

Arı sütü takviyesinin sıçan akciğerinde tüketici egzersiz kaynaklı oksidatif stres üzerine etkileri

Effects of royal jelly supplement on exhaustive exercise-induced oxidative stress in rat lung

Tülay Özhan Bakır¹, Murat Bakır^{2*}

¹Bingöl Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Antrenörlük Eğitimi Bölümü, tbakir@bingol.edu.tr, 0000-0003-3526-0446

²Bingöl Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Spor Yöneticiliği Bölümü, mbakir@bingol.edu.tr, 0000-0003-0149-7162

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, Arı Sütü (AS)'nün, tüketici egzersize bağlı oksidatif hasar üzerindeki etkilerini araştırmaktır. Çalışmayı gerçekleştirmek için sıçanları 4 gruba ayırdık: Kontrol (K), AS tedavisi ile kontrol (K+AS), kontrol diyeti ile tüketici egzersiz (K+TE) ve AS tedavisi ile tüketici egzersiz (AS+TE). K+AS ve AS+TE gruplarındaki sıçanlar 14 gün boyunca 100 mg/kg AS diyeti ile beslendi. Deneğin 14. Gününde K+TE ve AS+TE gruplarındaki sıçanlar, tüketici yüzde egzersizine tabi tutuldu. Bu çalışmada akciğer oksidatif stres indeksi [malondialdehit (MDA)] ve antioksidan savunma sistemleri [süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT), glutatyon peroksidaz (GSHPx)] incelenmiştir. Lipid profillerini analiz etmek için kan örnekleri toplandı. AS tedavisi, toplam kolesterol (TK), düşük yoğunluklu lipoprotein (LDL) serum seviyelerini önemli ölçüde azalttı ve yüksek yoğunluklu lipoprotein (HDL) seviyesini önemli ölçüde artırdı ($P < 0.05$). AS takviyesi, akciğerde egzersize bağlı MDA seviyelerindeki artışları önemli ölçüde azalttı ($P < 0.05$). AS, SOD aktivitelerinde egzersize bağlı artışı tersine çeviren AS takviyesi CAT ve GSHPx aktivitelerini artırdı. Sonuç olarak, Arı Sütü takviyesi akciğerdeki MDA seviyelerinin yükselmesini önleyebilir ve tüketici egzersiz sonrası akciğer antioksidan savunma sistemleri üzerinde olumlu bir etkiye sahip olabilir.

ABSTRACT

The aim of this study was to investigate the effects of Royal Jelly (RJ) on exhaustive exercise-induced oxidative damage. To perform the study, we divided rats into four groups: control (C), control with RJ treatment (C+RJ), exhaustive exercise with control diet (C+E) and exhaustive exercise with RJ treatment (E+RJ). Rats in C+RJ and RJ+E groups were fed with 100 mg/kg RJ diet for 14 days. On the 14th day of the experiment, rats in the C+E and RJ+E groups were subjected to exhaustive swimming exercise. Lung oxidative stress indice [malondialdehyde (MDA)] and antioxidant defense systems [superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT), glutathione peroxidase (GSHPx)] were investigated in this study. Blood samples were collected for analyzing lipid profiles. Treatment of RJ significantly reduced serum levels of total cholesterol, low-density lipoprotein (LDL), and increased high-density lipoprotein (HDL) level. Royal jelly treatment remarkably decreased exercise-induced increases of MDA levels in lung. RJ inverted the exercise-induced increment in SOD activities, but RJ supplementation increased CAT and GSHPx activities. RJ as a result, RJ supplementation can prevent elevations of MDA levels in the lung and may have a positive effect on the lung antioxidant defense systems after exhaustive exercise.

MAKALE BİLGİSİ/ARTICLE INFO

Anahtar Kelimeler: Arı sütü; oksidatif stres; antioksidan enzimler; tüketici egzersiz; akciğer

Key Words: Royal jelly; oxidative stress; antioxidant enzymes; exhaustive exercise; lung

Gönderme Tarihi/Received Date: 25.11.2021

Kabul Tarihi/Accepted Date: 05.12.2021

Yayımlanma Tarihi/Published Online: 31.12.2021

1. Giriş

Dünya sağlık örgütü düzenli egzersizi, fiziksel açıdan zinde olmak ve genel sağlığı devam ettirmek için yapılan planlı vücut hareketleri olarak tanımlamaktadır. Fiziksel egzersizin sağlığımızı korumamızda önemli bir etken olduğu, bununla birlikte kardiyovasküler hastalıklar, solunum yolu hastalıkları, hipertansiyon ve diabetes mellitus gibi hastalıklarda ölüm riskini azalttığı yapılan çalışmalarda gösterilmiştir (Reimers vd., 2012; Stanton vd., 2014).

Egzersizizi içeren bir yaşam tarzının benimsenmesi bireyin sağlığına yönelik önemli derecede katkılar sunmaktadır (Kılınçarslan, 2019). Egzersiz yapılmaması, kişide tip 2 diabetes mellitus, bilişsel gerileme, vasküler hastalıklar, kalp hastalığı, kalp yetmezliği gibi çeşitli hastalıkların görülme sıklığının artmasına neden olan faktörler içerisinde yer almaktadır (Booth vd., 2012; Kılınçarslan ve Dönmez, 2019).

Düzenli egzersizin çeşitli hastalıkların ortaya çıkma ihtimalini düşürmek gibi sağlık açısından birçok olumlu etkilerinin olmasına karşın (Hu vd., 1999; Moore vd.,

*Sorumlu yazar /Corresponding author.

Dr. Öğr. Üyesi, Bingöl Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Spor Yöneticiliği Bölümü, mbakir@bingol.edu.tr, 0000-0003-0149-7162

2016; Suzuki, 2019) yapılan aşırı veya tüketici egzersizler vücut sağlığını olumlu etkilemenin aksine sağlık üzerine zararlı etkilere sebep olmaktadır. Tüketici egzersiz sonucu organizmada, serbest radikaller ve oksidatif strese dayalı kas, böbrek dokuları ile solunum ve kardiyovasküler sistem organlarında hasar meydana gelmektedir (Suzuki, 2019; VinNa vd., 2000). Son zamanlarda vücutta tüketici egzersiz sonucu oluşan zararlar ve bu zararların oluşum mekanizmalarına gösterilen ilgi de giderek artmaktadır (Huang vd., 2018; Ogura & Shimosawa, 2014; Oláh vd., 2015; Radak vd., 2013).

Sağlıklı organizmada oksidasyon-indirgenme bir denge içerisinde, bu dengenin oksidanlar lehine bozulması oksidatif stres olarak tanımlanmaktadır (Conti vd., 2016; Jones, 2006; Sies, 2015). Oksidatif stresin kaynağı; metabolizmada reaktif oksijen türlerinin (ROS) oluşumu ve birikimi ile antioksidan savunma sisteminin bunları yok edici etkisi arasındaki dengenin bozulmasıdır (Pizzino vd., 2017). Oksidatif stres kanser, diyabet, obezite, osteoporoz, ateroskleroz ve kardiyovasküler hastalıklar gibi birçok hastalığın oluşumunda rol aldığı bilinmektedir (Harman, 2006; Liu vd., 2017; Tan vd., 2015; Taniyama & Griendling, 2003). Bununla birlikte tüketici egzersiz ve oksidatif stres arasındaki ilişki de önceki çalışmalarda belirtilmiştir (Simioni vd., 2018; Suzuki vd., 2020; Xiong vd., 2018). Aşırı egzersiz ile meydana gelen doku hasarı kısa süreli oksidatif stres olarak tanımlanabilir, fakat antioksidan savunma sistemindeki yetersizlik aşırı miktarda oluşmuş serbest radikallerin zararlı etkilerini tersine çeviremeyebilir (Droge, 2002). Bu nedenle tüketici egzersizin yol açabileceği kas ve doku hasarına karşı dış kaynaklı antioksidan takviyesi umut verici bir yöntem olarak görülmektedir (Hosseinzadeh vd., 2012; Kawamura & Muraoka, 2018; Keskin vd., 2016).

Yapılan çalışmalar sonucunda antioksidan takviyesinin tüketici egzersizin neden olduğu olumsuz etkileri kısıtladığı gösterilmiştir (Prigol vd., 2009; Xu & Li, 2012; Yang vd., 2020). Yada ve arkadaşlarının (2020), fareler üzerine yapmış olduğu çalışmada uyguladıkları yüksek doz akasya polifenolünün (AP) aşırı egzersiz sonucu oluşan oksidatif stresi düşürdüğünü ortaya koymuşlardır (Yada vd., 2020). Diğer bir çalışmada Liu ve arkadaşları (2017) antioksidan özelliği sayesinde üzüm çekirdeği proantosiyanidin özütünün (GSPE) tüketici egzersiz sonucu oluşan zararlı etkileri indirgeyebileceğini göstermişlerdir (Liu vd., 2017). Yine bir başka çalışmada Yang ve arkadaşları (2020) kitigawa özlerinin sıçanlarda oksidatif stresin artmasını engelleyerek tüketici egzersiz sonucu oluşan yorgunluğu düşürdüğünü rapor etmişlerdir (Yang vd., 2020).

“Süper gıda” olarak bilinen AS, ana arıların yaşamları boyunca, işçi arıların ise larva evresinde beslenmesinde kullanılan, işçi bal arıların alt ve faringeal bezleri tarafından salgılanan kremi bir maddedir (Li vd., 2010). Bu sıvının kraliçe arılar tarafından tüketilmesi, işçi arılara göre iki kat daha büyük olmaları, daha uzun ömürlü olmaları ve üreme sistemlerinin daha iyi çalışması gibi birçok avantaj sağlamaktadır (Viuda-Martos vd., 2008). Hayvan modellerinden insanlara kadar AS'nin sağlığı geliştirici yararları ve farmasötik özellikleri geniş çapta araştırılmıştır. AS, antioksidan, antibakteriyel, vazodilatif, antiinflamatuvar, antikanser, antihiperkolesterolemik ve antioksidan etkiler gibi çeşitli biyolojik özelliklere sahiptir (Şig vd., 2019). Bu nedenle, bu çalışma, sıçanlarda tüketici

yüzme egzersizi sonucu oluşan oksidatif strese karşı AS'nin koruyucu etkisini araştırmayı amaçlamıştır.

2. Yöntem

2.1. Hayvan Modelleri ve AS Uygulanması

Çalışma Bingöl Üniversitesi Hayvan Deneyleeri Yerel Etik Kurulu tarafından onaylanmıştır (onay tarihi ve no: 26/06/2018, BÜHADYEK-2018-02). Yazarlar tüm deneylerin, onaylanmış kılavuz ve yönetmeliklere uygun olarak yapıldığını doğrulamaktadır. Çalışma Bingöl Üniversitesi Deneysel Araştırmalar Merkezi'nin yönergelerine uygun olarak yine aynı merkezde gerçekleştirildi. Çalışmada Bingöl Üniversitesi Deneysel Araştırmalar Merkezi'nden temin edilen 24 erkek Wistar-Albino tipi sıçan (9 haftalık, ağırlık 230 ± 20 g), 12 saat aydınlık/12 saat karanlık döngüsü ile $22 \text{ }^\circ\text{C}$ kontrollü bir ortam sıcaklığında plastik kafeslerde barındırıldı. Tüm hayvanlara çeşme suyu ve standart peletlenmiş sıçan yemi ad-libitum olarak verildi. Taze AS, Türkiye'deki bir ticari firmadan (Bingöl, Türkiye) alındı ve kullanılabildiği kadar $-20 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de tutuldu. 100 mg/kg AS, 14 gün boyunca içme suyunda çözündürüldü ve AS gruplarına oral olarak uygulandı (Silici vd., 2009). Son AS uygulaması, çalışmanın 14. gününde, tüketici egzersizden 1 saat önce yapıldı.

2.2. Deneysel Protokolü

Toplam 24 erkek sıçan rastgele seçilerek her grupta eşit sayıda hayvan olacak şekilde 4 gruba ayrıldı.

Grup 1: Sedanter kontrol grubu (K) (n = 6), 14 gün boyunca standart pelet yem ile beslendi.

Grup 2: Arı sütü grubu (K+AS) (n = 6), 14 gün boyunca pelet yemin yanında oral olarak içme suyunda çözölmüş 100 mg/kg AS ile beslendi.

Grup 3: Egzersiz grubu (K+TE) (n = 6), 14 gün boyunca standart pelet yem ile beslendi, çalışmanın 14. günü akut tüketici egzersiz uygulandı.

Grup 4: Egzersiz + Arı sütü grubu (AS+TE) (n = 6), 14 gün boyunca pelet yemin yanında oral olarak içme suyunda çözölmüş 100 mg/kg AS ile beslendi, çalışmanın 14. günü akut tüketici egzersiz uygulandı.

2.3. Tüketici Yüzme Egzersizi

Tüketici yüzme egzersizi için $60 \text{ cm} \times 90 \text{ cm} \times 50 \text{ cm}$ ebatlarında plastik kutular kullanıldı. Su sıcaklığı $35 \text{ }^\circ\text{C} \pm 0.5 \text{ }^\circ\text{C}$ dereceye ayarlandı. Deneinin son günü (14. gün) tüketici yüzme egzersizi uygulanacak sıçanlar, bu uygulamadan 3 gün önce (deneyin 11. gününden itibaren) yüzme eğitimine adapte olmaları için 3 gün boyunca 20 dakika/gün yüzme eğitimine tabi tutuldu. Bu eğitimin ilk gününde (deneyin 11. günü), sıçanlar 20 dakika sığ suda tutuldu. İkinci gün (deneyin 12. günü), sıçanlar boylarını aşacak su seviyesinde 20 dakika boyunca yüzmeye bırakıldı. Üçüncü gün (deneyin 13. günü), sıçanlar 20 dakika boyunca yeterince derin suda yüzmeye bırakıldı.

Deneysel günü (14. gün) tüketici yüzme egzersizi uygulanan sıçanlar kuyruklarına bağlı bir ağırlıkla (vücut ağırlığının % 3'ü)

tükenene kadar yüzmeye zorlandı (Zhang vd., 2019).

Su yüzeyinin altında 10 saniyeden fazla zaman geçirme ve düz bir zemine konulduğunda kendini düzeltme refleksinin olmaması tükenme belirtisi olarak kabul edildi (Thomas & Marshall, 1988).

14 günün sonunda, grup 3 ve grup 4'te bulunan sıçanlara tüketici yüzmeye egzersizi uygulandıktan sonra, tüm gruplardaki hayvanlara 60 mg/kg ketamin ve 6 mg/kg ksilasin intraperitoneal olarak uygulandı (Sargazi vd., 2015). Daha sonra servikal dislokasyon yöntemi ile ötenazi yapılan sıçanlardan analizler için kan ve akciğer örnekleri toplandı.

2.4. Biyokimyasal analizler

Kalpten alınan kan örnekleri serum elde etmek için 10 rpm'de santrifüj edildi ve bu serumlar kullanım gününe kadar -80 °C'de saklandı. TK, LDL - K ve HDL - K seviyeleri, kolesterolün standart olarak kullanıldığı teşhis kitleri (Sigma-Aldrich Chemicals Co., St. Lo) tarafından enzimatik yöntemlere göre belirlendi. Akciğer dokusunun SOD, GSHPx, CAT enzim aktiviteleri ve MDA seviyeleri ticari test kitleri (Sigma-Aldrich Chemicals Co., St. Louis ABD) kullanılarak ölçüldü.

2.5. İstatistiksel analiz

İstatistiksel hesaplamalar için SPSS 22.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, ABD) programı kullanıldı. Sonuçlar ortalama \pm SD olarak ifade edildi. Birden fazla grup arasında karşılaştırma yapmak için tek yönlü ANOVA testi kullanıldı. Sonuçlar $P < 0.05$ olduğunda farklılıklar anlamlı kabul edildi.

3. Bulgular

Hayvan gruplarında lipid profilindeki değişiklikler, Tablo 1'de gösterilmiştir. K+AS ve AS+TE gruplarının total kolesterol ve LDL seviyeleri K ve K+TE grupları ile karşılaştırıldığında daha düşük olduğu gözlemlendi ($P < 0.05$). HDL seviyesi, AS takviyesi yapılan gruplarda K ve K+TE gruplarına göre önemli ölçüde artış gösterdi ($P < 0.05$).

AS takviyesinin, tüketici egzersiz sonrası antioksidan enzim aktiviteleri üzerine etkileri Tablo 2'de gösterilmiştir. AS+TE grubu, K+TE grubuna göre önemli ölçüde daha yüksek GSHPx ve CAT aktivitelerine sahipti ($P < 0.05$), ancak K+AS grubu ile karşılaştırıldığında anlamlı bir fark göstermedi. Bununla birlikte SOD aktivitesi, K+TE grubunda K grubu ile karşılaştırıldığında önemli derecede artarken, AS+TE grubunda K+TE grubu ile karşılaştırıldığında önemli derecede azalmıştır.

AS takviyesinin, tüketici egzersizden sonra akciğer dokularının MDA konsantrasyonları üzerindeki etkileri Tablo 3'de gösterilmiştir. Akciğerin MDA seviyesi K, K+AS ve AS+TE grupları arasında herhangi bir değişiklik göstermemiştir. Buna karşılık, K+TE grubundaki akciğer MDA seviyesi, bu gruplara kıyasla önemli ölçüde artmıştır ($P < 0.05$).

4. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada, AS tedavisinin tüketici egzersize bağlı oluşan oksidatif strese karşı koruyucu etkisini araştırdık. Akut tüketici egzersiz, artan oksijen tüketimi nedeniyle oksidatif stresi ve iltihabı önemli ölçüde hızlandırabilir. Bu, endojen antioksidan savunma mekanizmalarının ifadesini daha da azaltabilir (Malaguti vd., 2009; Popovic vd., 2012; Radak vd., 2013).

Tablo 1. Gruplar arası plazma lipid parametrelerinin karşılaştırılması

Parametre	Units	K	K+AS	K+TE	AS+TE
TK	(mg/dl)	72.6 \pm 8.1 ^a	52 \pm 10.3 ^b	75.4 \pm 9.6 ^a	49.5 \pm 9.3 ^b
LDL-K	(mg/dl)	40.7 \pm 4.3 ^a	20.6 \pm 5.9 ^b	44.7 \pm 4.2 ^a	22.8 \pm 7.1 ^b
HDL-K	(mg/dl)	15.7 \pm 3.4 ^a	24.5 \pm 6.2 ^b	14.2 \pm 4.7 ^a	23.1 \pm 7.2 ^b

Değerler ortalama \pm standart sapma olarak verilmiştir (n = 6 her bir grup için). Aynı satırda farklı harfleri taşıyan değerler istatistiksel olarak önemlidir $P < 0.05$. TK: total kolesterol, LDL-K: düşük yoğunluklu lipoprotein kolesterol, HDL-K: yüksek yoğunluklu lipoprotein kolesterol. K: kontrol, AS: Arı sütü, TE: Tüketici egzersiz.

Tablo 2. Akciğer dokusunda AS takviyesinin, tüketici egzersiz sonrası antioksidan enzim aktiviteleri üzerine etkileri.

Parametre	K	K+AS	K+TE	AS+TE
SOD (U·mg protein ⁻¹)	2.9 \pm 0.5 ^a	2.1 \pm 0.6 ^a	6.5 \pm 1.5 ^b	2.5 \pm 0.4 ^a
CAT (U·mg protein ⁻¹)	23.7 \pm 2.3 ^a	23.6 \pm 1.9 ^a	19.3 \pm 2.1 ^b	24.2 \pm 7.1 ^a
GSHPx (U·mg protein ⁻¹)	110.8 \pm 4.1 ^a	112.7 \pm 5.3 ^a	94 \pm 6.1 ^b	112.3 \pm 6.2 ^a

Değerler ortalama \pm standart sapma olarak verilmiştir (n = 6 her bir grup için) Aynı satırda farklı harfleri taşıyan değerler istatistiksel olarak önemlidir $P < 0.05$. SOD: Süperoksid dismutaz, CAT: Katalaz, GSHPx: Glutatyon peroksidaz. K: kontrol, AS: Arı sütü, TE: Tüketici egzersiz.

Tablo 3. AS takviyesinin, tüketici egzersizden sonra akciğer dokularının MDA konsantrasyonları üzerindeki etkileri.

Parametre	K	K+AS	K+TE	AS+TE
MDA (U·mg protein ⁻¹)	21.9 \pm 0.9 ^a	23.8 \pm 1.6 ^a	30.1 \pm 2.1 ^b	24 \pm 1.8 ^a

Değerler ortalama \pm standart sapma olarak verilmiştir (n = 6 her bir grup için). Aynı satırda farklı harfleri taşıyan değerler istatistiksel olarak önemlidir $P < 0.05$. Malondialdehit (MDA) K: kontrol, AS: Arı sütü, TE: Tüketici egzersiz.

Kardiyovasküler sistem için en önemli risk faktörleri, oksidatif stres reaksiyonları ile ilişkili olan artmış serum kolesterol, LDL ve azalmış HDL'dir (Chenni vd., 2007; Pinho vd., 2006). LDL serum seviyesindeki artış, koroner vasküler hastalık riskinin artmasına neden olur. HDL, kolesterolü yüzey hücrelerinden karaciğere ileten ve sonunda LDL seviyesinde azalmaya neden olan ters kolesterol taşıyıcıdır (Brites vd., 2006). Badalzadeh ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmalarında (2014), düzenli egzersiz uygulanmış hayvanlarda azalmış LDL, artmış HDL-kolesterol seviyeleri gözlemlemişlerdir (Badalzadeh vd., 2014). Bununla birlikte beyaz tavşan, kobay ve sıçan gibi hayvan modellerinde tüketici egzersizin serum LDL seviyesini yükselttiğine dair çalışmalar mevcuttur (Ensign vd., 2002; Jen vd., 2002). Biz de bu çalışmada LDL düzeyinin, tüketici egzersiz uygulanan grupta kontrol grubu ile kıyaslandığında belli bir miktar artmış olduğunu gözlemledik. Vahid ve arkadaşları diyabet oluşturdularını sıçanlarda AS tedavisinin serum LDL düzeyini düşürdüğünü gözlemlemişlerdir (Maleki vd., 2019). Bu çalışmada da, total kolesterol ve LDL düzeyi, AS uygulanan tüketici egzersiz grubunda, yalnızca tüketici egzersiz uygulanan gruba kıyasla önemli derecede azalma göstermiştir ($P < 0.05$). AS, HDL aracılı ters kolesterol taşınmasının etkinliğini artırarak tüketici egzersiz sonucu oluşabilecek LDL artışını engellemiş ve böylece kardiyovasküler sistemin zarar görmesini önlemiş olduğu düşünülebilir.

Akciğer, doğrudan daha yüksek oksijen gerilimlerine maruz kaldığından, havadaki bir dizi toksik maddeye ve oksidan strese karşı ön savunma hattını temsil eder (Lin vd., 2005). Akut bir tüketici egzersiz sadece serbest radikal üretimini artırmakla kalmaz (Taysi vd., 2008), aynı zamanda serbest radikal temizleme sistemini de bozar (Aydın vd., 2007). Antioksidan enzimler, tüketici egzersiz sırasında üretilen ROS'a karşı ilk savunma hattı olarak kabul edildiğinden SOD, CAT, GSHPx'in aktivitelerini belirledik.

SOD, süperoksit radikali'nin ($O_2 \bullet^-$), hidrojen peroksit'e (H_2O_2) çıkarılmasında önemli bir rol oynar. Tüketici egzersizin, artan oksijen tüketimi veya aktive edilmiş ksantin oksidaz (XO) aktivitesi ile süperoksit radikali üretimini tetiklediği yapılan çalışmalarda gösterilmiştir (Vinña vd., 2000). Bu çalışmada da, E grubunda egzersize yanıt olarak akciğerdeki SOD aktivitesi önemli ölçüde arttı. SOD'un süperoksit radikali substratı tarafından indüklenen bir enzim olduğu bilindiğinden, E grubundaki SOD artış, artan süperoksit radikali üretimine işaret eder. Bu bulgu, yoğun yüzme egzersizinden sonra akciğer dokusundaki SOD aktivitesinin önemli ölçüde arttığına dair Reddy ve arkadaşlarının (1998) yapmış oldukları çalışma ile uyumludur (Reddy vd., 1998). Bununla birlikte, yoğun egzersizden önce AS ile beslenen hayvanların akciğer dokusundaki SOD aktivitesi, kontrol seviyesinin altındaydı, bu da süperoksit radikali üretiminin azaldığını ve AS tarafından sağlanan korumayı gösteriyordu. Antioksidan özelliği nedeniyle, AS'nin potansiyel olarak süperoksit radikallerini temizlediğini ve bu nedenle, tüketici egzersiz sırasında net SOD aktivitesini sürdürdüğünü ve akciğer hücrelerini süperoksit radikali'ne karşı koruduğunu düşünüyoruz. CAT enzimi, oksidatif strese yanıt olarak fazla H_2O_2 'nin yanı sıra lipid peroksitleri temizlemek için GSHPx ile işbirliği yaparak çalışır (Lin vd.,

2005). Tüketici Egzersiz grubunda azalan CAT ve GSHPx seviyesi, akciğeri oksidatif strese daha duyarlı hale getirebilir. Bu çalışmada egzersiz yapılan AS takviyesinin olduğu grupta CAT ve GSHPx enzimlerinin aktivitelerinin arttığını gözlemledik. AS+TE grubunda artan CAT ve GSHPx aktiviteleri, akciğerin egzersiz tarafından oluşturulan oksidatif strese adaptif bir tepkisi gibi görünmektedir. Verilerimiz AS uygulamasının bu enzimlerin aktivitelerini arttırabileceğini ve böylece akciğeri oksidatif stresten koruyabileceğini göstermektedir. Bu bulgular Lin ve arkadaşlarının (2005) yapmış oldukları çalışma ile uyumluluk göstermektedir (Lin vd., 2005).

Sonuç olarak, tüketici egzersiz uygulaması, akciğerlerde oksidatif strese, antioksidan tepkilere ve plazma lipid parametrelerinde bozulmalara neden olduğu gözlenmiştir. Bu çalışma, AS takviyesinin akciğerlerdeki MDA seviyesinde yükselmeleri önleyebileceği ve tüketici egzersizden sonra pulmoner antioksidan savunma sistemlerini olumlu yönde etkileyebileceği kanaatine varılmıştır.

Kaynakça

- Aydın, C., Ince, E., Koparan, S., Cangul, I. T., Naziroglu, M., & Ak, F. (2007). Protective effects of long term dietary restriction on swimming exercise-induced oxidative stress in the liver, heart and kidney of rat. *Cell Biochemistry and Function: Cellular biochemistry and its modulation by active agents or disease*, 25(2), 129-137.
- Badalzadeh, R., Shaghghi, M., Mohammadi, M., Dehghan, G., & Mohammadi, Z. (2014). The effect of cinnamon extract and long-term aerobic training on heart function, biochemical alterations and lipid profile following exhaustive exercise in male rats. *Advanced pharmaceutical bulletin*, 4(Suppl 2), 515.
- Booth, F. W., Roberts, C. K., & Laye, M. J. (2012). Lack of exercise is a major cause of chronic diseases. *Comprehensive physiology*, 2(2), 1143.
- Brites, F., Zago, V., Verona, J., Muzzio, M. L., Wikinski, R., & Schreier, L. (2006). HDL capacity to inhibit LDL oxidation in well-trained triathletes. *Life sciences*, 78(26), 3074-3081.
- Chenni, A., Yahia, D. A., Boukott, F., Prost, J., Lacaille-Dubois, M., & Bouchenak, M. (2007). Effect of aqueous extract of *Ajuga reptans* supplementation on plasma lipid profile and tissue antioxidant status in rats fed a high-cholesterol diet. *Journal of ethnopharmacology*, 109(2), 207-213.
- Conti, V., Izzo, V., Corbi, G., Russomanno, G., Manzo, V., De Lise, F., Di Donato, A., & Filippelli, A. (2016). Antioxidant supplementation in the treatment of aging-associated diseases. *Frontiers in pharmacology*, 7, 24.
- Droge, W. (2002). Free radicals in the physiological control of cell function. *Physiological reviews*, 82(1), 47-95.
- Ensign, W. Y., McNamara, D. J., & Fernandez, M. L. (2002). Exercise improves plasma lipid profiles and modifies lipoprotein composition in guinea pigs. *The Journal of nutritional biochemistry*, 13(12), 747-753.
- Harman, D. (2006). Free radical theory of aging: an update: increasing the functional life span. *Annals of the New York academy of sciences*, 1067(1), 10-21.
- Hosseinzadeh, H., Tabassi, S. A. S., Moghadam, N. M., Rashedinia, M., & Mehri, S. (2012). Antioxidant activity of *Pistacia vera* fruits, leaves and gum extracts. *Iranian journal of pharmaceutical research: IJPR*, 11(3), 879.

- Hu, F. B., Sigal, R. J., Rich-Edwards, J. W., Colditz, G. A., Solomon, C. G., Willett, W. C., Speizer, F. E., & Manson, J. E. (1999). Walking compared with vigorous physical activity and risk of type 2 diabetes in women: a prospective study. *Jama*, 282(15), 1433-1439.
- Huang, Q., Ma, S., Tominaga, T., Suzuki, K., & Liu, C. (2018). An 8-Week, Low carbohydrate, high fat, ketogenic diet enhanced exhaustive exercise capacity in mice Part 2: Effect on fatigue recovery, post-exercise biomarkers and anti-oxidation capacity. *Nutrients*, 10(10), 1339.
- Jen, C. J., Chan, H.-P., & Chen, H.-i. (2002). Chronic exercise improves endothelial calcium signaling and vasodilatation in hypercholesterolemic rabbit femoral artery. *Arteriosclerosis, thrombosis, and vascular biology*, 22(7), 1219-1224.
- Jones, D. P. (2006). Redefining oxidative stress. *Antioxidants & redox signaling*, 8(9-10), 1865-1879.
- Kawamura, T., & Muraoka, I. (2018). Exercise-induced oxidative stress and the effects of antioxidant intake from a physiological viewpoint. *Antioxidants*, 7(9), 119.
- Keskin, E., Dönmez, N., Kılınçarslan, G., Kandır, S., 2016. Beneficial Effect of Quercetin on Some Haematological Parameters in Streptozotocin-Induced Diabetic Rats. *Bull. Env. Pharmacol. Life Sci.*, 5(6), 65-68.
- Kılınçarslan, G., 2019. The Effect of Body Mass Index on Physical Activity Level in Children between 10-11 Years of Age. *Asian Journal of Education and Training*, 5(1), 193-197.
- Kılınçarslan, G., Dönmez, N., 2019. Effect of Quercetin Administration and Exercise on Plasma Cytokine Levels in Rats with STZ Induced Diabetes. *Bull. Env. Pharmacol. Life Sci.*, 8(2), 119-127.
- Li, J., Feng, M., Begna, D., Fang, Y., & Zheng, A. (2010). Proteome comparison of hypopharyngeal gland development between Italian and royal jelly producing worker honeybees (*Apis mellifera* L.). *Journal of proteome research*, 9(12), 6578-6594.
- Lin, W.-t., Yang, S.-c., Chen, K.-t., Huang, C.-c., & Lee, N.-y. (2005). Protective effects of L-Arginine on pulmonary oxidative stress and anti-oxidant defenses during exhaustive exercise in rats. *Acta Pharmacologica Sinica*, 26(8), 992-999.
- Liu, Z., Zhou, T., Ziegler, A. C., Dimitrion, P., & Zuo, L. (2017). Oxidative stress in neurodegenerative diseases: from molecular mechanisms to clinical applications. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2017.
- Malaguti, M., Angeloni, C., Garatachea, N., Baldini, M., Leoncini, E., Collado, P. S., Teti, G., Falconi, M., Gonzalez-Gallego, J., & Hrelia, S. (2009). Sulforaphane treatment protects skeletal muscle against damage induced by exhaustive exercise in rats. *Journal of Applied Physiology*, 107(4), 1028-1036.
- Maleki, V., Jafari-Vayghan, H., Saleh-Ghadimi, S., Adibian, M., Kheirouri, S., & Alizadeh, M. (2019). Effects of Royal jelly on metabolic variables in diabetes mellitus: A systematic review. *Complementary therapies in medicine*, 43, 20-27.
- Moore, S. C., Lee, I.-M., Weiderpass, E., Campbell, P. T., Sampson, J. N., Kitahara, C. M., Keadle, S. K., Arem, H., De Gonzalez, A. B., & Hartge, P. (2016). Association of leisure-time physical activity with risk of 26 types of cancer in 1.44 million adults. *JAMA internal medicine*, 176(6), 816-825.
- Ogura, S., & Shimosawa, T. (2014). Oxidative stress and organ damages. *Current Hypertension Reports*, 16(8), 452.
- Oláh, A., Németh, B. T., Mátyás, C., Horváth, E. M., Hidi, L., Birtalan, E., Kellermayer, D., Ruppert, M., Merkely, G., & Szabó, G. (2015). Cardiac effects of acute exhaustive exercise in a rat model. *International journal of cardiology*, 182(1), 258-266.
- Pinho, R. A., Andrades, M. E., Oliveira, M. R., Pirola, A. C., Zago, M. S., Silveira, P. C., Dal-Pizzol, F., & Moreira, J. C. F. (2006). Imbalance in SOD/CAT activities in rat skeletal muscles submitted to treadmill training exercise. *Cell Biology International*, 30(10), 848-853.
- Pizzino, G., Irrera, N., Cucinotta, M., Pallio, G., Mannino, F., Arcoraci, V., Squadrito, F., Altavilla, D., & Bitto, A. (2017). Oxidative stress: harms and benefits for human health. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2017.
- Popovic, L. M., Mitic, N. R., Radic, I., Miric, D., Kistic, B., Krdzic, B., & Djokic, T. (2012). The effect of exhaustive exercise on oxidative stress generation and antioxidant defense in guinea pigs. *Advances in Clinical and Experimental Medicine*, 21(3), 313-320.
- Prigol, M., Luchese, C., & Nogueira, C. W. (2009). Antioxidant effect of diphenyl diselenide on oxidative stress caused by acute physical exercise in skeletal muscle and lungs of mice. *Cell Biochemistry and Function: Cellular biochemistry and its modulation by active agents or disease*, 27(4), 216-222.
- Radak, Z., Zhao, Z., Koltai, E., Ohno, H., & Atalay, M. (2013). Oxygen consumption and usage during physical exercise: the balance between oxidative stress and ROS-dependent adaptive signaling. *Antioxidants & redox signaling*, 18(10), 1208-1246.
- Reddy, K. V., Kumar, T. C., Prasad, M., & Reddanna, P. (1998). Pulmonary lipid peroxidation and antioxidant defenses during exhaustive physical exercise: the role of vitamin E and selenium. *Nutrition*, 14(5), 448-451.
- Reimers, C. D., Knapp, G., & Reimers, A. K. (2012). Does physical activity increase life expectancy? A review of the literature. *Journal of aging research*, 2012.
- Sargazi, Z., Nikraves, M. R., Jalali, M., Sadeghnia, H., Anbarkeh, F. R., & Mohammadzadeh, L. (2015). Gender-related differences in sensitivity to diazinon in gonads of adult rats and the protective effect of vitamin E. *International Journal of Women's Health and Reproduction Sciences*, 3(1), 40-47.
- Sies, H. (2015). Oxidative stress: a concept in redox biology and medicine. *Redox biology*, 4, 180-183.
- SIĞ, A. K., Özlem, Ö.-S., & Güney, M. (2019). Royal jelly: a natural therapeutic? *Ortadoğu Tıp Dergisi*, 11(3), 333-341.
- Silici, S., Ekmekcioglu, O., Eraslan, G., & Demirtas, A. (2009). Antioxidative effect of royal jelly in cisplatin-induced testes damage. *Urology*, 74(3), 545-551.
- Simioni, C., Zauli, G., Martelli, A. M., Vitale, M., Sacchetti, G., Gonelli, A., & Neri, L. M. (2018). Oxidative stress: role of physical exercise and antioxidant nutraceuticals in adulthood and aging. *Oncotarget*, 9(24), 17181-17198.
- Stanton, T., Haluska, B. A., Leano, R., Marwick, T. H., & Investigators, C. (2014). Hemodynamic benefit of rest and exercise optimization of cardiac resynchronization therapy. *Echocardiography*, 31(8), 980-988.
- Suzuki, K. (2019). Chronic inflammation as an immunological abnormality and effectiveness of exercise. *Biomolecules*, 9(6), 223-234.
- Suzuki, K., Tominaga, T., Ruhee, R. T., & Ma, S. (2020). Characterization and modulation of systemic inflammatory response to exhaustive exercise in relation to oxidative stress. *Antioxidants*, 9(5), 401-422.
- Tan, B. L., Norhaizan, M. E., Huynh, K., Heshu, S. R., Yeap, S. K., Hazilawati, H., & Roselina, K. (2015). Water extract of brewers' rice induces apoptosis in human colorectal cancer cells via activation of caspase-3 and caspase-8 and downregulates the Wnt/ β -catenin downstream signaling pathway in brewers' rice-treated rats with azoxymethane-induced colon carcinogenesis. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 15(1), 1-14.

- Taniyama, Y., & Griendling, K. K. (2003). Reactive oxygen species in the vasculature: molecular and cellular mechanisms. *Hypertension*, 42(6), 1075-1081.
- Taysi, S., Oztasan, N., Efe, H., Polat, M., Gumustekin, K., Siktar, E., Canakci, E., Akcay, F., Dane, S., & Gul, M. (2008). Endurance training attenuates the oxidative stress due to acute exhaustive exercise in rat liver. *Acta Physiologica Hungarica*, 95(4), 337-347.
- Thomas, D., & Marshall, K. (1988). Effects of repeated exhaustive exercise on myocardial subcellular membrane structures. *International journal of sports medicine*, 9(04), 257-260.
- Vinña, J., Gomez-Cabrera, M. C., Lloret, A., Marquez, R., Minana, J. B., Pallardó, F. V., & Sastre, J. (2000). Free radicals in exhaustive physical exercise: mechanism of production, and protection by antioxidants. *IUBMB life*, 50(4-5), 271-277.
- Viuda-Martos, M., Ruiz-Navajas, Y., Fernández-López, J., & Pérez-Álvarez, J. (2008). Functional properties of honey, propolis, and royal jelly. *Journal of food science*, 73(9), R117-R124.
- Xiong, Y., Xiong, Y., Wang, Y., Zhao, Y., Li, Y., Ren, Y., Wang, R., Zhao, M., Hao, Y., & Liu, H. (2018). Exhaustive-exercise-induced oxidative stress alteration of erythrocyte oxygen release capacity. *Canadian journal of physiology and pharmacology*, 96(9), 953-962.
- Xu, J., & Li, Y. (2012). Effects of salidroside on exhaustive exercise-induced oxidative stress in rats. *Molecular medicine reports*, 6(5), 1195-1198.
- Yada, K., Roberts, L. A., Oginome, N., & Suzuki, K. (2020). Effect of acacia polyphenol supplementation on exercise-induced oxidative stress in mice liver and skeletal muscle. *Antioxidants*, 9(1), 29.
- Yang, D. K., Lee, S.-J., Adam, G. O., & Kim, S.-J. (2020). *Aralia continentalis kitagawa* Extract Attenuates the Fatigue Induced by Exhaustive Exercise through Inhibition of Oxidative Stress. *Antioxidants*, 9(5), 379.
- Zhang, H., Liu, M., Zhang, Y., & Li, X. (2019). Trimetazidine attenuates exhaustive exercise-induced myocardial injury in rats via regulation of the Nrf2/NF- κ B signaling pathway. *Frontiers in pharmacology*, 10, 175.