



Antioksidanların İnsan Sağlığı Açısından Önemi ve Bitkilerdeki Bazı Antioksidan Tayin Yöntemleri

Hale YILDIZ^{1*} Buse SEMERCİ² Songül BİŞGİN³

¹Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknoloji Fakültesi, Tarım Bilimleri Anabilim Dalı, Sivas

²Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Tıbbi Biyokimya Ana Bilim Dalı, Malatya

³Hacettepe Üniversitesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Ankara

*Sorumlu Yazar (Corresponding author): yildizzhale@gmail.com

Özet

Canlı organizmaların içinde bulunduğu oksidatif stres durumuna karşı bitkisel fenolik bileşikler, önemli doğal savunma mekanizmaları sunarlar. Bu bileşikler, bitkilerde doğal olarak bulunan ve ROS (reaktif oksijen türleri) ile ilişkili oksidatif hasarı engelleyen önemli bir grup biyoaktif bileşiktir. Fenolik bileşikler, bitkilerde geniş bir yelpazede bulunan doğal ürünlerdir ve antioksidan, antienflamatuvar, antikanser, antiviral ve diğer biyolojik aktiviteleri içerebilen çeşitli sağlık yararlarına sahip olabilirler. Bu fenolik bileşikler, ROS'ları nötralize etme yetenekleri nedeniyle antioksidan aktivite gösterirler. Bitkilerde antioksidan tayini, bitkisel materyalde bulunan antioksidan bileşiklerin nicel olarak belirlenmesi için kullanılan analitik yöntemleri ifade eder. Bu tür tayinler, bitkisel örneklerin antioksidan kapasitesini değerlendirmek, bitkisel ürünlerin kalitesini kontrol etmek ve bitkilerin biyoaktif bileşik içeriğini anlamak amacıyla önemli bir rol oynar. Antioksidan tayini, çeşitli kimyasal ve spektrofotometrik yöntemler kullanılarak gerçekleştirilir. Bu yöntemler, bitkilerde bulunan antioksidan bileşiklerin çeşitli yönlerini değerlendirmek için kullanılır. Antioksidan tayini, bitkisel ürünlerin fonksiyonel içeriklerini belirlemek ve sağlık üzerindeki olumlu etkilerini değerlendirmek amacıyla önemlidir.

The Importance of Antioxidants for Human Health and Some Antioxidant Determination Methods in Plants

Abstract

Against the state of oxidative stress within living organisms, plant-derived phenolic compounds offer significant natural defense mechanisms. These compounds, naturally present in plants, constitute an essential group of bioactive compounds associated with reactive oxygen species (ROS) and their ability to counteract oxidative damage. Phenolic compounds are a diverse range of natural products found in plants, demonstrating various health benefits including antioxidant, anti-inflammatory, anticancer, antiviral, and other biological activities. These phenolic compounds exhibit antioxidant activity due to their capacity to neutralize ROS. The determination of antioxidants in plants refers to the analytical methods employed to quantitatively identify antioxidant compounds present in plant materials. Such determinations play a pivotal role in assessing the antioxidant capacity of plant samples, ensuring the quality of plant-derived products, and comprehending the bioactive compound content within plants. Antioxidant determination involves the utilization of diverse chemical and spectrophotometric techniques. These methods are employed to assess various aspects of antioxidant compounds in plants. Antioxidant determination holds significance in establishing the functional content of plant products and evaluating their positive effects on health.

Derleme Makalesi

Makale Tarihi

Geliş Tarihi : 10.06.2022
Kabul Tarihi : 22.08.2022

Anahtar Kelimeler

Oksidatif stres
antioksidan
serbest radikal

Review Article

Article History

Received : 10.06.2022
Accepted : 22.08.2022

Keywords

Oxidative stress
antioxidant
free radical

1.Giriş

Antioksidanlar, biyolojik sistemlerde oksidatif stresin yol açtığı potansiyel hücrel hasarı önleme veya sınırlama yeteneğine sahip kimyasal bileşiklerdir. Oksidatif stres, hücrel düzeyde reaktif oksijen türleri gibi serbest radikallerin birikmesi sonucu hücrel bileşenlerde bozulmaya neden olabilen bir durumu ifade eder (Inze ve ark., 1995). Antioksidanlar, bu serbest radikallerin etkilerini nötralize ederek veya stabilizasyon sağlayarak hücrel hasarın önlenmesine yardımcı olurlar. Antioksidanlar, endojen kaynaklar (vücut içinde üretilenler) veya bitkisel gıdalardan alınan eksojen kaynaklar (besinlerden sağlananlar) olmak üzere çeşitli şekillerde temin edilebilirler (Agati ve ark., 2013). Biyokimyasal olarak, antioksidanlar oksidatif stresin neden olduğu serbest radikal zincir reaksiyonlarını durdurarak veya yavaşlatarak hücrel bileşenlerin lipidler, proteinler ve nükleik asitler gibi yapısal bütünlüğünü korumaya yardımcı olurlar. Antioksidanlar, sağlığın korunması ve çeşitli hastalıkların önlenmesi açısından büyük öneme sahiptir. Özellikle kanser, kardiyovasküler hastalıklar ve nörodejeneratif hastalıklar gibi kronik sağlık sorunları ile ilişkilendirilen serbest radikal hasarını sınırlama potansiyeline sahiptirler. Bu nedenle, dengeli bir beslenme planı, antioksidan açısından zengin kaynakların içermesi yoluyla bireylerin sağlığını desteklemek için gereklidir (Sen ve ark., 2011). Bitkilerde antioksidanlar, biyolojik sistemlerde oksidatif stresin neden olduğu hücrel hasarı önlemek ve sağlığı korumak için önemli rol oynayan bileşiklerdir. Antioksidanlar, bitkilerde bulunan doğal bileşikler olarak, oksidatif stresi azaltma yetenekleri ile bilinirler. Bu bileşikler, serbest radikalleri etkisiz hale getirerek veya onları stabilize ederek hücrel hasarı ve yaşlanma süreçlerini engellerler (Sen ve ark., 2011). Ayrıca, antioksidanlar hücre

bölünmesi, DNA onarımı, bağışıklık fonksiyonları gibi temel hücrel işlevleri düzenleme kapasitesine sahiptirler. Bitkilerde antioksidanların varlığı, insan beslenmesinde de önemli bir rol oynar. Bu bitkisel bileşikler, insanların vücutlarında da serbest radikallerin neden olduğu hasarı azaltabilir. Bu nedenle, antioksidan açısından zengin besinlerin tüketimi, kanser, kalp hastalıkları, diyabet gibi bir dizi kronik hastalığın riskini azaltmada önemli bir rol oynayabilir. Sonuç olarak, bitkilerde bulunan antioksidanlar, oksidatif stresin neden olduğu hücrel hasarı engelleyerek sağlığın korunmasına katkıda bulunan önemli bileşiklerdir. Bu nedenle, dengeli ve çeşitli bir beslenme düzeni, antioksidan açısından zengin bitkisel kaynakların tüketilmesi yoluyla desteklenmelidir (Devasagayam ve ark., 2004). Bitkilerde antioksidanların tayini, bu önemli bileşiklerin nicel ve nitel analizini gerçekleştirmek amacıyla çeşitli analitik yöntemler kullanılarak gerçekleştirilir. Bu yöntemler, antioksidanların içeriğini ve aktivitesini belirlemek için kullanılan bilimsel ve teknik yaklaşımları içerir. Reaksiyon mekanizmalarına dayalı olarak, antioksidan kapasite tayin yöntemleri genellikle iki grupta sınıflandırılır. Bu sınıflandırma, antioksidanların serbest radikallere karşı nasıl etkileşimde bulunduğunu ve antioksidan aktivitelerini nasıl ölçtüğünü yansıtmaktadır (Moharram ve ark., 2014). Bu iki ana grup şunlardır:

2.Hidrojen Transferine Dayalı Reaksiyonlar (HAT)

Hidrojen transferine dayalı reaksiyonlar, antioksidan kapasite tayin yöntemlerinin bir kategorisini oluşturur. Bu yöntemlerde, antioksidanlar reaktif hidrojen içeren gruplarından hidrojen atomlarını serbest radikallere aktararak radikalleri nötralize eder ve oksidatif hasarı engeller. Bu mekanizma, hidrojen atomlarının serbest radikallere bağışlanmasıyla, stabil

moleküllerin oluşmasına yol açar (Gupta ve ark., 2015). Geniş çapta kullanılan 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) testi, Trolox eşdeğeri antioksidan kapasite (TEAC) testi ve ferrik indirgeme antioksidan kapasite (FRAP) testi, HAT tabanlı yöntemlere örnek olarak gösterilebilir. Bu yöntemler, antioksidanların hidrojen atomları bağışlayarak serbest radikalleri temizleme yeteneklerini nicel olarak değerlendirir.

2.1. DPPH yöntemi

2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH), antioksidan kapasitesini değerlendirmek için kullanılan bir kimyasal bileşiktir ve DPPH yöntemi, bu kapasiteyi ölçmek için sıklıkla tercih edilen bir analitik yaklaşımdır. Bu yöntemde, DPPH radikali reaktif bir serbest radikal olarak hizmet eder ve reaktif hidrojen atomları veya elektronlar alarak stabil bir moleküle dönüşür. DPPH yöntemi, antioksidanların serbest radikalleri nötralize etme yeteneklerini değerlendirmek için kullanılır (Gülçin, 2020). Örneğin, test edilen bir örnek (bitki ekstraktı, besin örneği vb.), DPPH radikali ile reaksiyona girer. Bu reaksiyon sırasında, örnek içindeki antioksidanlar, DPPH radikalini nötralize ederek serbest radikal karakterini ortadan kaldırır. Bu nötralizasyon süreci renk değişikliği ile izlenebilir. DPPH radikali, mor renge sahipken, antioksidanların reaksiyonu sonucunda renksiz hale gelir. Renk değişikliği spektrofotometrik olarak ölçülerek, örnekteki antioksidan aktivitesi nicel olarak belirlenebilir. DPPH yöntemi, antioksidan kapasitesini hızlı bir şekilde değerlendirmek için kullanışlı ve popüler bir yöntemdir (Karadağ ve ark., 2009). Ancak, yöntemin sadece hidrojen transferine dayalı reaksiyonları değerlendirebildiği unutulmamalıdır. Tek elektron transferine dayalı reaksiyonları değerlendiren diğer yöntemlerle birlikte kullanıldığında, antioksidanların farklı reaksiyon mekanizmalarına yönelik

kapasiteleri daha kapsamlı bir şekilde değerlendirilebilir.

2.2. Trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC) yöntemi

TEAC yöntemi antioksidan kapasitesini değerlendirmek için kullanılan bir analitik yaklaşımdır. Bu yöntem, antioksidan aktivitesini standart bir bileşik olan Trolox'un (α -tokoferolün sulu çözünür bir analogu) aktivitesi ile karşılaştırarak nicel olarak ölçmeyi amaçlar. TEAC yöntemi, serbest radikal çıkarma kapasitesini değerlendirmek amacıyla yaygın olarak kullanılır ve antioksidanların peroksil radikalleri ile reaksiyonlarını içeren reaksiyonlara dayanır. TEAC yöntemi, bir antioksidanın belirli bir miktarının, belirli bir serbest radikal (genellikle serbest radikal oluşturan bir reaktif) ile reaksiyona girerek reaktifi nötralize etme yeteneğini değerlendirir (Singh ve ark., 2008). Bu reaksiyon sırasında, reaktif ile antioksidan arasında bir redoks reaksiyonu gerçekleşir ve reaktifin serbest radikal karakteri azalır. Bu reaksiyon sonucunda oluşan renk değişikliği veya absorpsiyon değişikliği, reaktifin antioksidan tarafından nötralize edilmesinin bir göstergesidir. TEAC yöntemi, antioksidan kapasitesini ölçmek için geniş bir yelpazede kullanılır ve farklı antioksidan bileşiklerinin aktivitelerini kıyaslamak için kullanışlıdır (Serrano ve ark., 2007). TEAC değerleri, örneklerin antioksidan potansiyellerini nicel olarak ifade eder ve antioksidan aktivitesinin genel bir göstergesi olarak kabul edilir. Bu yöntem, antioksidan kapasitesi tayininde yaygın olarak kullanılan analitik yaklaşımlardan biridir ve antioksidanların serbest radikallere karşı koruma yeteneklerini değerlendirmek için güçlü bir araçtır.

2.3. Ferric reducing antioxidant power (FRAP) yöntemi

FRAP yöntemi, antioksidan kapasitesini değerlendirmek için kullanılan bir analitik

yaklaşımıdır. Bu yöntem, antioksidanların indirgeyici yeteneklerini ölçerek oksidatif stresi engelleme potansiyellerini nicel olarak belirlemeyi amaçlar. FRAP yöntemi, antioksidanlar tarafından indirgenmesi kolay olan demir (III) iyonlarını içeren bir çözelti kullanır. FRAP yönteminde, antioksidan içeren bir örnek ile demir (III) iyonları arasında reaksiyon gerçekleştirilir. Bu reaksiyon sırasında, antioksidanlar demir (III) iyonlarını indirgeyerek demir (II) iyonlarına dönüştürür. Demir (II) iyonları, renksiz 2,4,6-tripiryridil-s-triazin (TPTZ) çözeltisi tarafından mavi renkli bir kompleks oluşturur. Oluşan mavi renk, indirgenmiş demir (II) iyonlarının varlığını belirtir. Bu renk değişikliği, spektrofotometrik olarak ölçülerek örnek içindeki antioksidan aktivitesi nicel olarak ifade edilir (Gupta, 2015). FRAP yöntemi, özellikle hidrojen transferine dayalı antioksidan reaksiyonlarını değerlendirmek için kullanışlıdır (Kadere ve ark., 2011). Bu yöntem, antioksidanların bir bileşiğin indirgeyici yeteneklerini nasıl etkilediğini gözlemlemek için kullanılır. FRAP değerleri, örnekteki antioksidan aktivitesini yansıtan bir ölçüdür ve farklı örneklerin veya bileşiklerin indirgeyici yeteneklerini karşılaştırmak için kullanılır.

2.4. Folin-ciocalteu (FC) yöntemi

FC yöntemi, fenolik bileşiklerin içeriğini belirlemek için kullanılan bir analitik yaklaşımdır. Bu yöntem, antioksidan kapasitesi yüksek olan fenolik bileşiklerin varlığını ve miktarını tespit etmek amacıyla geliştirilmiştir. Yöntem, fenolik bileşiklerin moleküler yapısındaki hidroksil gruplarının oksidasyonunu temel alan bir reaksiyon üzerine kurulmuştur. FC yönteminde, örnek içindeki fenolik bileşikler, fosfotungstik asit ve fosfomolibdenik asit gibi reaktiflerle reaksiyona girer. Bu reaktifler, fenolik hidroksil gruplarının oksidasyonunu katalizleyerek mavi renkli bir kompleks

oluşturur. Oluşan mavi renk, spektrofotometrik olarak ölçülerek fenolik bileşiklerin içeriği nicel olarak ifade edilir. Galik asit genellikle bir kalibrasyon eğrisi kullanılarak standart olarak kullanılır ve fenolik bileşiklerin miktarı galik asit eşdeğeri cinsinden ifade edilir (Sanchez-Rangel ve ark., 2013). FC yöntemi, bitkisel örneklerdeki fenolik bileşiklerin varlığını ve içeriğini değerlendirme için yaygın olarak kullanılır. Fenolik bileşikler, bitkilerde bulunan doğal antioksidanlar arasında önemli bir gruptur ve sağlık üzerinde çeşitli olumlu etkilere sahip olabilirler. FC yöntemi, özellikle fenolik bileşiklerin bitki özütleri veya bitki bazlı ürünlerdeki varlığını hızlı ve etkili bir şekilde belirlemek için kullanışlıdır.

3. Tek Elektron Transferine Dayalı Reaksiyonlar (SET)

Tek elektron transferine dayalı reaksiyonlar, antioksidan kapasite tayin yöntemlerinin başka bir kategorisini oluşturur. Bu yöntemlerde, antioksidanlar tek bir elektronu bağışlayarak veya kabul ederek redoks reaksiyonlarına katılır (Büyüktuncel, 2013). Antioksidanın oksidasyon-indirgenme potansiyeli bu reaksiyonlarda kritik bir faktördür. Oksijen radikal absorpsiyon kapasitesi (ORAC) testi ve bakır indirgeme antioksidan kapasitesi (CUPRAC) testi, SET tabanlı yöntemlere örnek olarak verilebilir. ORAC, peroksiradikal tarafından indüklenen floresansın inhibisyonunu ölçerken, CUPRAC antioksidanın elektron bağışlama kapasitesini gösteren bir işleme dayanır.

3.1. Oxygen radical absorbance capacity (ORAC) yöntemi

ORAC yöntemi, antioksidan kapasitesini değerlendirmek için kullanılan bir analitik yaklaşımdır. Bu yöntem, antioksidanların serbest radikalleri nötralize etme yeteneklerini ölçerek oksidatif stresi azaltma potansiyellerini

nicel olarak belirlemeyi amaçlar. ORAC yöntemi, antioksidanların peroksil radikalleri ile reaksiyonlarını içeren reaksiyonlara dayanır. ORAC yönteminde, bir floresans boya içeren reaktif ve antioksidan içeren örnek karıştırılır. Bu reaksiyon sırasında, floresans boyası serbest radikaller tarafından okside edilir ve floresansının azalması gözlemlenir (Gupta, 2015). Antioksidanlar, floresans boyası tarafından indüklenen oksidatif stresi nötralize ederek floresansın azalmasını engeller. Örnekteki antioksidan aktivitesi, floresansın korunma derecesi veya azalma hızı ile ilişkilendirilir. ORAC yöntemi, özellikle peroksil radikalleri ile reaksiyonları değerlendirmek amacıyla kullanılır. Bu yöntem, antioksidanların serbest radikal zararını nasıl azalttığını gözlemek için etkili bir araçtır. Özellikle çeşitli besinlerdeki veya bitki özütlerindeki antioksidan kapasitesini değerlendirmek ve kıyaslamak için kullanışlıdır (Ou ve ark., 2002). ORAC değerleri, örnekteki antioksidan aktivitesini ifade eden bir ölçüdür ve farklı örneklerin veya bileşiklerin antioksidan kapasitelerini nicel olarak belirlemek için kullanılır.

3.2. Total reactive antioxidant potential (TRAP) yöntemi

Bu yöntem, antioksidanların genel reaktif antioksidan kapasitesini ölçmeyi amaçlar ve farklı reaktiflerle olan etkileşimleri değerlendirir. TRAP yöntemi, reaktif oksijen türleri (ROS) tarafından indüklenen oksidasyonun inhibisyonunu değerlendirerek antioksidan aktivitesini nicel olarak ifade eder. Bu yöntemde, ROS üreten bir reaktif, antioksidan içeren bir örnek ile reaksiyona sokulur. Bu reaksiyon sonucunda, antioksidanlar ROS'nin neden olduğu oksidasyonu azaltarak reaktifin etkilerini engeller. Örnekteki antioksidan aktivitesi, reaktif oksijen türlerine karşı gösterilen inhibisyon seviyesi veya azalma oranı ile ölçülür. TRAP yöntemi, özellikle hücresel düzeyde reaktif oksijen türleri ile

etkileşimleri değerlendirmek amacıyla kullanılır (Albayrak ve ark., 2010). Bu yöntem, hücresel oksidatif stresin etkilerini gözlemek ve antioksidanların bu etkilere nasıl müdahale ettiğini anlamak için kullanışlıdır. Özellikle biyolojik örneklerdeki antioksidan kapasitesini değerlendirmek ve karşılaştırmak için kullanılabilir bir analitik araçtır. TRAP değerleri, antioksidan aktivitesini ifade eden bir ölçüdür ve antioksidan kapasitesinin genel potansiyelini değerlendirmede yardımcı olabilir.

3.3. Cupric ion reducing antioxidant capacity (CUPRAC) yöntemi

Bu yöntem, antioksidanların bakır iyonlarını indirgeyerek redoks reaksiyonlarına katılımını ölçmeyi amaçlar. CUPRAC yöntemi, bakır (II) iyonlarının bakır (I) iyonlarına indirgenmesini içeren bir reaksiyon üzerine kurulmuştur. Bu reaksiyon, antioksidanlar tarafından katalizlenir. Antioksidanlar, bakır (II) iyonlarını indirgeyerek bakır (I) iyonlarına dönüştürür. Bu reaksiyon sonucunda, bakır (II) iyonları tarafından indüklenen renksiz bir kompleks oluşur. Oluşan renk değişikliği spektrofotometrik olarak ölçülerek örnek içindeki antioksidan aktivitesi nicel olarak ifade edilir. CUPRAC yöntemi, özellikle antioksidanların tek elektron transfer reaksiyonlarına yönelik kapasitesini değerlendirmek amacıyla kullanılır (Gülçin, 2020). Bu yöntem, antioksidanların bir bileşimin redoks özelliklerini nasıl değiştirdiğini gözlemek için etkili bir araçtır. Özellikle besin örneklerindeki veya bitki ekstraktlarındaki antioksidan kapasitesini değerlendirmek ve karşılaştırmak için kullanışlıdır. CUPRAC değerleri, örnekteki antioksidan aktivitesini yansıtan bir ölçüdür ve farklı örneklerin veya bileşiklerin redoks aktivitelerini nicel olarak ifade etmek için kullanılır. Bu farklı mekanizmalar, antioksidan kapasitesini

ölçmede farklı yaklaşımlar sunarak serbest radikallerle antioksidanların etkileşimini ve oksidatif stresin azaltılmasına katkılarını anlamamıza yardımcı olur. Hangi yöntemin kullanılacağı, analizin özel amaçlarına ve incelenen antioksidan türüne bağlı olarak belirlenir.

4. Sonuç

Bitkisel kaynaklı antioksidanlar, insan sağlığında önemli bir rol oynayan doğal bileşiklerdir. Bu antioksidanlar, reaktif oksijen türlerinin (ROS) neden olduğu oksidatif stresin etkilerini nötralize ederek hücrel hasarı ve kronik hastalık riskini azaltabilirler. Ayrıca, antioksidanlar hücrel işlevleri düzenleyerek ve bağışıklık sistemini destekleyerek sağlığın sürdürülmesine katkıda bulunurlar. Antioksidanların insan sağlığındaki önemi aşağıdaki şekillerde özetlenebilir:

Oksidatif Stresin Azaltılması: Oksidatif stres, serbest radikallerin normalden daha fazla üretildiği veya nötralize edilmediği durumlarda hücrelere ve dokulara zarar veren bir süreçtir. Bu durum, yaşlanma, kanser, kardiyovasküler hastalıklar, diyabet ve nörodejeneratif hastalıklar gibi bir dizi kronik hastalığın temel nedenlerinden biridir. Antioksidanlar, ROS'ları nötralize ederek veya onların üretimini düzenleyerek oksidatif stresi azaltabilirler. **Kardiyovasküler Sağlık:** Antioksidanlar, LDL kolesterolün oksidasyonunu engelleyerek damar duvarlarının hasar görmesini ve aterosklerozun gelişmesini önleyebilirler. Ayrıca, antioksidanlar damarların genişlemesini artırabilir ve kan basıncını düzenleyebilir, bu da kalp-damar hastalıkları riskini azaltabilir.

Kanser Riskinin Azaltılması: Antioksidanlar, hücrel DNA'nın serbest radikal hasarına karşı korunmasına yardımcı olarak kanser riskini azaltabilirler. Bazı antioksidanlar, kanser

hücrelerinin büyümesini inhibe edebilir ve apoptoz (programlı hücre ölümü) süreçlerini uyarabilirler.

Bağışıklık Sistemi Desteği: Antioksidanlar, bağışıklık hücrelerinin işlevini ve aktivitesini artırarak enfeksiyonlarla savaşmada önemli bir rol oynarlar. Aynı zamanda bağışıklık sistemini düzenleyerek kronik enflamasyonun azaltılmasına yardımcı olabilirler.

Nörolojik Sağlık: Antioksidanlar, beyin hücrelerini serbest radikal hasarına karşı koruyarak nörodejeneratif hastalıkların (örneğin Alzheimer ve Parkinson hastalıkları) gelişimini engellemeye yardımcı olabilirler. Sonuç olarak, bitkisel kaynaklı antioksidanlar, oksidatif stresi azaltma kapasiteleri sayesinde insan sağlığını olumlu yönde etkileyebilirler. Bu nedenle, dengeli bir beslenme planı içinde antioksidan açısından zengin besinlerin tüketimi, sağlıklı yaşam ve hastalıkların önlenmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

Kaynaklar

- Agati, G., Azzarello, E., Pollastri, S., Tattini, M., 2012. Flavonoids as antioxidants in plants: location and functional significance. *Plant Science*, 196: 67-76.
- Albayrak, S., Sağdıç, O., Aksoy, A., 2010. Bitkisel ürünlerin ve gıdaların antioksidan kapasitelerinin belirlenmesinde kullanılan yöntemler. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 26(4): 401-409.
- Büyüktüncel, E., 2013. Toplam fenolik içerik ve antioksidan kapasite tayininde kullanılan başlıca spektrofotometrik yöntemler. *Marmara Pharmaceutical Journal*, 17: 93-103.

- Chaves, N., Santiago, A., Alías, J.C., 2020. Quantification of the antioxidant activity of plant extracts: analysis of sensitivity and hierarchization based on the method used. *Antioxidants*, 9(1): 76.
- Devasagayam, T.P.A., Tilak, J.C., Boloor, K.K., Sane, K.S., Ghaskadbi, S.S., Lele, R.D., 2004. Free radicals and antioxidants in human health: current status and future prospects. *Japi*, 52(794804): 4.
- Gulcin, İ., 2020. Antioxidants and antioxidant methods: an updated overview. *Archives of Toxicology*, 94: 651–715.
- Gupta, D., 2015. Methods for determination of antioxidant capacity: a review. *IJPSR*, 6(2).
- Inze, D., Montagu, M.V., 1995. Oxidative stress in plants. *Current Opinion in Biotechnology*, 6: 153-158.
- Karadag, A., Ozcelik, B., Saner, S., 2009. Review of methods to determine antioxidant capacities. *Food Analytical Methods*, 2: 41–60.
- Kedare, S.B., Singh, R.P., Genesis and development of DPPH method of antioxidant assay. *Journal of Food Science and Technology*, 48(4): 412–422.
- Moharram, H.A., Youssef, M.M., 2014. Methods for determining the antioxidant activity: a review. *Alexandria Journal of Food Science and Technology*, 11(1): 31-42.
- Ou, B., Huang, D., Hampsch-Woodill, M., Flanagan, J.A., Deemer, K.E., 2002. Analysis of antioxidant activities of common vegetables employing oxygen radical absorbance capacity (ORAC) and ferric reducing antioxidant power (FRAP) assays: a comparative study. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50: 3122–3128.
- Sen, S., Chakraborty, R., 2011. The role of antioxidants in human health. In *Oxidative stress: diagnostics, prevention, and therapy*. American Chemical Society, pp. 1-37.
- Serrano, J., Goñi, I., Saura-Calixto, F., 2007. Food antioxidant capacity determined by chemical methods may underestimate the physiological antioxidant capacity. *Food Research International*, 40: 15–21.
- Shah, M.A., Bosco, S.J.D., Mir, S.A., 2014. Plant extracts as natural antioxidants in meat and meat products. *Meat Science*, 98(1): 21-33.
- Singh, S., Singh, R.P., 2008. In vitro methods of assay of antioxidants: an overview, *Food Reviews International*, 24(4): 392-415.