde RES ve egzersiz arasındaki ilişkiyi araştıran çalışmalar artmaktadır, çünkü RES takviyesinin karaciğer hücrelerinin yenilenmesi üzerinde olumlu etkileri olabileceği, fiziksel aktivite sırasında azalan karaciğer glikojen depolarını koruyabileceği ve glikoz metabolizması üzerinde düzenleyici bir

etkisinin olabileceği düşünülmektedir. Bugüne kadar, RES takviyesi ile ilgili yapılan çalışmaların çoğunda örneklem sayısının sınırlı olduğu gözlenmiştir yapılan çalışmaların çoğu hayvan çalışmalarıdır (54-56). Sporcular üzerinde yapılan bir çalışmada (n=14), RES takviyesinin egzersizin neden olduğu lipid peroksidasyonunu inhibe ettiği sonucuna varılmıştır (57). Başka bir çalışmada, RES takviyesi ile birlikte yapılan antrenman planlamasının, sadece antrenman planlaması yapılan gruba kıyasla yorulma sürelerinde daha fazla artışa neden olduğu tespit edilmiştir (1). Araştırmalar, RES'in artan iskelet kaslarının kasılma kuvveti tepkisine yardımcı olabileceği yağ asidi metabolizmasını optimize edebileceği sonucuna varmıştır (58). Konu ile ilgili sonuçlar çelişkili olsa da RES'in lipid peroksidasyonunu engelleyerek yorgunluğu geciktirdiği öne sürülmüştür. Bu yüzden; son zamanlarda RES'in sportif performansı modüle etme ve oksidatif stresi önleme etkisine yönelik yapılan çalışmalar da artmaktadır. Resveratrol ile ilgili çalışmalarda (59-61) örneklem sayılarının az olması ve çeşitli dozlarda takviyelerin kullanılması, bu takviyenin sporcularda belirli bir güvenlik/etkililik aralığının belirlenmesini zorlaştırmaktadır (62). Resveratrol ile ilgili çalışmalar Tablo.4'te yer almaktadır.

Tablo 3. Kateşin ile ilgili yapılan çalışmalar (52,53)

Çalışma	Örneklem	Yöntem	Verilen Takviye ürün ve uygulama süresi	Sonuç
Sobhani ve ark.,2020 (52)	15 erkek	Katılımcılar 1 saat %50'de bisiklet sürdüler (Çıkış gücü ve aktedilen mesafe ölçüldü.) ardından 0, 2 ve 4. haftalarda 40 dakikalık bir performans denemesi yapıldı.	Egzersizden 90 dk önce 640 mg yeşil çay polifenollerini veya maltodekstrin tüketti. 14 gün	Bu çalışmanın sonuçları toplam antioksidan kapasitede artış gözlemlenmiştir, aerobik egzersizden 90 dakika önce yeşil çay takviyesi tüketimi inflamasyonu ve oksidatif stres faktörlerini azaltabilir ve VO ₂ maksı iyileştirebilir.
Sadowska-Krępa ve ark. ,2019 (53)	16 genç erkek	Crossfit antremanı	Plasebo (mikrokristalin selüloz, magnezyum stearat, maltodekstrin). Bir GTE kapsülü, 250 mg standardize edilmiş yeşil çay ekstresi 14 gün	CrossFit eğitimli erkeklerde altı haftalık GTE tüketiminin aerobik kapasite ve serum BDNF düzeyi üzerinde marjinal bir etkisi olmuştur, ancak kan antioksidan kapasitesinde belirgin bir artışa ve eğitimin neden olduğu lipid peroksidasyonunda orta düzeyde bir zayıflamaya neden olmuştur.

GTE: Yeşil çay ekstresi, STE: Ekşi çay ekstresi, TAC: Total antioksidan seviyesi, MDA: malondialdehit, SOD: süperoksit dismutaz, CK: kreatin kinaz, P: Fosfor, PL: Plasebo, (dGTE) kafeinsiz yeşil çay ekstraktı: VO₂ maks: Maksimum oksijen kapasitesi, BDNF: serum beyin kaynaklı nörotrofik faktör

Polifenol karışımları

Son yıllarda araştırmalar, tek başına PP takviyelerinin etkisini değil, aynı zamanda PP içeren karışımların biyolojik etkilerini de incelemeye odaklanmıştır. Bu anlamda sporcularda yaban mersini, frenk üzümü, vişne suyu, nar, bitter çikolata, zerdeçal/kurkumin, bal, keçiyoynuzu posası tozu ile yapılmış birçok çalışma (16- 23) yer almaktadır.

Yaban mersini meyvelerinin polifenolik özleri ile inkübe edilmiş kaslı miyotüplerde (*Vaccinium corymbosum*), oksidatif stres üzerinde doza bağımlı bir koruyucu etki gözlemlenmiştir (64). Lynn ve ark. (2018)'ın koşucuları (16 erkek, 5 kadın) kapsayan çalışmasında, maratona katılan sporculara 7 gün boyunca yaban mersini suyu veya plasebo içeceği şeklinde takviye verilmiştir (65). Yaban mersini suyu alan grupta (zengin bir antioksidan ve antienflamatuar fitokimyasal kaynağı olmasına rağmen) egzersizle indüklenen gecikmiş başlangıçlı kas ağrısı (DOMS) ve C

reaktif protein (CRP) değerlerinde az ila orta dereceli artışlar meydana gelmiştir. Çalışmada, bu sonucu değerlendirmek adına daha fazla örneklem içeren daha çok çalışmaya ihtiyaç bulunduğu belirtilmiştir.

Frenk üzümü (*Ribes nigrum*) antosiyaninler, delfinidin-3-rutinosit, delfinidin-3-glukozit, siyanidin-3-rutinosit ve siyanidin-3-glucosit bakımından zengin PP içeriğine sahip bir meyvedir. Frenk üzümünün sağlık üzerine yararlarının antosiyanin kaynaklı antiinflatuar özelliklerden, antioksidan aktivitelerden ve endotelial fonksiyon üzerindeki olumlu etkilerden dolayı kaynaklandığı düşünülmektedir (66). Frenk üzümünün bu özellikleri ahududu, yaban mersini, böğürtlen, kuş üzümü ve bekaşi üzümü gibi benzer meyvelerde de bulunmaktadır (67). Siyah frenk üzümünün, egzersiz performansını etkileyebilecek antosiyanin kaynaklı vazodilatasyon ve vazokonstraksiyon

Tablo 4. Resveratrol ile ilgili yapılan çalışmalar (60,63)

Çalışma	Örneklem	Yöntem	Verilen ürün ve uygulama süresi	Takviye	Sonuç
Virginio de Sousa ve ark.,2022 (63)	47 erkek rekreasyonel koşucu	Tükenene kadar koşu egzersizi	(Garibaldi, Serra Gaúcha, Brezilya) elde edilen mor üzüm suyuydu.Şekersiz. Tatlandırıcı ve koruyucu içermeyen(%100 üzüm suyu) 14 gün		Egzersiz öncesi ve sonrası serum total antioksidan kapasitesi (TAC), malondialdehit (MDA), plazma nitrit (NO), kreatin kinaz (CK) ve laktat dehidrojenaz (LDH) ölçüldü. Ayrıca, oral mukozadan ekstrakte edilen DNA'da polimorfizmler analiz edildi. Üzüm suyu, tükenme süresini iyileştirdi.
Tavares Toscano ve ark.,2020 (60)	14 erkek koşucu	Sporcular aerobik kapasiteyi tahmin etmek için 3200 m koşu testi.	Üzüm suyu veya plasebo içeceği (10 ml/kg/dk) aldıktan sonra maksimum VO 2'nin %80'inde tükenmeye kadar iki koşu testi yaptığı gün) 14 gün		Mor üzüm suyunun tek doz alımı, rekreasyonel koşucularda, yorulana kadar geçen koşu süresini ve antioksidan aktiviteyi artırarak ergojenik bir etki göstermiştir.

TAC: Total antioksidan kapasitesi, MDA: malondialdehit, NO: plazma nitrit, CK: kreatin kinaz, LDH: Laktat Dehidrojenaz, DNA: Deoksiribonükleik Asit, PLA: Plasebo.

durumlarının aracılık ettiği istirahat halindeki önkol kan akışını arttırdığı bilinmektedir. Yeni yapılan çalışmalarda, Yeni Zelanda frenk üzümü (NZBC) ekstresinin egzersizdeki fizyolojik ve metabolik etkileri ile sportif performans üzerindeki olumlu etkileri tespit edilmiştir (67,68)

Vişne suyu takviyesinin ise, 60 dakikanın üzerinde olan maksimum güç veya dirençten kurtulma üzerine etkilerini değerlendiren çalışmalarda hem inflamasyon hem de oksidatif stresle ilişkili göstergelerde azalmaların olduğu tespit edilmiştir (69,70). Bu çalışmanın aksine McCormick ve ark. (2016)'ının çalışmasında, vişne suyu takviyesinin su topuna özgü sportif performansın iyileşmesi üzerinde önemli bir etkisi olmamıştır. Çalışma sonucunda, su topu gibi su bazlı ağırlık taşınmayan aralıklı sporlarda vişne suyu takviyesinin gerekli olmayacağı düşünülmüştür (71). Başka bir çalışma, Montmorency vişne suyu tüketiminin, yoğun şiddetteki egzersizlerden sonra izometrik kas gücünün geri kazanılmasında olumlu etkileri olabileceğini göstermiştir (72). Montmorency vişne suyu, antosiyanidinler açısından zengin olduğu için Avustralya Enstitüsü sporcuları tarafından takviye olarak sıklıkla kullanılmaktadır. Bu vişne suyunun yüksek antiinflamatuvar ve antioksidan özelliğe sahip olduğu, düzenli uykuyu sağlayabildiği, kas hasarını ve egzersiz sonrası gelişen ağrıyı azaltabildiği bilinmektedir (72).

Polifenoller açısından zengin diğer bir meyve de nardır. Nar suyu flavonoller, flavonoidler, gallik asit, ellagik asit, kersetin ve ellagitanninler açısından zengin bir meyvedir (73). Nar suyunun antioksidan etkisinin yeşil çay ve kırmızı şaraba kıyasla daha üstün olduğu kanıtlanmıştır. Narın makrofajların oksidatif stresini, serbest radikalleri, lipid peroksidasyonunu ve düşük yoğunluklu lipoproteinlerin oksidasyonunu azalttığı bilinmektedir. Aynı zamanda, nar ekstraktının nitrik oksit biyoyararlanımını ve oksijen kullanımının etkinliğini arttırdığı ve bunların sonucunda dayanıklılık performansını olumlu yönde etkilediği bildirilmiştir (73). Ammar ve ark. (2017)'inin çalışmasında, nar suyu takviyesinin yoğun bir halter antrenmanı

sonrasındaki akut dönemde ve 48 saat sonundaki antioksidan kapasitesini arttırdığı ve oksidatif stresi azalttığı tespit edilmiştir (19).

Literatürde bitter çikolata içerisindeki PP'lerden kaynaklı, sporcularda bu besinin tüketiminin performansı olumlu etkileyeceği varsayılmaktadır. Allgrove ve ark. (2011)'ının çalışmasında, 2 hafta boyunca düzenli kakao polifenollerini açısından zengin bitter çikolata tüketiminin (80 g/gün) etkileri erkek sporcularda (n=20) test edilmiştir. Uzun süreli egzersizden sonra sporcularda plazma metabolitleri, hormonlar ve oksidatif stres biyobelirteçleri değerlendirilmiştir. Bitter çikolata tüketiminin, sporcularda oksidatif stres biyobelirteçlerinin azalmasında ve egzersiz sonrası açığa çıkan serbest yağ asitlerinin mobilizasyonunun artmasında etkili olduğu tespit edilmiştir. Diğer taraftan, çalışma sonucunda bitter çikolata tüketiminin sportif performans üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir (74). Cavaretta ve ark.'ının (2018) elit erkek futbolcular (n=24) üzerinde gerçekleştirdiği diğer bir çalışmada, sporcular bitter çikolata tüketen (1.grup/test grubu, n=12) ve tüketmeyenler (2.grup/kontrol grubu, n=12) olmak üzere 2 gruba ayrılmış ve antrenman programları süresince 1. grubun 30 gün bitter çikolata tüketmeleri istenmiştir. Çalışma kapsamında oksidatif stres, antioksidan durumu ve kas hasarı ile ilgili bilgiler başlangıçta ve bitter çikolata tüketiminden 30 gün sonra değerlendirilmiştir. Kontrol grubuna kıyasla, 1.grupta yer alan elit erkek futbolcular, kas hasarı belirteçlerindeki (Kreatin kinaz (CK) ve Laktat dehidrogenaz (LDH)) artışa paralel olarak daha düşük antioksidan kapasite ve daha yüksek oksidatif stres düzeyi göstermişlerdir (18). Bitter çikolatanın sporcular üzerinde olumlu etkisi olduğunu gösteren erkek bisikletçiler (n=9) üzerinde gerçekleştirilen başka bir çalışmada, sporcuların 2 hafta boyunca antrenman yapmaları istenmiş ve bir gruba 40 g/gün bitter çikolata, diğer gruba ise 40 g/gün beyaz çikolata tükettirilmiştir. Sonrasında 14 gün arınma diyeti uygulanmış ve gruplar tüketmedikleri diğer çikolatayı 14 gün boyunca tüketmişlerdir. Çalışma sonucunda bitter çikolata tüketen grupta, orta yoğunlukta egzersizin oksijen maliyeti azalmış ve bu besinin kısa süreli orta

yoğunluktaki egzersizler için etkili bir ergojenik yardımcı olabileceği düşünülmüştür (75).

Köksaptan elde edilen başka bir polifenol kaynağı olan zerdeçal/kurkumin, çeşitli farmakolojik aktiviteler ve terapötik özellikler sergileyen, çeşitli inflamatuvar durumları ve kronik hastalıkları tedavi etmede kullanılan doğal bir antioksidan olarak bilinmektedir (76). Zerdeçalın açığa çıkan glikasyon son ürünlerinin birikimini azaltabileceği bildirilmiştir. Chilelli ve ark. (2016)'ının çalışmasında, düzenli olarak yoğun şiddette egzersiz yapan sporcularda 3 ay boyunca kurkumin ve Boswellia serrata sakız reçinesi takviyesinin glikoksidasyon ve lipid peroksidasyonu üzerinde olumlu etkilerinin olacağı bildirilmiştir. Aynı zamanda çalışmada, zerdeçal tüketiminin ileri glikasyon birikiminde azalmaya neden olup olmayacağını analiz edecek ileriki çalışmalara ihtiyaç olduğu belirtilmiştir (76). Sporcular üzerinde gerçekleştirilen başka bir çalışmada, zerdeçal tüketiminin egzersize bağlı kas hasarından sonra iyileşme dönemindeki biyolojik inflamasyonu azalttığı, ancak kuadriseps kas ağrısını azaltmadığı tespit edilmiştir (77). Tanabe ve ark.'ının(2019) sağlıklı erkek bireyler (n=24) üzerinde gerçekleştirdiği çalışmasında, katılımcıların 7 gün boyunca dirsek fleksörlerinde 30 maksimal izokinetik (120°/s) eksenrik kasılma gerçekleştirmeleri istenmiştir. Katılımcılara egzersize başlamadan 7 gün önce (PRE) (n=8) veya egzersizden 4 gün sonra (POST) (n=8) sonra olacak şekilde 180 mg/gün oral zerdeçal veya egzersizden 4 gün sonra oral plasebo (CON) (n=8) tüketirilmişdir. Dirsek fleksörlerinin maksimum istemli kasılma (MVC) torku, dirsek eklemi hareket açıklığı (ROM), kas ağrısı ve serum CK aktivitesi egzersizden önce, hemen sonra ve egzersizden 1-4 gün sonra ölçülmüştür. Bu değişkenlerdeki değişiklikler zaman içinde karşılaştırılmıştır. POST grubunda, CON grubuna kıyasla egzersiz sonrası 3-4. günde ROM daha yüksek ve 3. günde kas ağrısı daha düşük sonucuna ulaşılmıştır (p<0.05). Ancak PRE grubunda ROM ve kas ağrısındaki değişiklikler açısından CON grubuyla karşılaştırıldığında anlamlı bir fark saptanmamıştır. Bu arada MVC torku ve serum CK aktivitesindeki değişiklikler açısından gruplar arasında anlamlı bir fark saptanmamıştır. Çalışmada, egzersiz sonrası

zerdeçal tüketiminin kas ağrısını hafifletmede daha yararlı etkilerinin olacağı sonucuna varılmıştır (21). Basham ve ark. (2020)'ının çalışmasında da zerdeçal takviyesinin (1,5 g/gün), inflamatuvar yanıtı olumsuz etkilemeden egzersiz sonrası gelişen kas hasarını ve algılanan kas ağrısını azaltabileceği tespit edilmiştir (78).

Antioksidan özelliği güçlü diğer değerli bir besin olan balım da antienflamatuvar ve antimikrobiyal etkilere sahip fitoterapötik özellikler sağladığı bilinmektedir. Tedavi edici bir besin olarak sıklıkla kullanılmaktadır (32). Bal eski bir nutrasötik olarak tanımlanmakta ve özelliklerini türediği çiçek çeşidine göre değişen polifenollerin zenginliğine borçlu olmaktadır. Genel olarak galangina, quercetin, kaempferol ve luteolin dahil olmak üzere 50 ila 500 mg/kg arasında flavonoidlerden oluştuğundan güçlü bir antioksidan etkiye sahip biyoaktif molekülleri temsil eder (32). Bal, sporcular için yararlı olan enerji verici bir besindir ve tüketilen her bir yemek kaşığında 17 g kadar karbonhidrat sağlamaktadır. Ayrıca bal tüketiminin, düzenli yapılan orta şiddetteki egzersizlerde oksidatif strese karşı koyarıktan sporcular üzerinde yararlı bir etkisinin olacağı düşünülmektedir (32). Maleki ve ark.'ının (2016) erkek bisikletçileri (n=24) kapsayan çalışmasında, katılımcılar iki gruba ayrılmış ve katılımcılardan 16 hafta boyunca orta şiddette egzersiz yapmaları istenmiştir. Birinci gruptan (n=12) egzersize ek olarak günde 70 g bal tüketmesi istenirken; 2.grubun (n=12) ise sadece egzersiz yapması istenmiştir. Çalışmada, bal tüketiminin egzersiz sonrası gelişen oksidatif stresi ve lenfosit DNA hasarını azalttığı sonucuna varılmış ve bu durumun balda bulunan yüksek antioksidan kapasitesinden kaynaklandığı düşünülmüştür (22).

Akdeniz ülkelerinde yıllardır yetiştirilen, yavaş büyüyen ve yaprak dökmeyen bir ağaç olan keçiboynuzu meyvesinden elde edilen keçiboynuzu ekstraktının antioksidan özelliğe sahip olduğu ileri sürüldüğü için son yıllarda pek çok araştırmaya konu olmaya başlamıştır (79). Papagiannopoulos ve ark. 'ının (2004) çalışmasında, keçiboynuzunun kimyasal bileşiminin karbonhidrat (KH), diyet lifi, tanenler ve PP'ler gibi birçok biyoaktif maddeden oluştuğu

tespit edilmiştir. Keçiyoynuzu içerisinde yer alan PP'lerin enerji metabolizmasındaki etkileri ve antioksidan özelliklerinden ötürü, performanslarını geliştirmek isteyen sporcuların dikkatini çekmeye başlamıştır. Literatürde ne yazık ki keçiyoynuzunun performans üzerindeki etkilerinin henüz kapsamlı bir şekilde incelenmeye rastlanmamakla birlikte bu konuda günümüze kadar yapılan tek bir çalışma bulunmaktadır. Gaamouri ve ark.'ının (2019) taekwondo sporcuları (n=23) ile yürüttüğü çalışmada, sporculara 6 hafta süresince 4 aşamalı egzersiz programı uygulanmış ve sporcular 2 gruba ayrılmıştır. Birinci gruba 40 g keçiyoynuzu tozu (toz karışımı %90 keçiyoynuzu posası, %10 tohum içeriklidir ve 208 mg polifenol, 14,4 mg flavonoid içermektedir) ve sudan oluşan 250 mL bir içecek ve 2.gruba plasebo suyu (250 mL) (su, sitrik asit, doğal aroma vericilerden (keçiyoynuzu) oluşmaktadır) tükettirilmiştir. Çalışmada, PP takviyesinin vücut ağırlığını (VA) azaltmada ve sporcularda aerobik performansı iyileştirmede etkili olduğu sonucuna varılmıştır (23).

Egzersizde polifenol takviyesi: limitler ve hususlar

Polifenollerin kullanımı, mitokondriyal biyogenezi 2 şekilde arttırarak performansı iyileştirmek üzerine tasarlanmıştır. Bunlardan ilki PP'lerin nükleer solunum faktörü gibi sitoprotektif proteinleri kodlayan genlerin ekspresyonunu arttıran stresle ilişkili hücre sinyal yollarını uyarması, ikincisi ise seçilmiş polifenollerin (yani resveratrol, zerdeçal ve kuersetin), sirtuinleri aktive ederek ve peroksizom proliferatörü tarafından aktive edilen koaktivatörün C reseptör aktivitesini arttırarak kas fonksiyonunu ve mitokondriyal biyogenezi modüle ettikleri bildirilmiştir. Aynı zamanda bazı PP'lerin, endotel nitrik oksit sentezini arttırarak dilatasyonu ve endotel fonksiyonu iyileştirdiği bilinmektedir (1).

Günümüzde sporcularda PP takviyeleri halen tartışmalı bir konu olmakla birlikte; sporculara farklı egzersiz protokollerinin uygulanması, PP takviyeleri ile ilgili farklı sonuçların elde edilmesi ve bu etkileri değerlendirmek adına farklı laboratuvar parametrelerinin kullanılması,

PP takviyelerinin sporcular üzerindeki etkilerini anlamakta zorluk çıkarmaktadır. Bu nedenle, bu konu ile ilgili çalışmalarda verileri doğru analiz edebilmek ve diğer çalışmalar ile kıyaslayabilmek adına, çalışmanın yöntem kısmında egzersizin türünün (aerobik veya anaerobik), kullanılan oksidatif stres biyobelirteçlerinin, sporcu ve antrenman özelliklerinin ayrıntılı bir şekilde açıklaması her zaman gereklidir (1).

Literatürde yer alan çalışma sonuçları, PP takviyelerinin kullanılmasının rekreasyonel, rekabetçi veya elit sporcuların lehine veya aleyhine olacağını önerisini vermede henüz yetersiz kalmaktadır. Bu anlamda, daha çok araştırmaya ve kanıtı ihtiyaç bulunmaktadır. Daha yüksek oksidatif stres seviyelerine sahip olan sporcuların, antioksidan takviyelerine açıkça daha fazla ihtiyaç duyacağından, bu sporcularda ilk olarak oksidatif stres durumunun taranması önem arz etmektedir. Polifenollerin çok sayıda biyolojik etkileri bulunduğu; gelecekteki egzersiz çalışmalarında yalnızca sportif performansa odaklanmak yerine, egzersiz ve seçilen PP takviyesi arasındaki fizyolojik etkileşimleri belirlemeye uygun ve spesifik bir şekilde çalışılması daha doğru olacaktır. (1).

SONUÇ

Oksidatif stres ve egzersiz arasındaki ilişki oldukça karmaşıktır; aslında endojen antioksidan savunma mekanizmalarının yukarı regülasyonunun uyarılması için serbest radikallerin salınması gerekmektedir. Son yıllarda, sporcular tarafından antioksidan bileşiklerden zengin takviyelerin tüketimi büyük ölçüde artmıştır, ancak beslenme yoluyla doğal bir tüketim daha çok tavsiye edilmektedir.

Polifenol takviyelerinin sportif performans üzerindeki etkilerini araştırmak için yapılacak gelecekteki çalışmalarda, çalışmanın gerçekten kör teknik ile oluşturulmasına, verilerin doğru analiz edilmesine dikkat edilmelidir. Ancak bu çalışmalar sayesinde, iyi bir sportif performans açısından PP takviyelerinin türü ve dozu optimize edilebilecektir. Polifenol takviyeleri ile ilgili literatürde yer alan çok az sayıda çalışmada, sporcuların beslenme programlarının kontrol edildiği gözlenmiştir. Bu hususta; çalışmalarda

beslenme protokollerinin daha ayrıntılı bir şekilde irdelenmesi gerekmektedir. Düşük PP tüketimine sahip sporcuların, beslenme müdahalelerine daha olumlu yanıt vermesi söz konusu olduğundan; çalışmalarda sporcuların beslenme ile PP alım miktarlarının da ölçülmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- D'Angelo, S. (2019). Polyphenols and athletic performance: a review on human data. *Plant physiological aspects of phenolic compounds*, 1-24. <https://doi.org/10.5772/intechopen.85031>
- Stear, S. J., Burke, L. M., & Castell, L. M. (2009). *BJSM reviews: A-Z of nutritional supplements: dietary supplements, sports nutrition foods and Ergogenic aids for health and performance Part 3. British Journal of Sports Medicine*, 43(12), 890-892. <http://dx.doi.org/10.1136/bjism.2009.065417>
- Mankowski, R. T., Anton, S. D., Buford, T. W., & Leeuwenburgh, C. (2015). Dietary antioxidants as modifiers of physiologic adaptations to exercise. *Medicine and science in sports and exercise*, 47(9), 1857.
- Overvest, E., Wouters, J. A., Wolfs, K. H., van Leeuwen, J. J., & Possemiers, S. (2018). Citrus flavonoid supplementation improves exercise performance in trained athletes. *Journal of sports science & medicine*, 17(1), 24-30 <http://www.jssm.org/PMC5844206>
- Malaguti, M., Angeloni, C., & Hrelia, S. (2013). Polyphenols in exercise performance and prevention of exercise-induced muscle damage. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2013. <https://doi.org/10.1155/2013/825928>
- Wagner, K. H. (2015). Antioxidants in Sport Nutrition: All the Same Effectiveness?. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK299053/>
- Sellami, M., Slimeni, O., Pokrywka, A., Kuvačić, G., D Hayes, L., Milic, M., & Padulo, J. (2018). Herbal medicine for sports: a review. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 15(1), 14. <https://doi.org/10.1186/s12970-018-0218-y>
- Keli, S. O., Hertog, M. G., Feskens, E. J., & Kromhout, D. (1996). Dietary flavonoids, antioxidant vitamins, and incidence of stroke: the Zutphen study. *Archives of internal medicine*, 156(6), 637-642. [doi:10.1001/archinte.1996.00440060059007](https://doi.org/10.1001/archinte.1996.00440060059007)
- Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Rémésy, C., & Jiménez, L. (2004). Polyphenols: food sources and bioavailability. *The American journal of clinical nutrition*, 79(5), 727-747. <https://doi.org/10.1093/ajcn/79.5.727>
- Manach, C., Williamson, G., Morand, C., Scalbert, A., & Rémésy, C. (2005). Bioavailability and bioefficacy of polyphenols in humans. I. Review of 97 bioavailability studies. *The American journal of clinical nutrition*, 81(1), 230S-242S. <https://doi.org/10.1093/ajcn/81.1.230S>
- Myburgh, K. H. (2014). Polyphenol supplementation: benefits for exercise performance or oxidative stress?. *Sports Medicine*, 44, 57-70. DOI 10.1007/s40279-014-0151-4
- Jówko, E. (2015). Green tea catechins and sport performance. *SPORT NUTRITION*, 123. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK299060/>
- Machado, Á. S., Da Silva, W., Souza, M. A., & Carpes, F. P. (2018). Green tea extract preserves neuromuscular activation and muscle damage markers in athletes under cumulative fatigue. *Frontiers in physiology*, 9, 1137. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01137>
- Belviranlı, M., & Okudan, N. (2015). Well-known antioxidants and newcomers in sport nutrition: coenzyme Q10, quercetin, resveratrol, pterostilbene, pycnogenol and astaxanthin. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK299046/>

15. Novelle, M. G., Wahl, D., Diéguez, C., Bernier, M., & De Cabo, R. (2015). Resveratrol supplementation: where are we now and where should we go?. *Ageing research reviews*, 21, 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2015.01.002>
16. Martins, N. C., Dorneles, G. P., Blembeel, A. S., Marinho, J. P., Proença, I. C. T., da Cunha Goulart, M. J. V., ... & Ribeiro, J. L. (2020). Effects of grape juice consumption on oxidative stress and inflammation in male volleyball players: A randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial. *Complementary Therapies in Medicine*, 54, 102570. <https://doi.org/10.1016/j.ctim.2020.102570>
17. Pilolla, K. D., Armendariz, J., Burrus, B. M., Baston, D. S., McCarthy, K. A., & Bloedon, T. K. (2023). Effects of Wild Blueberries on Fat Oxidation Rates in Aerobically Trained Males. *Nutrients*, 15(6), 1339. <https://doi.org/10.3390/nu15061339>
18. Cavarretta, E., Peruzzi, M., Del Vescovo, R., Di Pilla, F., Gobbi, G., Serdoz, A., ... & Carnevale, R. (2018). Dark chocolate intake positively modulates redox status and markers of muscular damage in elite football athletes: A randomized controlled study. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/4061901>
19. Ammar, A., Turki, M., Hammouda, O., Chtourou, H., Trabelsi, K., Bouaziz, M., ... & Yaich, S. (2017). Effects of pomegranate juice supplementation on oxidative stress biomarkers following weightlifting exercise. *Nutrients*, 9(8), 819. <https://doi.org/10.3390/nu9080819>
20. Potter, J. A., Hodgson, C. I., Broadhurst, M., Howell, L., Gilbert, J., Willems, M. E., & Perkins, I. C. (2020). Effects of New Zealand blackcurrant extract on sport climbing performance. *European journal of applied physiology*, 120, 67-75. <https://doi.org/10.1007/s00421-019-04226-2>
21. Tanabe, Y., Chino, K., Sagayama, H., Lee, H. J., Ozawa, H., Maeda, S., & TAKAHASHI, H. (2019). Effective timing of curcumin ingestion to attenuate eccentric exercise-induced muscle soreness in men. *Journal of nutritional science and vitaminology*, 65(1), 82-89. <https://doi.org/10.3177/jnsv.65.82>
22. Maleki, B. H., Tartibian, B., Mooren, F. C., Krüger, K., FitzGerald, L. Z., & Chehrizi, M. (2016). A randomized controlled trial examining the effects of 16 weeks of moderate-to intensive cycling and honey supplementation on lymphocyte oxidative DNA damage and cytokine changes in male road cyclists. *Cytokine*, 88, 222-231. <https://doi.org/10.1016/j.cyto.2016.09.016>
23. Gaamouri, N., Zouhal, H., Hammami, M., Hackney, A. C., Abderrahman, A. B., Saeidi, A., ... & Ounis, O. B. (2019). Effects of polyphenol (carob) supplementation on body composition and aerobic capacity in taekwondo athletes. *Physiology & behavior*, 205, 22-28. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2019.03.003>
24. Halliwell, B., & Gutteridge, J. M. (2015). *Free radicals in biology and medicine*. Oxford university press, USA. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198717478.001.0001>
25. Bast A, Haenen GRMM. (2015) Chapter 2: Nutritional antioxidants it is time to categorise. In: Lamprecht M, editor. *Antioxidants in Sport Nutrition*. Boca Raton, FL: CRC Press/Taylor & Francis. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK299048/>
26. Reid, M. B., Haack, K. E., Franchek, K. M., Valberg, P. A., Kobzik, L. E. S. T. E. R., & West, M. S. (1992). Reactive oxygen in skeletal muscle. I. Intracellular oxidant kinetics and fatigue in vitro. *Journal of applied physiology*, 73(5), 1797-1804. <https://doi.org/10.1152/jappl.1992.73.5.1797>
27. Gomez-Cabrera, M. C., Domenech, E., Romagnoli, M., Arduini, A., Borrás, C., Pallardo, F. V., ... & Vina, J. (2008). Oral administration of vitamin C decreases muscle mitochondrial biogenesis and hampers training-induced adaptations in endurance performance. *The American journal of clinical nutrition*, 87(1), 142-149. <https://doi.org/10.1093/ajcn/87.1.142>

28. Kerksick, C. M., & Zuhl, M. (2015). Mechanisms of oxidative damage and their impact on contracting muscle. Antioxidants in sport nutrition, Chapter-1. <https://www.taylorfrancis.com/chapters/oa-edit/10.1201/b17442-1/mechanisms-oxidative-damage-impact-contracting-muscle-chad-kerksick-micah-zuhl> (DOI:10.1201/b17442-1)
29. Sies, H. (2015). Oxidative stress: a concept in redox biology and medicine. *Redox biology*, 4, 180-183. <https://doi.org/10.1016/j.redox.2015.01.002>
30. Kawamura, T., & Muraoka, I. (2018). Exercise-induced oxidative stress and the effects of antioxidant intake from a physiological viewpoint. *Antioxidants*, 7(9), 119. <https://doi.org/10.3390/antiox7090119>
31. Webb, R., Hughes, M. G., Thomas, A. W., & Morris, K. (2017). The ability of exercise-associated oxidative stress to trigger redox-sensitive signalling responses. *Antioxidants*, 6(3), 63. <https://doi.org/10.3390/antiox6030063>
32. Tarhan, N. *Keten tohumu ve diyabetik kardiyovasküler komplikasyonlar* (Master's thesis, Sağlık Bilimleri Enstitüsü).
33. Cianciosi, D., Forbes-Hernández, T. Y., Afrin, S., Gasparri, M., Reboredo-Rodríguez, P., Manna, P. P., ... & Battino, M. (2018). Phenolic compounds in honey and their associated health benefits: A review. *Molecules*, 23(9), 2322.
34. Williamson, G. (2017). The role of polyphenols in modern nutrition. *Nutrition bulletin*, 42(3), 226-235. <https://doi.org/10.1111/nbu.12278>
35. González-Castejón, M., & Rodríguez-Casado, A. (2011). Dietary phytochemicals and their potential effects on obesity: a review. *Pharmacological research*, 64(5), 438-455. <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2011.07.004>
36. Brglez Mojzer, E., Knez Hrnčič, M., Škerget, M., Knez, Ž., & Bren, U. (2016). Polyphenols: Extraction methods, antioxidative action, bioavailability and anticarcinogenic effects. *Molecules*, 21(7), 901. <https://doi.org/10.3390/molecules21070901>
37. Hussain, M. B., Hassan, S., Waheed, M., Javed, A., Farooq, M. A., & Tahir, A. (2019). Bioavailability and metabolic pathway of phenolic compounds. In *Plant physiological aspects of phenolic compounds*. IntechOpen. DOI: 10.5772/intechopen.84745
38. Santos, R. M. M., & Lima, D. R. A. (2016). Coffee consumption, obesity and type 2 diabetes: a mini-review. *European journal of nutrition*, 55, 1345-1358. <https://doi.org/10.1007/s00394-016-1206-0>
39. MacRae, H. S., & Mefferd, K. M. (2006). Dietary antioxidant supplementation combined with quercetin improves cycling time trial performance. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 16(4), 405-419. <https://doi.org/10.1123/ijsem.16.4.405>
40. Darvishi, L., Ghiasvand, R., Hariri, M., Askari, G., Rezai, P., Aghaie, M., ... & Mashhadi, N. S. (2013). Quercetin supplementation does not attenuate exercise performance and body composition in young female swimmers. *International Journal of Preventive Medicine*, 4(Suppl 1), S43. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3665024/>
41. O'Fallon, K. S., Kaushik, D., Michniak-Kohn, B., Dunne, C. P., Zambraski, E. J., & Clarkson, P. M. (2012). Effects of quercetin supplementation on markers of muscle damage and inflammation after eccentric exercise. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 22(6), 430-437. <https://doi.org/10.1123/ijsem.22.6.430>
42. Daneshvar, P., Hariri, M., Ghiasvand, R., Askari, G., Darvishi, L., Mashhadi, N. S., & Khosravi-Boroujeni, H. (2013). Effect of eight weeks of quercetin supplementation on exercise performance, muscle damage and body muscle in male badminton players. *International journal of preventive medicine*, 4(Suppl 1), S53. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3665027/>
43. Askari, G., Ghiasvand, R., Karimian, J., Feizi, A., Paknahad, Z., Sharifirad, G., & Hajishafiei, M. (2012). Does quercetin and vitamin C improve exercise performance, muscle damage, and body composition in

- male athletes?. *Journal of research in medical sciences: the official journal of Isfahan University of Medical Sciences*, 17(4), 328. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3526124/>
44. Somerville, V., Bringans, C., & Braakhuis, A. (2017). Polyphenols and performance: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 47, 1589-1599. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0675-5>
 45. Sgrò, P., Ceci, R., Lista, M., Patrizio, F., Sabatini, S., Felici, F., ... & Di Luigi, L. (2021). Quercetin modulates IGF-I and IGF-II levels after eccentric exercise-induced muscle-damage: a placebo-controlled study. *Frontiers in Endocrinology*, 1412. <https://doi.org/10.3389/fendo.2021.745959>
 46. Martin-Rincon, M., Gelabert-Rebato, M., Galvan-Alvarez, V., Gallego-Selles, A., Martinez-Canton, M., Lopez-Rios, L., ... & Calbet, J. A. (2020). Supplementation with a mango leaf extract (Zynamite®) in combination with quercetin attenuates muscle damage and pain and accelerates recovery after strenuous damaging exercise. *Nutrients*, 12(3), 614. <https://doi.org/10.3390/nu12030614>
 47. Bravo, L. (1998). Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. *Nutrition reviews*, 56(11), 317-333. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.1998.tb01670.x>
 48. Tzima, K., Brunton, N. P., & Rai, D. K. (2018). Qualitative and quantitative analysis of polyphenols in Lamiaceae plants—A review. *Plants*, 7(2), 25. <https://doi.org/10.3390/plants7020025>
 49. Mattera, R., Benvenuto, M., Giganti, M. G., Tresoldi, I., Pluchinotta, F. R., Bergante, S., ... & Bei, R. (2017). Effects of polyphenols on oxidative stress-mediated injury in cardiomyocytes. *Nutrients*, 9(5), 523. <https://doi.org/10.3390/nu9050523>
 50. Jówko, E., Długołęcka, B., Makaruk, B., & Cieśliński, I. (2015). The effect of green tea extract supplementation on exercise-induced oxidative stress parameters in male sprinters. *European journal of nutrition*, 54, 783-791.
 51. Panza, V. S. P., Wazlawik, E., Schütz, G. R., Comin, L., Hecht, K. C., & da Silva, E. L. (2008). Consumption of green tea favorably affects oxidative stress markers in weight-trained men. *Nutrition*, 24(5), 433-442. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2008.01.009>
 52. Sobhani, V., Mehrtash, M., Shirvani, H., & Fasihi-Ramandi, M. (2020). Effects of short-term green tea extract supplementation on VO2 max and inflammatory and antioxidant responses of healthy young men in a hot environment. *International Journal of Preventive Medicine*, 11. https://doi.org/10.4103/ijpvm.IJPVM_64_19
 53. Sadowska-Krępa, E., Domaszewski, P., Pokora, I., Żebrowska, A., Gdańska, A., & Podgórski, T. (2019). Effects of medium-term green tea extract supplementation combined with CrossFit workout on blood antioxidant status and serum brain-derived neurotrophic factor in young men: A pilot study. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 16(1), 13. <https://doi.org/10.1186/s12970-019-0280-0>
 54. Dolinsky, V. W., Jones, K. E., Sidhu, R. S., Haykowsky, M., Czubyrt, M. P., Gordon, T., & Dyck, J. R. (2012). Improvements in skeletal muscle strength and cardiac function induced by resveratrol during exercise training contribute to enhanced exercise performance in rats. *The Journal of physiology*, 590(11), 2783-2799. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2012.230490>
 55. Hart, N., Sarga, L., Csende, Z., Koltai, E., Koch, L. G., Britton, S. L., ... & Radak, Z. (2013). Resveratrol enhances exercise training responses in rats selectively bred for high running performance. *Food and chemical toxicology*, 61, 53-59. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2013.01.051>
 56. Price, N. L., Gomes, A. P., Ling, A. J., Duarte, F. V., Martin-Montalvo, A., North, B. J., ... & Sinclair, D. A. (2012). SIRT1 is required for AMPK activation and the beneficial effects of resveratrol on mitochondrial function. *Cell metabolism*, 15(5), 675-690. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2012.04.003>

57. McNulty, L. S., Miller, L. E., Hosick, P. A., Utter, A. C., Quindry, J. C., & McNulty, S. R. (2013). Effect of resveratrol and quercetin supplementation on redox status and inflammation after exercise. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 38(7), 760-765. <https://doi.org/10.1139/apnm-2012-0455>
58. Dolinsky, V. W., & Dyck, J. R. (2014). Experimental studies of the molecular pathways regulated by exercise and resveratrol in heart, skeletal muscle and the vasculature. *Molecules*, 19(9), 14919-14947. <https://doi.org/10.3390/molecules190914919>
59. Martins, N. C., Dorneles, G. P., Blembeel, A. S., Marinho, J. P., Proença, I. C. T., da Cunha Goulart, M. J. V., ... & Ribeiro, J. L. (2020). Effects of grape juice consumption on oxidative stress and inflammation in male volleyball players: A randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial. *Complementary Therapies in Medicine*, 54, 102570. <https://doi.org/10.1016/j.ctim.2020.102570>
60. de Lima Tavares Toscano, L., Silva, A. S., de França, A. C. L., de Sousa, B. R. V., de Almeida Filho, E. J. B., da Silveira Costa, M., ... & da Conceição Rodrigues Gonçalves, M. (2020). A single dose of purple grape juice improves physical performance and antioxidant activity in runners: a randomized, crossover, double-blind, placebo study. *European Journal of Nutrition*, 59, 2997-3007. <https://doi.org/10.1007/s00394-020-02453-4>
61. Tsao, J. P., Liu, C. C., Wang, H. F., Bernard, J. R., Huang, C. C., & Cheng, I. S. (2021). Oral Resveratrol supplementation attenuates exercise-induced Interleukin-6 but not Oxidative Stress after a high intensity cycling challenge in adults. *International Journal of Medical Sciences*, 18(10), 2137. <https://www.medsci.org/v18p2137.htm>
62. Baltaci, S. B., Mogulkoc, R., & Baltaci, A. K. (2016). Resveratrol and exercise. *Biomedical reports*, 5(5), 525-530. <https://doi.org/10.3892/br.2016.777>
63. de Sousa, B. R. V., de Lima Tavares Toscano, L., de Almeida Filho, E. J. B., Sena, K. F., Costa, M. S., de Souza Cunha, R. C., ... & Silva, A. S. (2022). Purple grape juice improves performance of recreational runners, but the effect is genotype dependent: a double blind, randomized, controlled trial. *Genes & Nutrition*, 17(1), 1-14. <https://doi.org/10.1186/s12263-022-00710-1>
64. Hurst, R. D., Wells, R. W., Hurst, S. M., McGhie, T. K., Cooney, J. M., & Jensen, D. J. (2010). Blueberry fruit polyphenolics suppress oxidative stress-induced skeletal muscle cell damage in vitro. *Molecular nutrition & food research*, 54(3), 353-363. <https://doi.org/10.1002/mnfr.200900094>
65. Lynn, A., Garner, S., Nelson, N., Simper, T. N., Hall, A. C., & Ranchordas, M. K. (2018). Effect of bilberry juice on indices of muscle damage and inflammation in runners completing a half-marathon: A randomised, placebo-controlled trial. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 15(1), 22. <https://doi.org/10.1186/s12970-018-0227-x>
66. Castro-Acosta, M. L., Smith, L., Miller, R. J., McCarthy, D. I., Farrimond, J. A., & Hall, W. L. (2016). Drinks containing anthocyanin-rich blackcurrant extract decrease postprandial blood glucose, insulin and incretin concentrations. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 38, 154-161. <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2016.09.002>
67. Godwin, C., Cook, M. D., & Willems, M. E. (2017). Effect of New Zealand blackcurrant extract on performance during the running based anaerobic sprint test in trained youth and recreationally active male football players. *Sports*, 5(3), 69. <https://doi.org/10.3390/sports5030069>
68. Strauss, J. A., Willems, M. E., & Shepherd, S. O. (2018). New Zealand blackcurrant extract enhances fat oxidation during prolonged cycling in endurance-trained females. *European journal of applied physiology*, 118, 1265-1272. <https://doi.org/10.1007/s00421-018-3858-3>
69. Bell, P. G., McHugh, M. P., Stevenson, E., &

- Howatson, G. (2014). The role of cherries in exercise and health. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 24(3), 477-490. <https://doi.org/10.1111/sms.12085>
70. Bell, P. G., Walshe, I. H., Davison, G. W., Stevenson, E., & Howatson, G. (2014). Montmorency cherries reduce the oxidative stress and inflammatory responses to repeated days high-intensity stochastic cycling. *Nutrients*, 6(2), 829-843. <https://doi.org/10.3390/nu6020829>
71. McCormick, R., Peeling, P., Binnie, M., Dawson, B., & Sim, M. (2016). Effect of tart cherry juice on recovery and next day performance in well-trained Water Polo players. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 13(1), 41. <https://doi.org/10.1186/s12970-016-0151-x>
72. Connolly, D. A. J., McHugh, M. P., & Padilla-Zakour, O. I. (2006). Efficacy of a tart cherry juice blend in preventing the symptoms of muscle damage. *British journal of sports medicine*, 40(8), 679-683. <http://dx.doi.org/10.1136/bjsm.2005.025429>
73. Crum, E. M., Barnes, M. J., & Stannard, S. R. (2018). Multiday pomegranate extract supplementation decreases oxygen uptake during submaximal cycling exercise, but cosupplementation with n-acetylcysteine negates the effect. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 28(6), 586-592. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2017-0407>
74. Allgrove, J., Farrell, E., Gleeson, M., Williamson, G., & Cooper, K. (2011). Regular dark chocolate consumption's reduction of oxidative stress and increase of free-fatty-acid mobilization in response to prolonged cycling. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 21(2), 113-123. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.21.2.113>
75. Patel, R. K., Brouner, J., & Spendiff, O. (2015). Dark chocolate supplementation reduces the oxygen cost of moderate intensity cycling. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 12(1), 47. <https://doi.org/10.1186/s12970-015-0106-7>
76. Chilelli, N. C., Ragazzi, E., Valentini, R., Cosma, C., Ferrareso, S., Lapolla, A., & Sartore, G. (2016). Curcumin and boswellia serrata modulate the glyco-oxidative status and lipo-oxidation in master athletes. *Nutrients*, 8(11), 745. <https://doi.org/10.3390/nu8110745>
77. McFarlin, B. K., Venable, A. S., Henning, A. L., Sampson, J. N. B., Pennel, K., Vingren, J. L., & Hill, D. W. (2016). Reduced inflammatory and muscle damage biomarkers following oral supplementation with bioavailable curcumin. *BBA clinical*, 5, 72-78. <https://doi.org/10.1016/j.bbacli.2016.02.003>
78. Basham Ms, Waldman H.S., Krings B.M Lamberth J., Smith J.E.W., McAllister, M.J. (2020) Effect of Curcumin Supplementation on Exercise-Induced Oxidative Stress, Inflammation, Muscle Damage, and Muscle Soreness. *J Diet Suppl*, 17(4), 401-414. <https://doi.org/10.1080/19390211.2019.1604604>
79. Pazır, F. & Alper, Y. (2016). Keçiboynuzu Meyvesi *Ceratonia siliqua* L. ve Sağlık . *Akademik Gıda*,14(3),302-306.Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/akademik-gida/issue/55782/763560>