



FONKSİYONEL BESİNLERİN OKSİDATİF STRES ÜZERİNE ETKİLERİ

AYŞENUR EMİRHÜSEYİNOĞLU¹ , ZEYNEP KOÇ ÖZERSON² , MÜVEDDET EMEL ALPHAN¹ 

ÖZET

Fonksiyonel besinler, içerdikleri biyoaktif bileşenler sayesinde sağlık üzerinde olumlu etkiler yaratabilen ve geleneksel besinlerden farklı olarak belirli sağlık hedeflerine yönelik geliştirilen gıdalar olarak tanımlanır. Bu kavram, ilk kez 1980'lerde Japonya'da ortaya çıkmış ve o zamandan bu yana dünya genelinde hızla yaygınlaşarak gıda ve sağlık endüstrilerinde önemli bir yere sahip olmuştur. Fonksiyonel besinler, yalnızca temel besin öğelerini sağlamanın ötesinde, düzenli ve yeterli düzeyde tüketildiklerinde vücutta çeşitli sağlık yararları sunabilirler. Bu besinler, hastalıkların önlenmesine yardımcı olma, bağışıklık sistemini güçlendirme ve genel refahı artırma gibi potansiyellere sahiptir. Fonksiyonel besinlerin içeriğinde bulunan antioksidanlar, özellikle oksidatif stresle mücadelede kilit bir rol oynar. Oksidatif stres, organizmada reaktif oksijen ve nitrojen türlerinin üretiminin artması ve vücudun doğal antioksidan savunma mekanizmalarının bu duruma karşı yetersiz kalması sonucu meydana gelir. Bu durum, hücre hasarına neden olabilir ve kardiyovasküler hastalıklar, kanser, diyabet gibi birçok kronik hastalığın gelişiminde rol oynar. Fonksiyonel besinlerin içerdiği biyoaktif bileşenler, bu tür süreçlere karşı vücudu koruyarak hastalık riskini azaltabilir ve sağlığı optimize edebilir. Böylece, fonksiyonel besinler hem koruyucu bir etki sunar hem de bireylerin günlük yaşam kalitesini artırma potansiyeline sahiptir.

Fonksiyonel besinler, oksidatif stresle mücadelede ve vücuttaki biyokimyasal dengenin korunmasında önemli bir rol oynayabilir. Bu tür besinler, içerdikleri biyoaktif bileşenler sayesinde vücudun savunma mekanizmalarını destekleyerek oksidatif stresin neden olduğu hücre hasarını azaltabilir. Örneğin, yeşil çay, polifenol adı verilen güçlü antioksidan bileşenler bakımından zengindir. Bu polifenoller, vücutta serbest radikallerin etkisini azaltarak hücreleri korur ve oksidatif stresi minimize eder. Benzer şekilde, kahve de biyoaktif bileşenler içerir ve nükleer faktör eritroid 2 yolaklarını aktive ederek hücrel koruyucu proteinlerin üretimini teşvik edebilir. Ancak bu etkiler, kanser hücrelerinde istenmeyen sonuçlara yol açabilir. Akdeniz diyetinin vazgeçilmez bir öğesi olan zeytinyağının içerdiği bileşikler ile reaktif oksijen türlerinin oluşumunu azalttığı bilinmektedir. EPA, antioksidan enzimlerin ifadesini artırırken, DHA mitokondriyal sağlığı destekleyip inflamasyonu azaltabilir. Kırmızı üzüm içeriğindeki resveratrol, antioksidan özellik göstererek çeşitli hastalıkların önlenmesine yardımcı olmaktadır. Yapılan klinik çalışmalarda, fonksiyonel ve besleyici özellikleri içeriğindeki β-glukana atfedilen yulafın oksidatif stres üzerine olumlu etkileri görülmüştür. Sonuç olarak, fonksiyonel besinlerin sağlıklı bireylerde oksidatif stresin azaltılmasında ve genel sağlık durumunun iyileştirilmesinde önemli bir rol oynayabileceği görülmektedir.

Anahtar kelimeler: fonksiyonel besin, oksidatif stres, antioksidan, beslenme

EFFECTS OF FUNCTIONAL FOODS ON OXIDATIVE STRESS

ABSTRACT

Functional foods are defined as foods that have positive effects on health due to the bioactive components they contain and that are developed for specific health goals, unlike traditional foods. This concept first emerged in Japan in the 1980s and has since spread rapidly around the world, taking on an important place in the food and health industries. Functional foods, beyond just providing basic nutrients, can offer various health benefits to the body when consumed regularly and adequately. These foods have the potential to help prevent diseases, strengthen the immune system and increase general well-being.

Antioxidants found in functional foods play a key role, especially in combating oxidative stress. Oxidative stress occurs when the production of reactive oxygen and nitrogen species in the body increases and the body's natural antioxidant defense mechanisms become inadequate against this condition. This can cause cell damage and play a role in the development of many chronic diseases such as cardiovascular diseases, cancer, and diabetes. The bioactive components contained in functional foods can protect the body against such processes, reduce the risk of disease, and optimize health. Thus, functional foods offer both a protective effect and have the potential to increase the daily quality of life of individuals.

Functional foods can play an important role in combating oxidative stress and maintaining biochemical balance in the body. Such foods can reduce cell damage caused by oxidative stress by supporting the body's defense mechanisms thanks to the bioactive components they contain. For example, green tea is rich in powerful antioxidant components called polyphenols. These polyphenols protect cells by reducing the effects of free radicals in the body and minimize oxidative stress. Similarly, coffee also contains bioactive components and can activate nuclear factor erythroid 2 pathways and stimulate the production of cellular protective proteins. However, these effects can lead to undesirable results in cancer cells. It is known that olive oil, an indispensable element of the Mediterranean diet, reduces the formation of reactive oxygen species with the compounds it contains. EPA increases the expression of antioxidant enzymes, while DHA supports mitochondrial health and can reduce inflammation. Resveratrol in red grapes helps prevent various diseases by showing antioxidant properties. In clinical studies, the positive effects of oats, whose functional and nutritional properties are attributed to the β-glucan in its content, on oxidative stress have been observed. In conclusion, it seems that functional foods can play an important role in reducing oxidative stress and improving general health status in healthy individuals.

Keywords: functional food, oxidative stress, anti-oxidant, nutrition

¹İSTANBUL ATLAS ÜNİVERSİTESİ, SAĞLIK BİLİMLERİ FAKÜLTESİ, BESLENME VE DİYETETİK BÖLÜMÜ, İSTANBUL, TÜRKİYE

²HALIÇ ÜNİVERSİTESİ, SAĞLIK BİLİMLERİ FAKÜLTESİ, BESLENME VE DİYETETİK BÖLÜMÜ, İSTANBUL TÜRKİYE

EMİRHÜSEYİNOĞLU A, KOÇ ÖZERSON Z, ALPHAN ME. FONKSİYONEL BESİNLERİN OKSİDATİF STRES ÜZERİNE ETKİLERİ. ATLJM. 2025;5(12):62-69.

Sorumlu Yazar: AYŞENUR EMİRHÜSEYİNOĞLU

İSTANBUL ATLAS ÜNİVERSİTESİ, SAĞLIK BİLİMLERİ FAKÜLTESİ, BESLENME VE DİYETETİK BÖLÜMÜ, İSTANBUL, TÜRKİYE

Telefon: +904443439

E-mail: aysenureho@gmail.com

Gönderim Tarihi: 12 EYLÜL 2024

Kabul Tarihi: 8 KASIM 2024

GİRİŞ

Yaşamı sürdürmek için gerekli enerji ve besin öğelerini sağladığından dolayı aslında tüm besinler fonksiyoneldir. Ancak, son zamanlarda geleneksel olarak besin ögesi kabul edilmeyen bazı bileşenlerin sağlık açısından faydalı olabileceğine dair kanıtlar artmıştır. Bu bileşenlerden zengin besinler ise "fonksiyonel besin" olarak adlandırılmıştır. Son yıllarda çeşitli sağlık faydalarından dolayı bu besinlere ilgi oldukça artmıştır. Bu sağlık faydalarından biri de fonksiyonel besinlerin antioksidan özelliklere sahip olmaları ve oksidatif stres üzerine etkileridir (1).

FONKSİYONEL BESİNLER

Fonksiyonel besin terimi ilk olarak 1980'li yıllarda Japonya'da kullanılmaya başlanmıştır fakat bu terim için ortak bir tanım yoktur (2). Fonksiyonel besin terimi için farklı tanımlar olmakla birlikte Amerika Birleşik Devletleri (ABD) Beslenme ve Diyetetik Akademisi fonksiyonel besinleri "çeşitli bir diyetin parçası olarak etkili düzeylerde düzenli olarak tüketildiğinde sağlık üzerinde potansiyel olarak yararlı bir etkiye sahip olan, güçlendirilmiş, zenginleştirilmiş veya geliştirilmiş gıdaların yanı sıra bütün gıdalar" olarak tanımlamaktadır (1).

Ülkemizde ise 5179 sayılı "Gıdaların Üretimi, Tüketimi ve Denetlenmesine Dair Kanun Hükmünde Kararnamenin Değiştirilerek Kabulü Hakkında Kanun" ile fonksiyonel besinler ilk defa 2004 yılında mevzuatımıza girmiştir. Bu kanunda fonksiyonel/özel beyanlı gıdalar, "besleyici etkilerinin yanı sıra bir ya da daha fazla etkili bileşene bağlı olarak sağlığı koruyucu, düzeltici ve/veya hastalık riskini azaltıcı etkiye sahip olup, bu etkileri bilimsel ve klinik olarak ispatlanmış gıdalar" olarak tanımlanmıştır (3).

ABD Beslenme ve Diyetetik Akademisi fonksiyonel besinleri üç genel kategoriye ayırmaktadır. Bu kategoriler şöyledir:

- Doğal biyoaktif gıda bileşenleri içeren geleneksel besinler,
- Zenginleştirme yoluyla biyoaktif gıda bileşikleri içeren besinler,
- Oligosakkaritler veya dirençli nişasta gibi prebiyotik faydalar sağlayan, sindirilmeyen karbonhidratlar gibi sentezlenen gıda bileşenleri (1).

Nutrasötikler, sıklıkla fonksiyonel besin teriminin yerine kullanılmaktadır ancak nutrasötik terimi sağlık açısından fayda sağlayan hemen hemen her biyoaktif bileşeni (genellikle de takviye formu) ifade ettiğinden iki terimin birbirinin yerine kullanılması doğru değildir. Tıbbi gıdalar ve diyet takviyeleri de fonksiyonel besin olarak nitelendirilemez. Tıbbi gıdalar, hastalık tedavisi için bir doktor tarafından uygulanmak üzere formüle edilen gıdalardır. Diyet takviyeleri ise diyeti tamamlamayı amaçlayan gıda dışı formdaki ürünlerdir (4).

Fonksiyonel besinlerin düzenlenmesinde lider konumda olan Japonya, FOSHU programı ile fonksiyonel besinlere yönelik sağlık iddialarına izin veren, bilimsel kanıtları kullanan ilk ülkedir. FOSHU olarak onaylanan ürünlerin etiketlerinde FOSHU onay mührü kullanılır ve 2010 yılı itibarıyla FOSHU onaylı ürünlerin sayısı 950'nin üzerine çıkmıştır (5).

OKSİDATİF STRES

Oksidatif stres, reaktif oksijen türleri (ROS)/reaktif nitrojen türleri (RNS) oluşumu ile organizmanın antioksidatif koruma sistemleri aracılığıyla bunların etkilerini engelleme kapasitesi arasındaki dengenin olumsuz yönde bozulması olarak tanımlanmıştır (6). Oksidatif stres, artan ROS/RNS oluşumundan veya antioksidan koruyucu yeteneğin bozulmasından kaynaklanır; endojen sistemlerin hedef biyomoleküllere yönelik oksidatif saldırıya karşı mücadele etme kapasitesinin azalması ile karakterize edilir. Oksidatif streste serbest radikallerin sebep olduğu hasarın, nörodejeneratif, kardiyovasküler, inflamatuvar hastalıklar başta olmak üzere birçok hastalığın patogenezine ve patofizyolojisine katkıda bulunduğu bilinmektedir (7).

Serbest radikaller, dış yörüngede eşleşmemiş bir elektrona sahip olan reaktif kimyasal türleri ifade eder. ROS, hidrojen peroksit (H_2O_2), süperoksit (O_2^-), tekli oksijen ($1/2 O_2$) gibi hem serbest radikal hem de serbest olmayan oksijenli moleküller olabilir (8). Serbest radikaller, hücre solunum, fagosit aktivasyonunu içeren mikrobiyal enfeksiyonlara maruz kalma, yoğun fiziksel aktivite veya sigara dumanı, alkol, ultraviyole radyasyonlar, pestisitler ve ozon gibi toksinlerin etkisi gibi aerobik süreçlerde üretilir. Düşük miktardaki ROS, transkripsiyon faktörlerini tetikleyerek hücre çoğalması, apoptoz ve gen ekspresyonunun düzenlenmesinde rol oynayan sinyal moleküllerini ifade eder. Bunların fagositler tarafından üretilmesi, çeşitli bakteri veya mantar türlerine karşı savunma mekanizmasında oldukça önemlidir (9).

ROS, normal aerobik metabolizmada bir yan ürün olarak üretilmektedir ancak stres altında artan ROS seviyeleri sağlık açısından tehlike oluşturur. ROS üretiminden sorumlu ana organel mitokondridir. Mitokondri oksidatif fosforilasyon yoluyla adenozin trifosfat (ATP) üretir. Elektron taşıma zincirinde (ETZ), elektronlar dört membrana bağlı kompleks aracılığıyla nikotinamid adenin dinükleotid hidrit (NADH) ve flavin adenin dinükleotid (FADH₂)ten oksijene aktarılır. Bu süreçte elektronlar iç zardan sızar ve oksijeni süperoksit radikal anyonlarına (O₂⁻) indirgeyebilir, hidrojen peroksit (H₂O₂), hidroksil radikalleri (OH•) ve hidroksil iyonları (OH⁻) gibi ROS'lara yol açabilir (10). RNO ise O₂ nitrik oksit (NO) ile reaksiyona girerek peroksinitrit (ONOO⁻) oluşturduğunda ortaya çıkar. ROS/RNS tarafından başlatılan deoksiribonükleik asit (DNA), ribonükleik asit (RNA), lipitler ve protein yapısındaki değişiklikler daha sonra daha reaktif moleküllerin oluşmasıyla sonuçlanabilir (11).

Oksitlenebilir bir substratla karşılaştığında substratın oksidasyonunu geciktirebilen veya önleyebilen bileşiklere biyolojik antioksidan denir. Antioksidan fonksiyonu, oksidatif stresin, DNA mutasyonlarının, malign dönüşümlerin ve ayrı hücre hasarının diğer etkilerinin azaltılmasını içerir (12). Antioksidan savunma sistemleri; ROS oluşumunu engelleyebilir, oluşan radikalleri bloke edip yakalayabilir veya hasarlı biyomoleküllerin bir araya gelerek hücre metabolizmasının değişmesine imkân vermeden önce bu molekülleri ortadan kaldırarak onarım süreçlerini sürdürmesini sağlayabilir (13).

Fizyolojik koşullar altında prooksidan ve antioksidan bileşikler arasındaki dengenin prooksidanların lehine olduğu durumlarda oksidatif stres meydana geldiği ve bu durumun organizmanın endojen antioksidan sistemlerinin müdahalesini gerektirdiği bilinmektedir. Bu koşullarda hücrenin redoks homeostazisi, süperoksit dismutaz, katalaz, glutatyon peroksidaz gibi endojen antioksidan enzimleri ve glutatyon, proteinler (ferritin, transferrin, seruloplazmin), ürik asit, koenzim Q, lipoik asit gibi enzimatik olmayan endojen antioksidan savunma sistemi tarafından sağlanır (13).

Diyetle alınan C ve E vitamini, karotenoidler ve fenolikler gibi fenolik asitler, sinnamik ve hidrosinnamik asit türevleri, flavonoidler, flavonoller, flavanlar gibi antioksidanlar ana ekzojen antioksidanlar olarak kabul edilmektedir (8). Yapılan çalışmalar, meyveler, sebzeler, tam tahıllar, baklagiller ve n-3 yağ asitleri açısından zengin bir diyetin hastalık oluşumunu önleyici ajanlar olarak çalışabildiğini kanıtlamıştır (14). Ekzojen antioksidanların bir

diğer kaynağı ise diyetle eksik olan veya yeterli miktarlarda bulunmayan vitaminler, mineraller, lifler, yağ asitleri veya amino asitler gibi besin öğelerinin sağlayıcısı olan besin takviyeleridir. Besin takviyeleri, retinoidler, karotenler, tokoferoller, likopen, lutein, ubikinon, glutatyon, polifenoller, resveratrol gibi bir dizi antioksidan içerebilir (8).

FONKSİYONEL BESİNLERİN OKSİDATİF STRES ÜZERİNE ETKİLERİ

Yeşil Çay

Yeşil çay, *Camellia sinensis* bitkisinin yapraklarından elde edilir ve özellikle epigallokateşin gallat (EGCG), kateşin, galaktatekin, epigallokateşin, epikateşin gibi polifenolik bileşikler açısından zengin bir içeriğe sahiptir (15). EGCG, tüm yeşil çay kateşinlerinin yarısından fazlasını oluşturur ve bir fincan demlenmiş yeşil çay yaklaşık 200-300 mg EGCG içerir (16). EGCG'nin biyolojik etkileri plazma konsantrasyonuna bağlıdır. Düşük veya orta dereceli EGCG konsantrasyonları (plazma seviyeleri $\leq 10 \mu\text{M}$), esas olarak hücre korumasını teşvik eden sinyal iletim yollarının uyarılması için gerekli olan düşük miktarlarda ROS'nin üretiminin indüklemesi aracılığıyla antioksidan etki gösterebilir. Bununla birlikte, yüksek EGCG konsantrasyonları ($> 10 \mu\text{M}$) H₂O₂ üretimine yol açan otooksidasyondan kaynaklı direkt prooksidan etki gösterebilir. Dolaylı prooksidan etkiler, Fe (III)'ün Fe (II)'ye indirgenmesi nedeniyle daha güçlü ROS üretilmesi ile ilişkilidir (17).

Yeşil çayda en çok bulunan kateşin EGCG'nin insan kardiyomiyositlerinde sigara dumanı kaynaklı inflamasyonu in vitro hafifletip hafifletmeyeceğini araştıran bir çalışmanın sonucunda EGCG tedavisinin hücre içi ve mitokondriyal ROS oluşumunu azalttığı ve antioksidan tükenmesini önlediği görülmüştür. Ayrıca EGCG tedavisi, ERK1/2, p38, MAPK ve NF- κ B yollarının inhibisyonu yoluyla sigara dumanının neden olduğu IL-8 üretimini azaltmıştır ve hücre apoptozunu inhibe etmiştir (18).

Yeşil çayın obez kadın bireylerin oksidatif stres ve inflamatuvar sitokin biyobelirteçleri üzerinde etkisini araştıran bir çalışmaya obez ve normal kilolu kadınlar dahil edilmiştir. Başlangıçta obez kadınlarda ötrofik gruba göre malondialdehit (MDA) seviyelerinin daha yüksek, trolox eşdeğer antioksidan kapasitesi (TEAC) değerlerinin ise daha düşük olduğu görülmüştür. Obez bireylere uygulanan 8 haftalık yeşil çay müdahalesinden sonra MDA %4,7 azalmıştır ve TEAC %10 artmıştır. Tedavi sonrası IL-6 serum düzeyleri %12,7 azalmıştır (19).

EGCG'nin bir sıçan pnömoni modelinde inflamasyon, oksidatif stres, apoptozis ve otofaji üzerindeki etkilerini değerlendirmeyi amaçlayan bir çalışmanın sonucunda EGCG'nin lipopolisakkarit kaynaklı inflamatuvar yolakların aktivasyonunu baskıladığı gösterilmiştir (20).

Kahve

Kahve, dünya genelinde en yaygın tüketilen alkolsüz içeceklerin başında gelir. Kahvenin en önemli biyoaktif bileşenlerinden biri metil-ksantin alkaloid kafeindir. Kafein, besin ögesi olmayan ve uyarıcı etki gösteren bir gıda bileşimidir. Klorojenik asitler (CGA), kahvede bulunan diğer önemli biyoaktif bileşenlerdendir. Kavrulmuş kahve bol miktarda biyoaktif bileşen içermektedir (21).

Kahvenin oksidatif stres üzerine gösterdiği etkiler de nükleer faktör eritroid 2 (NRF2) önemli bir rol oynamaktadır. Kahve fitokimyasalları, bir miktar oksidatif stres altındaki hücrelerde oksidatif stresi etkisizleştiren majör koruma mekanizması olarak bilinen NRF2'yi indükler veya aktive eder (22). Antioksidan aktivite ile ilişkili NRF2 tarafından düzenlenen genler arasında glutatyon peroksidaz hem oksijenaz-1, glutatyon redüktazlar, süperoksit dismutaz, kinon oksidoredüktaz bulunur. İndüklenen NRF2'ye bağımlı yolak ve genlerin tümü hücrel koruyucu protein olarak görev alır (23).

NRF2 aktivasyonu, oksidatif stresin hafifletilmesinde önemli bir rol oynamasına rağmen, kanser hücrelerinde artan NRF2 seviyeleri malign ilerleme ve ilaç direnci ile ilişkilidir (24). Kanser hücrelerindeki NRF2 seviyeleri, NRF2'yi aşırı aktive eden mutasyonlar nedeniyle artar bu durum da pro-onkogenik yolları ve antikanser ajanlara karşı direnç gelişimini artırır. Özetle, kahve düşük düzeyde ROS gerektiren normal hücrelerde faydalı olabilir ancak kanser hücrelerinde karsinogenezin artmasına neden olabilir (25).

Sağlıklı yetişkinlerde kahve tüketiminin lipit profili ve antioksidan kapasite üzerindeki etkisini araştıran bir randomize kontrollü çalışmaya 38 erkek ve 37 kadın olmak üzere 75 katılımcı dahil edilmiştir. Kontrol grubu kahve tüketmezken, müdahale grubu orta CGA (420 mg) grubu ve yüksek CGA (780 mg) grubu olarak ikiye ayrılıp 8 hafta boyunca günde 400 ml kahve tüketmiştir. Kahve tüketiminden 1 saat ve 8 hafta sonra, kahve içen gruplarda kafeik ve ferulik asit konsantrasyonları artmıştır ancak 2 grubun değerlerinin önemli ölçüde farklı olduğu görülmüştür; kontrol grubunda kafeik ve ferulik asit konsantrasyonları tespit edilmemiştir. Tüketimden 1 saat sonra,

kontrol grubundaki plazma antioksidan kapasitesinin başlangıç değerinden (-%2) önemli ölçüde düşük olduğu halde orta CGA (%6) ve yüksek CGA (%5) gruplarında önemli ölçüde yüksek olduğu görülmüştür. 8 hafta sonra gruplar arasında lipit, vasküler endotel fonksiyonu (FMD), kan basıncı veya NO plazma metabolit değerlerinde anlamlı bir fark gözlenmemiştir (26).

Yüksek miktarda CGA içeren Conilon kahvesinin Alzheimer hastalığı olan yaşlı bireylerde bilişsel fonksiyonlar ve oksidatif stres üzerindeki etkisini inceleyen bir pilot çalışmada Alzheimer hastalığı tanısı alan 9 yaşlı birey 90 gün boyunca en az 200 mL Conilon kahvesi tüketmiştir. Çalışmanın sonunda katılımcıların bilişsel işlevlerinde önemli bir iyileşme görülürken ileri oksidasyon protein ürünlerinde ve tiyobarbiturik asit reaktif türlerinde önemli bir azalma olduğu görülmüştür. Kahve tüketiminin herhangi bir kan parametresi üzerine önemli bir etkisi olmadığı bildirilmiştir. Bu pilot çalışma ile yüksek miktarda CGA içeren kahve tüketiminin hedef organlarda olası toksisite belirtilerini gösteren kan parametrelerini değiştirmeden bilişsel işlevleri iyileştirdiği ve oksidatif stresi azalttığı ilk kez gösterilmiştir (27).

Zeytinyağı

Akdeniz diyetinin önemli bir ögesi olan zeytinyağı, farklı biyoaktif bileşenleriyle zengin bir lipit ağı sağlayarak Akdeniz diyet modelinin sağlığa faydalı etkilerine katkıda bulunur. Zeytinyağının kimyasal bileşimi zeytin çeşidine, çevre koşullarına, işleme yöntemlerine göre farklılık gösterse oleik asit ana bileşendir. Fenolik asitler, tirozoller, flavonoidler, lignanlar fenolik kısmının ana bileşenleridir (28).

En yaygın tekli doymamış yağ asitlerinden (TDYA) biri olan oleik asit, zeytinyağında yüksek miktarda bulunur. Yapılan çalışmalarda oleik asitin uzun zincirli doymuş yağ asitlerinin hepatositler üzerindeki etkilerini ortadan kaldırarak, doymuş yağ asidi kaynaklı lipotoksisteyi sınırlamak, ROS üretimini azaltmak, NF- κ B'yi inhibe etmek gibi faaliyetlerle anti-inflamatuvar etki gösterdiği bildirilmiştir (29).

Yapılan çalışmalar ekstra sızma zeytinyağı (ESZ) bileşenlerinin oksidatif strese karşı etkili güçlü antioksidanlar olduğunu göstermiştir. Ateroskleroz gelişimi sırasında damarın tunika intimasına giren LDL, ROS tarafından oksitlenir ve oksitlenen LDL arter duvarına daha fazla zarar verir. ESZ tüketiminin okside LDL (ox-LDL) oluşumu üzerindeki koruyucu etkisi, esas olarak fenolik bileşiklerinin

LDL parçacıklarını bağlama ve onları oksidasyona karşı koruma kapasitesinden kaynaklanmaktadır (30). ESZ'nin oksidatif stres üzerinde etkilerinin altında yatan kesin mekanizmalar hala araştırılsa da son araştırmalar zeytinyağında bulunan bileşenlerin NRF2 modülasyonunda rol oynadığını işaret etmektedir. Bu yolun aktivasyonu, antioksidan enzimlerin ekspresyonunu teşvik eder (31).

25 Tip 2 Diyabetli (T2DM) hasta ile yapılan bir çalışmada katılımcılar iki gruba ayrılmıştır. Birinci gruba ESZ ile zenginleştirilmiş 40 g çikolata verilirken, ikinci gruba 40 g çikolata verilmiştir. 10 günlük arınma süresinin ardından birinci gruba 40 g çikolata verilirken ikinci gruba ESZ ile zenginleştirilmiş 40 g çikolata verilmiştir. ESZ ile zenginleştirilmiş çikolata grubunda FMD, NO mevcudiyeti ve H₂O₂ parçalama aktivitesinde önemli bir artış gözlemlenmiştir. Kontrol çikolata grubunda ise anlamlı bir değişiklik gözlenmemiştir. 40 g ESZ ile zenginleştirilmiş çikolatanın uygulanması, T2DM'li hastalarda artmış endotel fonksiyonu ve oksidatif stresin azalması ile ilişkilidir. ESZ ile zenginleştirilmiş çikolatanın kronik olarak alınmasının T2DM'li hastalarda vasküler fonksiyon, oksidatif stres ve kardiyovasküler komplikasyonlar üzerindeki etkisini analiz etmek için gelecekteki çalışmalara ihtiyaç vardır (32).

Zeytinyağının fenolik içeriğinin ox-LDL, MDA ve plazmanın demir indirgeme yeteneği üzerindeki etkisini değerlendiren bir meta-analizin sonucunda ox-LDL ve MDA düzeylerinde anlamlı bir azalma görülmüştür. Doz-cevap analizi sonucunda zeytinyağının fenolik içeriği ile ox-LDL arasında anlamlı ve doğrusal bir ilişki olduğu görülmüştür (33).

Balık Yağı

Diyet yağının miktarı ve türü, başta yağ dokusu fonksiyonu üzere tüm vücut metabolizmasını etkileyen önemli faktörlerdir. TDYA ve çoklu doymamış yağ asitleri (ÇDYA) metabolizmada yararlı aktivitelere sahiptir. ÇDYA'lar n-3 ve n-6 olmak üzere gruplara ayrılır. İnsanlar, uzun zincirli yağ asitlerinin 15. karbonuna çift bağ eklemek için gerekli olan n-3 desatürazına sahip değildir bu nedenle α -linoleik asit (ALA)(18:3 n-3) ve linoleik asidi (LA) (18:2 n-6) endojen olarak sentezleyemezler. ALA'ya ek olarak, eikosapentaenoik asit (EPA)(20:5 n-3) ve dokosapentaenoik asit (DHA)(22:6 n-3) de n-3 türlerinin en önemli biyoaktif bileşenlerindedir. DHA ve EPA birçok yararlı etkiye sahiptirler. KVH riski azaltıp, insülin direnci ve obezitenin ilerlemesini önleyebilirler (34).

n-3, ÇDYA lipid metabolizmasını kontrol eder, yağ asidi oksidasyonunu ve lipogenezin baskılanmasını teşvik

eder. DHA ve EPA, adenosin monofosfat ile aktifleştirilen protein kinaz (AMPK) aktivitesini başlatır ve bu da yağ asitlerinin β -oksidasyonunu aktifleştirir. DHA ve EPA aynı zamanda enerji metabolizmasını arttırabilen mitokondriyal biyogenezini teşvik etmektedir (35).

Proinflamatuvar etkiye sahip eikosanoidler olan prostaglandinler (PG), adipositler tarafından salgılanır. Tromboksan A2 ve PGE2 gibi araşidonik asit kaynaklı eikosanoidler, EPA kaynaklı olanlardan daha güçlü inflamatuvar etkiye sahiptirler. EPA, hücre zarına dahil olmak için araşidonik asit ile rekabet ettiğinden diyetle EPA alımı araşidonik asit kaynaklı eikosanoidlerin sentezini azaltabilir (36).

Gebelik sırasında artan oksidatif stres, olumsuz doğum sonuçlarıyla ilişkilendirilmiştir. n-3 yağ asidi takviyesi oksidatif stresi azaltabilir; ancak bu ilişki hamilelik sırasında nadiren incelenmektedir. Hamilelik sırasında n-3 yağ asidi takviyesi kullanımı ile idrardaki oksidatif stres biyobelirteç konsantrasyonları arasındaki ilişkiyi değerlendiren bir çalışmada veriler, 2010-2012 yılları arasında ABD'nin 4 şehrinde gebe kadınları kapsayan ileriye dönük bir kohort çalışması olan Bebek Gelişimi ve Çevre Çalışması'ndan (TIDES) alınmıştır. Üçüncü trimesterde n-3 yağ asidi alımı kişinin kendisi tarafından rapor edilmiştir. Üçüncü trimester idrar 8-izo-prostaglandin F2a (8-izo-PGF2 α), bir oksidatif stres biyobelirteci olarak ölçülmüştür. 725 kadından 165'i üçüncü trimesterde n-3 yağ asidi takviyesi kullandığını bildirmiştir. Düzeltilmiş doğrusal modellerde, n-3 yağ asidi kullanımı %10,2 daha düşük 8-izo-PGF2 α seviyeleri ve %10,3 daha düşük metabolit seviyeleri ile ilişkilendirilmiştir. Daha düşük 8-izo-PGF2 α seviyeleri, iltihaplanmadan ziyade oksidatif stresteki bir azalmayı (takviye kullanımıyla yüzde değişim: -18,7, %95 GA: -30,1, -5,32) yansıtır gibi görünmektedir. Genel olarak, üçüncü trimesterde n-3 FA alımı, 8-izo-PGF2 α ve metabolitinin daha düşük konsantrasyonları ile ilişkilendirilmiştir; bu, gebelik sırasında annenin oksidatif stresinde bir azalma olduğunu düşündürmektedir (37).

EPA ve/veya DHA'nın kalp yetmezliğindeki rolünü ve oksidatif stresle olası bağlantısını incelemeyi amaçlayan bir meta-analizin sonucunda, yüksek serum DHA konsantrasyonları kalp yetmezliği oranında %26 azalma, EPA ise majör kardiyovasküler olaylarda %40 azalma ile ilişkilendirilmiştir. Ayrıca EPA ve DHA'nın oksidatif stresi azaltarak kardiyak fonksiyonları iyileştirdiği görülmüştür. EPA, antioksidan enzimlerin ifadesini artırırken, DHA mitokondriyal sağlığı destekleyip inflamasyonu azaltabilir. Sonuç olarak, EPA ve/veya DHA, oksidatif stresi düzenleyerek kalp yetmezliği riskini azaltma potansiyeline sahiptir (38).

Kırmızı Üzüm

Kırmızı üzüm, resveratrol denilen yüksek antioksidan ve antiinflamatuvar etkinlik gösteren polifenolik bileşikleri ihtiva eder. Resveratrolün etki mekanizmaları tam olarak anlaşılmasa da mitokondriyal aktivitedeki değişiklikler, lipit birikiminin bloke edilmesi, inflamasyonun azaltılması, insülin sinyalinin iyileştirilmesi ve redoks dengesinin modülasyonu gibi etkilerle obezite, T2DM ve kanser gibi çeşitli hastalıkların ortaya çıkmasını önlediği düşünülmektedir (39).

Birçok çalışma resveratrolün endojen antioksidan savunmayı güçlendirdiğini ve inflamasyonu iyileştirdiğini desteklemektedir. Yakın zamanda yapılan bir çalışma, resveratrolün ROS üretimini ve MAPK yolunun inhibisyonu aracılığıyla inflamasyonu azalttığını göstermiştir (40). Ek olarak, resveratrolün NF- κ B yolunu modüle etme ve proinflamatuvar sitokinleri azaltma yeteneği antiinflamatuvar etki için oldukça önemlidir (41).

Yaşlı kadınlarda üzüm suyu ve egzersizin oksidatif stres üzerine etkilerini değerlendirmek amacıyla 59 yaş üstü 29 sağlıklı kadın üzüm suyu grubu, plasebo+egzersiz grubu ve üzüm suyu+egzersiz grubu olarak üç gruba ayrılmıştır. 1 ay boyunca üzüm suyu grubu 400 ml/gün üzüm suyu tüketirken egzersiz grupları haftada 2 kez 60 dakikalık egzersiz seansına tabi tutulmuştur. Üzüm suyu tüketimiyle ilişkili olsun ya da olmasın fiziksel antrenman protokolü, yaşlı kadınlarda antiinflamatuvar etkiler ve antioksidan savunmalarda (enzimatik olmayan ve enzimatik) bir etki göstermiştir. Ancak üzüm suyu grubunda egzersiz yapılmadan polifenol içeriğine atfedilebilecek enzimatik olmayan antioksidan savunmada bir artış gözlemlenmiştir (42).

Üzüm suyu tüketiminin genç voleybolcularda oksidatif stres ve inflamasyon üzerine etkilerini değerlendirmek amacıyla tasarlanan bir çalışmaya 12 erkek voleybolcu dahil edilmiştir. Katılımcılar kontrol grubu, plasebo grubu ve günde 400 mL üzüm suyu tüketen müdahale grubu olmak üzere üç gruba ayrılmıştır. Üzüm suyu tüketimi, maç sonrasında lipit peroksidasyonunu ve DNA hasarını önemli ölçüde azaltmıştır. Maç sonrası IFN- γ seviyeleri, IL-4, kreatin kinaz ve histon H4 asetilasyonu üzüm suyu tüketimiyle değişmemiştir. Kontrol grubu ve müdahale grubunda akut egzersiz sonrasında alt ekstremitelerde gücü artmıştır. Bu pilot denemede, iki hafta boyunca üzüm suyu alımının, epigenetik etki olmaksızın, aralıklı fiziksel egzersizden kaynaklanan protein oksidasyonunu ve DNA hasarını azalttığı görülmüştür (43).

Resveratrolün oksidatif stres ve sirtuin 1 üzerindeki etkisini değerlendirmeyi amaçlayan randomize kontrollü bir çalışmada T2DM'li 97 yaşlı yetişkin birey 1000 mg/gün resveratrol alan grup, 500 mg/gün resveratrol alan grup ve plasebo grubu olmak üzere üç gruba ayrılmıştır. Altı ayın sonunda 1000 mg/gün resveratrol alan grupta toplam antioksidan kapasitesi ve sirtuin 1 düzeylerinde anlamlı bir artış görülürken plasebo grubunda izoprostanlar ve C-reaktif protein (CRP) düzeylerinde anlamlı bir artış görülmüştür. Çalışmanın sonucunda 1000 mg/gün resveratrol dozunun 500 mg/gün resveratrol dozundan daha etkili antioksidan etki gösterdiği görülmüştür (44).

Yulaf

Karbonhidrat, çözünebilir lif, dengeli protein dağılımı, farklı fenolik bileşikler, vitamin ve mineral kaynağı olan yulaf (*Avena sativa L.*), dünyanın birçok yerinde 2000 yıldan fazla üretilen bir tahıldır. Yulaftaki çözünür lifin ana bileşenlerinden olan β -glukanın, yulafın çeşitli fonksiyonel ve besleyici özelliklerini sağlayan ana bileşen olduğu düşünülmektedir (45).

β -glukanın sağlıklı insanlarda *Bifidobacterium* türleri gibi bakterilerin çoğalmasını teşvik ettiği ve bu bakterilerin de obezitenin önlenmesinde potansiyel rol oynayarak fayda sağladığı bilinmektedir. Diyet lifleri, bağırsak bakterileri tarafından KZYAya fermente edilebilir. Bu yağ asitleri besin alımı, yağ depolaması ve enerji homeostazisi gibi metabolik olayları etkilemektedir (46).

Taylandlı hiperkolesterolemik yetişkinlerde yapılan bir çalışmada katılımcılar iki gruba ayrılmıştır. Birinci grup 4 hafta boyunca 3 g β -glukan içeren 70 g yulaf lapası tüketirken ikinci grup 70 g pirinç lapası tüketmiştir. On günlük arınma süresinin ardından birinci grup 4 hafta boyunca 70 g pirinç lapası tüketirken ikinci grup 3 g β -glukan içeren 70 g yulaf lapası tüketmiştir. Başlangıçtaki değerle karşılaştırıldığında, yulaf lapası tüketiminden sonra hsCRP, IL-6, IL-8 ve TNF- α seviyeleri önemli ölçüde azalmıştır. Ayrıca yulaf lapası tüketimi ORAC düzeyini yükselterek antioksidan kapasiteyi arttırmıştır. Ancak MDA düzeyleri etkilenmemiştir. Pirinç lapası tüketimi önemli bir değişikliğe yol açmamıştır (47).

Yulafın inflamasyon üzerine etkilerini araştıran bir meta-analize 23 RCT dahil edilmiştir. Analiz edilen dört sistematik inflamatuvar belirteç için yulaf tüketiminden sonra önemli bir değişiklik bulunmamıştır. Ancak yulaf alımının, bir veya daha fazla sağlık komplikasyonu olan kişilerde CRP düzeylerini önemli ölçüde azalttığı bulunmuştur.

Ayrıca dislipidemisi olan kişilerde IL-6 seviyeleri önemli ölçüde azalmıştır. Yulafın bu faydalı etkiler β-glukanın etkilerine bağlanabilir (48).

SONUÇ

Fonksiyonel besinler, içeriklerindeki zengin antioksidan bileşenler sayesinde vücudun oksidatif stresle mücadelelerinde önemli bir destek sunmaktadır. Bu besinler, hücresel düzeyde hasarın önlenmesine yardımcı olurken, kronik hastalık risklerinin azaltılmasında da etkili olabilirler. Örneğin, kahve ve yeşil çay, içerdikleri polifenoller ve kateşinlerle serbest radikallerin zararlı etkilerini nötralize eder ve hücrelerin korunmasına katkı sağlar. Üzüm, resveratrol gibi biyoaktif bileşikler aracılığıyla hücresel sağlığı desteklerken, yulaf avenantramidler sayesinde antioksidan savunmayı güçlendirir. Zeytinyağı ise E vitamini ve polifenoller içeriği ile hücresel hasarı önler, dolayısıyla kalp sağlığını koruyucu etki gösterir.

Bu besinlerin düzenli ve yeterli miktarda tüketimi, oksidatif stresin neden olduğu kardiyovasküler hastalıklar, diyabet ve bazı kanser türleri gibi kronik hastalıkların önlenmesi açısından önemli bir strateji olabilir. Özellikle EPA ve DHA gibi omega-3 yağ asitleri, kalp yetmezliği ve oksidatif stresle ilişkili diğer rahatsızlıklarda olumlu etkiler sağlayarak kalp sağlığını korumada kritik rol oynar. Oksidatif stresin kalp üzerinde yarattığı hasarın önlenmesi, bu biyoaktif bileşenlerin antioksidan etkileriyle mümkün olabilir.

Sonuç olarak, fonksiyonel besinler hem oksidatif stresin yönetiminde hem de genel sağlığın iyileştirilmesinde değerli bir kaynak olarak öne çıkmaktadır. Ancak, bu besinlerin tam etkilerini ve en uygun tüketim miktarlarını daha iyi anlayabilmek için daha fazla klinik araştırma ve uzun vadeli çalışmalar gerekmektedir. Bu çalışmalar, fonksiyonel besinlerin potansiyel faydalarını daha kapsamlı şekilde ortaya koyarak sağlıklı yaşamın desteklenmesine katkı sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

1. Crowe KM, Francis C. Position of the academy of nutrition and dietetics: functional foods. *J Acad Nutr Diet* 2013;113(8):1096-103.
2. Ye Q, Georges N, Selomulya C. Microencapsulation of active ingredients in functional foods: From research stage to commercial food products. *Trends Food Sci Technol* 2018;78:167-79.
3. T.C. Resmi Gazete. 5179 Gıdaların Üretimi, Tüketimi ve Denetlenmesine Dair Kanun Hükmünde Kararnamenin Değiştirilerek Kabulü Hakkında Kanun. [Çevrimiçi] 5 Haziran 2004. Erişim adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2004/06/20040605.htm#2>.
4. Ross S. Functional foods: the Food and Drug Administration perspective. *Am J Clin Nutr* 2000;71(6):1735S-8S.
5. Shimizu M, Hachimura S. Gut as a target for functional food. *Trends Food Sci Technol* 2011;22(12):646-50.
6. Persson T, Popescu BO, Cedazo-Minguez A. Oxidative stress in Alzheimer's disease: why did antioxidant therapy fail? *Oxid Med Cell Longev* 2014;2014.
7. Maulik N, ve diğerleri. Antioxidants in longevity and medicine. *Oxid Med Cell Longev* 2013.
8. Poljsak B, Šuput D, Milisav I. Achieving the balance between ROS and antioxidants: when to use the synthetic antioxidants. *Oxid Med Cell Longev* 2013.
9. Poljšak B, ve diğerleri. Oxidation-antioxidation-reduction processes in the cell: impacts of environmental pollution. In: Nriagu J (ed). *Encyclopedia of Environmental Health*. Vol. 3. Elsevier; 2011:300-6.
10. Koopman WJ, ve diğerleri. Mammalian mitochondrial complex I: biogenesis, regulation, and reactive oxygen species generation. *Antioxid Redox Signal* 2010;12(12):1431-70.
11. Dama A, Shpati K, Daliu P, Dumur S, Gorica E, Santini A. Targeting Metabolic Diseases: The Role of Nutraceuticals in Modulating Oxidative Stress and Inflammation. *Nutrients*. 2024;16(4):507.
12. Godic A, ve diğerleri. The role of antioxidants in skin cancer prevention and treatment. *Oxid Med Cell Longev* 2014.
13. Pisoschi AM, Pop A. The role of antioxidants in the chemistry of oxidative stress: A review. *Eur J Med Chem* 2015;97:55-74.
14. Willett WC. The Mediterranean diet: science and practice. *Public Health Nutr* 2006;9(1a):105-10.
15. Preedy VR. *Tea in health and disease prevention*. Academic Press; 2012.
16. Singh BN, Shankar S, Srivastava RK. Green tea catechin, epigallocatechin-3-gallate (EGCG): mechanisms, perspectives and clinical applications. *Biochem Pharmacol* 2011;82(12):1807-21.
17. Mokra D, Joskova M, Mokry J. Therapeutic Effects of Green Tea Polyphenol (-)-Epigallocatechin-3-Gallate (EGCG) in Relation to Molecular Pathways Controlling Inflammation, Oxidative Stress, and Apoptosis. *Int J Mol Sci* 2022;24(1):340.
18. Liang Y, Ip MSM, Mak JCW. (-)-Epigallocatechin-3-gallate suppresses cigarette smoke-induced inflammation in human cardiomyocytes via ROS-mediated MAPK and NF-κB pathways. *Phytomedicine* 2019;58:152768.
19. Noronha NY, ve diğerleri. Green tea supplementation improves oxidative stress biomarkers and modulates IL-6 circulating levels in obese women. *Nutr Hosp* 2019;36(3):583-8.
20. Shen M, You Y, Xu C, Chen, Z. Epigallocatechin-3-Gallate attenuates lipopolysaccharide-induced pneumonia via modification of inflammation, oxidative stress, apoptosis, and autophagy. *BMC complementary medicine and therapies* 2024;24(1):147.
21. Pan MH, ve diğerleri. Molecular mechanisms of the anti-obesity effect of bioactive compounds in tea and coffee. *Food Funct* 2016;7(11):4481-91.
22. Kolb H, Kempf K, Martin S. Health effects of coffee: mechanism unraveled? *Nutrients* 2020;12(6):1842.
23. Sies H, Jones DP. Reactive oxygen species (ROS) as pleiotropic physiological signalling agents. *Nat Rev Mol Cell Biol* 2020;21(7):363-83.
24. Jenkins T, Gouge J. Nrf2 in cancer, detoxifying enzymes and cell death programs. *Antioxidants* 2021;10(7):1030.
25. Islam SS, ve diğerleri. Genetic alterations of Keap1 confers chemotherapeutic resistance through functional activation of Nrf2 and Notch pathway in head and neck squamous cell carcinoma. *Cell Death Dis* 2022;13(8):696.

26. Agudelo-Ochoa GM, ve diğerleri. Coffee consumption increases the antioxidant capacity of plasma and has no effect on the lipid profile or vascular function in healthy adults in a randomized controlled trial. *J Nutr* 2016;146(3):524-31.
27. Lopes Boschetti JC, Soares KL, Carvalho GR, Filho ACV, Ton AMM, Pereira TMC, Scherer R. CGAs-Rich Conilon Coffee Consumption Improves Cognition and Reduces Oxidative Stress in Elderly with Alzheimer's Disease: A Pilot Study. *Journal of Alzheimer's disease: JAD*, 2024;96(4):1547-1554.
28. Almanza-Aguilera E, ve diğerleri. Mediterranean diet and olive oil, microbiota, and obesity-related cancers. In: Preeedy VR (ed). *Seminars in Cancer Biology*. Academic Press; 2023.
29. Ravaut G, ve diğerleri. Monounsaturated fatty acids in obesity-related inflammation. *Int J Mol Sci* 2020;22(1):330.
30. de la Torre-Carbot K, ve diğerleri. Elevated circulating LDL phenol levels in men who consumed virgin rather than refined olive oil are associated with less oxidation of plasma LDL. *J Nutr* 2010;140(3):501-8.
31. Yubero-Serrano EM, ve diğerleri. Postprandial antioxidant gene expression is modified by Mediterranean diet supplemented with coenzyme Q 10 in elderly men and women. *Age* 2013;35:159-70.
32. Loffredo L, ve diğerleri. Chocolate enriched by extra virgin olive oil improves endothelial function and oxidative stress in patients with diabetes. *Nutr* 2021;90:111270.
33. Derakhshandeh-Rishehri SM, Kazemi A, Shim SR, Lotfi M, Mohabati S, Nouri M, Faghieh S. Effect of olive oil phenols on oxidative stress biomarkers: A systematic review and dose-response meta-analysis of randomized clinical trials. *Food science & nutrition* 2023;11(5): 2393-2402.
34. D'Angelo S, Motti ML, Meccariello R. ω -3 and ω -6 polyunsaturated fatty acids, obesity and cancer. *Nutrients* 2020;12(9):2751.
35. Siriwardhana N, ve diğerleri. Modulation of adipose tissue inflammation by bioactive food compounds. *J Nutr Biochem* 2013;24(2):613-23.
36. Wortman P, ve diğerleri. n3 and n6 polyunsaturated fatty acids differentially modulate prostaglandin E secretion but not markers of lipogenesis in adipocytes. *Nutr Metab* 2009;6(1):1-10.
37. Sley EG, ve diğerleri. Omega-3 fatty acid supplement use and oxidative stress levels in pregnancy. *PLoS One* 2020;15(10).
38. Seth J, Sharma S, Leong CJ & Rabkin SW. Eicosapentaenoic Acid (EPA) and Docosahexaenoic Acid (DHA) Ameliorate Heart Failure through Reductions in Oxidative Stress: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Antioxidants (Basel, Switzerland)*, 2024;13(8):955.
39. Pérez-Torres I, ve diğerleri. Oxidative Stress, Plant Natural Antioxidants, and Obesity. *Int J Mol Sci* 2021;22(4):1786.
40. Yang G, ve diğerleri. Resveratrol alleviates rheumatoid arthritis via reducing ROS and inflammation, inhibiting MAPK signaling pathways, and suppressing angiogenesis. *J Nutr Biochem* 2022;25:340.
41. ω Ma C, ve ark. Anti-inflammatory effect of resveratrol through the suppression of NF- κ B and JAK/STAT signaling pathways. *Acta Biochim Biophys Sin* 2015;47(3):207-13.
42. Dani C, ve ark. The impact of red grape juice (*Vitis labrusca*) consumption associated with physical training on oxidative stress, inflammatory and epigenetic modulation in healthy elderly women. *Physiol Behav* 2021;229:113215.
43. Martins NC, ve ark. Effects of grape juice consumption on oxidative stress and inflammation in male volleyball players: A randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial. *Complement Ther Med* 2020;54:102570.
44. Garcia-Martinez BI, Ruiz-Ramos M, Pedraza-Chaverri J, Santiago-Osorio E, Mendoza-Núñez VM. Effect of Resveratrol on Markers of Oxidative Stress and Sirtuin 1 in Elderly Adults with Type 2 Diabetes. *International journal of molecular sciences* 2023;24(8):7422.
45. Paudel D, ve ark. A Review of Health-Beneficial Properties of Oats. *Foods* 2021;10(11):2591.
46. Cloetens L, ve ark. Role of dietary beta-glucans in the prevention of the metabolic syndrome. *Nutr Rev* 2012;70(8):444-58.
47. Pavadhgul P, ve ark. Oat porridge consumption alleviates markers of inflammation and oxidative stress in hypercholesterolemic adults. *Asia Pac J Clin Nutr* 2019;28(2):260-5.
48. Kim SJ, ve ark. Effects of Oats (*Avena sativa* L.) on Inflammation: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Front Nutr* 2021;8:722866.