

### Mısır İpeği'nin (*Zea Mays* L.) Antioksidan ve Antiradikal Özelliklerinin Belirlenmesi

Leyla POLAT KÖSE<sup>1\*</sup>

**ÖZET:** Bu çalışmada, mısır ipeği'nin (*Zea mays* L.) antioksidan ve antiradikal özellikleri araştırılmıştır. Bu amaçla mısır ipeği'nin su (SEZM) ve etanol (EEZM) ekstratlarının farklı in vitro antioksidan analizlerle antioksidan ve antiradikal aktivitesi açıklanmıştır. Mısır ipek özütlerinin radikal giderme aktiviteleri, 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil (DPPH<sup>•</sup>) ve 2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiyazolin-6-sülfonik asit) radikal (ABTS<sup>•+</sup>) giderme deneyleriyle gerçekleştirilmiştir. Böylece, mısır ipeği özütlerinin indirgeyici gücü, Cu<sup>2+</sup>-Cu<sup>+</sup> indirgeme (CUPRAC), Fe<sup>3+</sup>-Fe<sup>2+</sup> ve [Fe<sup>3+</sup>-(TPTZ)<sub>2</sub>]<sup>3+</sup>-[Fe<sup>2+</sup>-(TPTZ)<sub>2</sub>]<sup>2+</sup> (FRAP) indirgeme testleri ile değerlendirilmiştir. Her iki mısır ipek özütleri, belirli miktarda antioksidan aktivite göstermiştir.  $\alpha$ -Tokoferol ((2R)-2,5,7,8-Tetrametil-2-[(4R,8R)-(4,8,12-trimetiltridesil)]-6-kromanol), troloks (3,4-dihidro-6-hidroksi-2,5,7,8-tetrametil-2H-1-benzopirran-2-karboksilik asit), bütillenmiş hidroksianisol (BHA) ve bütillenmiş hidroksitoluen (BHT) pozitif kontrol olarak kullanılmıştır. Ayrıca mısır ipeği özütlerinin DPPH<sup>•</sup> ve ABTS<sup>•+</sup> radikallerini giderme etkileri için IC<sub>50</sub> değerleri hesaplanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Mısır ipeği (*Zea mays* L.), antioksidan aktivite, radikal giderme

### Determination of Antioxidant and Antiradical Properties of Corn Silk (*Zea mays* L.)

**ABSTRACT:** In this study, antioxidant and antiradical properties of corn silk (*Zea mays* L.) were investigated. For this aim, it was elucidated the antioxidant and antiradical activity of water (SEZM) and ethanol (EEZM) extracts of corn silk by different in vitro antioxidant assays. Radical scavenging activities of corn silk extracts were performed by 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH<sup>•</sup>) and 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) radical (ABTS<sup>•+</sup>) scavenging assays. So, reducing power corn silk extracts has been evaluated by Cu<sup>2+</sup>-Cu<sup>+</sup> reducing (CUPRAC), Fe<sup>3+</sup>-Fe<sup>2+</sup> and [Fe<sup>3+</sup>-(TPTZ)<sub>2</sub>]<sup>3+</sup>-[Fe<sup>2+</sup>-(TPTZ)<sub>2</sub>]<sup>2+</sup> (FRAP) reducing abilities. Both corn silk extracts have showed certain amount of antioxidant activity.  $\alpha$ -Tocopherol ((2R)-2,5,7,8-Tetramethyl-2-[(4R,8R)-(4,8,12-trimethyltridecyl)]-6-chromanol), trolox (3,4-dihydro-6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethyl- 2H-1-benzopyran-2-carboxylic acid), butylated hydroxyanisole (BHA) and butylated hydroxytoluene (BHT) have been used as positive controls. Moreover, IC<sub>50</sub> values were calculated for DPPH<sup>•</sup>, ABTS<sup>•+</sup> radicals scavenging effects of corn silk extracts.

**Keywords:** Corn silk (*Zea mays* L.), antioxidant activity, radical scavenging

<sup>1</sup>Leyla POLAT KÖSE (Orcid ID: 0000-0001-5759-7889), Beykent Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Eczane Hizmetleri Programı, İstanbul, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Leyla POLAT KÖSE, e-mail: leylakose@beykent.edu.tr

## GİRİŞ

Oksidasyon diğer adıyla yükseltgenme, bir atom üzerindeki bir elektronun başka bir atoma aktarılmasıyla meydana gelen bir olay olarak tanımlanmaktadır. Bir moleküler veya atomik orbital en dış yörüngede bir veya daha fazla serbest elektrona sahip olduğunda, serbest radikaller ortaya çıkar (MacDonald-Wicks ve ark., 2006). Serbest radikaller, özellikle reaktif oksijen türlerini (ROS) içermektedir. Canlı sistemler, hayati fonksiyonlarını sağlıklı bir şekilde sürdürebilmek için oksidasyona karşı doğal savunma sistemler içermektedir (Elmastaş ve ark., 2006a; Polat Kose ve ark., 2015). Bu sistemler antioksidan sistemler olarak adlandırılmakta ve organizmada meydana gelen veya dışarıdan alınan radikallere karşı etkin rol alırlar. Canlı organizmalarda antioksidan sistemler ve radikaller arasında bir denge vardır. Bu denge antioksidan sistemler lehine ise, organizma hayati aktivitelerini sağlıklı bir şekilde sürdürür. Ancak, bu denge radikaller lehine dönerse oksidatif stres denilen dejeneratif durum ortaya çıkar (Gülçin, 2012; Bursal ve ark., 2013). Böyle bir durumda dışarıdan diyetle antioksidan takviye oldukça önemlidir. Bu aşamada, özellikle bitki kaynaklı antioksidanlar talep edilmektedir (Gülçin, 2012). ROS, hidrojen peroksit ( $H_2O_2$ ), ozon ( $O_3$ ), singlet oksijen ( $^1O_2$ ) ve hidroksil radikalleri ( $OH\cdot$ ), peroksil ( $ROO\cdot$ ), süperoksit anyon radikalleri ( $O_2^{\cdot-}$ ) ve hidroperoksil radikalleri ( $HOO\cdot$ ) gibi serbest radikal türlerini içerir (Gülçin, 2006a; Bursal ve Gülçin, 2011).  $H_2O_2$ , lipit peroksit,  $O_2^{\cdot-}$  ve  $OH\cdot$  gibi ROS türleri, canlı organizmalarda sıklıkla üretilebilir (Çakmakçı ve ark., 2015). Yani, serbest radikallere ekzojen denilen vücudun dışındaki faktörlerin yanı sıra endojen denilen vücut içindeki faktörler de neden olabilmektedir (Gülçin, 2012). Vücuttaki virüsleri ve bakterileri nötralize etmek için bağışıklık sistemindeki mekanizmalardan biri de serbest radikallerin üretilmesidir. Vücutta oksidatif fosforilasyon, yağ oksidasyonu, immünolojik reaksiyonlar ve enfeksiyonlar gibi metabolik olaylar serbest radikal oluşumunun nedenleri arasındadır (Polat Köse ve ark., 2015). Ayrıca, UV ve x-ışınları, ilaçlar, radyasyon, stres, sigara ve alkol gibi dış çevresel faktörler nedeniyle serbest radikaller oluşabilir. Serbest radikaller son derece kararsız moleküller olduğundan, organizmada birçok zararlı reaksiyona neden olurlar. Protein, lipit ve DNA gibi temel hücre bileşenlerine zarar verirler. İnsanlar gıda maddeleri yoluyla ya da metabolik olayların bir sonucu olarak her zaman bu dejeneratif moleküllere maruz kalabilirler (Gülçin, 2011). Alınabilecek önlemler sayesinde, serbest radikallerin vücuttaki zararlı etkileri en aza indirilebilir veya önlenir. Serbest radikaller üzerindeki eşleşmemiş elektronlar, serbest radikallere büyük bir reaktivite vererek birçok biyolojik materyale zarar vermelerine neden olur. Bu hasar, yaşlanmayı teşvik eder ve ayrıca kardiyovasküler hastalıklar, çeşitli kanser türleri, katarakt, bağışıklık sistemi zayıflaması, sinir sistemi dejeneratif hastalıkları gibi birçok hastalığa da neden olur. Serbest radikallerin neden olduğu oksidasyon proseslerini önleyen, serbest radikalleri yakalama ve stabilize etme yeteneğine sahip maddelere antioksidan maddeler denir. ROS hasarına yanıt olarak, vücuttaki farklı doğal savunma sistemleri serbest radikalleri kontrol altında tutar. Bu sistemler, farklı hücrelerde ve farklı serbest radikallerde etki gösterdikleri için birbirini tamamlayıcı niteliktedirler (Kolodziejczyk-Czepas ve ark., 2015; Hu ve ark., 2018). Antioksidanlar; serbest radikalleri nötralize ederek ve kendilerini oksitleyerek, oksidasyon sürecini inhibe ederler. Bu nedendir ki sürekli olarak antioksidanlara ihtiyacımız vardır. Buna istinaden, bitkisel kaynakların antioksidan kapasitesini belirlemeye yönelik çalışmalar her geçen gün artarak devam etmektedir (Valenzuela ve Nieto, 1996; Gülçin, 2006b; Gülçin ve ark., 2011a). Araştırmalar sonucunda elde edilen verilerin, tedavilerde kullanılan ilaçların sentez tasarımına ve buna ek olarak farmakolojik uygulamalarına da katkıda bulunacağına inanılmaktadır (Gülçin ve ark., 2012). Bununla birlikte, sentetik antioksidanların istenilmeyen yan etkilerinden dolayı kullanımına ilişkin kısıtlamalar da doğal kaynaklara olan ilgiyi

arttırmaktadır. Böylece yeni doğal antioksidan kaynakların tespiti için yapılan çalışmalarda büyük artış gözlenmektedir (Gülçin, 2009).

Fenolik maddeler doğal antioksidanların en önemli grubudur. Fenolik bileşiklerin, kolayca oksitlenebilir gıda maddelerini koruduğu açıktır. Bu nedenle de gıdaların koku ve tat özelliklerini arttırmak için uzun yıllardır katkı maddesi olarak kullanılan tıbbi ve aromatik bitkiler giderek önem kazanmaktadır (Gülçin, 2006a).

Mısır ipeği (*Zea mays L.*), herkesin bildiği mısırın yeşil kabukları altında bulunan ipeğimsi püsküllerdir. Birçok mineral ve vitamin içerir. Reaktif oksijen türlerinin neden olduğu oksidatif stres, diabetes mellitus'un (DM) ve buna bağlı komplikasyonlarının ilerlemesinde önemli bir rol oynar. Mısır ipeği (*Zea mays L.*) geçmişten günümüze DM tedavisinde kullanılan geleneksel bir bitkidir (Wang ve Zhao, 2019). Bu bağlamda H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> veya metilglioksal kaynaklı ROS indüksiyonunu, hücre canlılığının azalmasını ve hücre çoğalmasının önlenmesini azaltan bazı çalışmalar kaydedilmiştir (Chang ve ark., 2016). Mısır ipeği (*Zea mays L.*) tüm dünyada hem gıda, mahsul hem de biyoyakıt kaynağı olarak kullanıldığı için önemli bir tahıldır (Lu ve ark., 2016). Mısır ipeği (*Zea mays L.*) dünya çapında bol miktarda bulunur ve genellikle atık olarak kabul edilir. Bununla birlikte, Çin'de yapılan bazı araştırmalar sonucunda mısır ipeği'nin karaciğer ve safra kesesi hastalıkları ile şişkinliğe karşı faydaları belirlenmiştir (Wang ve Zhao, 2019). Doğal bir potasyum ve K vitamini kaynağı olan mısır ipeğinin birçok faydası mevcuttur. Prostat ve böbrek enfeksiyonlarını engellemenin yanı sıra böbrek taşlarını azaltmaya da yardımcı olur. Ayrıca yüksek tansiyonu dengelemede çok önemli bir bitkisel kaynaktır. Potasyum (K) eksikliğinin, ROS birikmesinden kaynaklanan yaprak klorozuna (klorofilin bazı sebeplerle yetersiz olma durumu) bağlı fotosentezi önemli ölçüde azalttığı bilinmektedir (Du ve ark., 2019). Ayrıca ödem, sarılık, prostat bozuklukları, idrar yolu enfeksiyonları, obezite ve hiperglisemi gibi hastalıkların tedavisinde de kullanılır. Yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre mısır ipeğinin antioksidan, antidiyabetik (Chang ve ark., 2016; Zhang ve ark., 2016), antidepresan (Ebrahimzadeh ve ark., 2009; Choi ve ark., 2014), anti-nefrotoksit (Sepelhi ve ark., 2011), anti-obezite (Chaittianan ve ark., 2016), nöroprotektif ve antikanser (Lee ve ark., 2014) etkileri olduğu gösterilmiştir. Bununla birlikte, yapılan çalışmalar mısır ipeğinin (*Zea mays L.*) uçucu yağlar açısından da oldukça zengin olduğu ve basilica saponinler, alkaloidler, organik asitler, steroidler, flavonoidler ve birçok fenolik bileşik içerdiği bildirilmiştir (Hasanudin ve ark., 2016).

Bu çalışmada, farklı biyoanalitik yöntemler kullanılarak mısır ipeği (*Zea mays L.*) ekstraktlarının hem antioksidan hem de antiradikal aktiviteleri araştırıldı. Sonuçlar standard antioksidan moleküller ile mukayese edildi.

## MATERYAL VE METOT

### Kimyasallar

N,N-dimetil-*p*-fenilendiamin, 2,9-dimetil-1,10-fenantrolin, BHA (bütillenmiş hidroksianisol), nitrobluetetrazolium, BHT (bütillenmiş hidroksitoluen), DPPH<sup>•</sup> (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil), ABTS (2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolin-6-sülfonik asit), linoleik asit, trikloroasetik asit ve a-tokoferol ticari olarak Sigma-Aldrich GmbH, Sternheim, Almanya'dan satın alınmıştır. Amonyum tiyosiyanat Merck'ten temin edilmiştir. Diğer tüm kimyasallar analitik derecede kullanılmış ve Sigma-Aldrich/Merck'ten alınmıştır.

### Fe<sup>3+</sup> İndirgeme Kapasitesi

Mısır ipeğinin (*Zea mays L.*) Fe<sup>3+</sup> indirgeme kabiliyetini belirlemek için, Fe<sup>3+</sup>(CN<sup>-</sup>)<sub>6</sub>'ün Fe<sup>2+</sup>(CN<sup>-</sup>)<sub>6</sub>'e indirgenme yöntemi kullanılmıştır (Gülçin, 2010). Kısaca, test tüpüne 0.75 mL deiyonize su içinde mısır ipeği (*Zea mays L.*) ekstraktının (10-30 µg mL<sup>-1</sup>) farklı konsantrasyonlarda hazırlanmış çözeltileri, 1.25

mL fosfat tamponu (0.2 M, pH 6.6) ve 1.25 mL potasyum ferrisiyanit [ $K_3Fe(CN)_6$ ] (%1) ilave edilmiştir. Hazırlanan bu test çözeltileri, 20 dakika boyunca 50°C'da inkübe edilmiştir. İnkübasyon süresinden sonra her bir test tüpü içerisine trikloroasetik asit (TCA) (1.25 mL, %10) ilave edilmiştir. Son olarak, bu karışıma 0.5 mL  $FeCl_3$  (%0.1) çözeltisi eklenerek ve spektrofotometre ile 700 nm'de absorban değerleri ölçülmüştür. Çalışmalardan elde edilen veriler, indirgeme kapasitesi arttıkça absorban değerinin arttığını göstermiştir (Elmastaş ve ark., 2006b; Bursal ve ark., 2013; Polat Köse ve ark., 2015).

### Kuprik İyonları ( $Cu^{2+}$ ) İndirgeme (CUPRAC) Deneyi

Mısır ipeği ekstraktları için ikinci indirgeme yöntemi olarak  $Cu^{2+}$  indirgeme yöntemi kullanılmıştır.  $Cu^{2+}$  indirgeme yöntemi, Apak ve arkadaşları (2006) tarafından geliştirilen yöntemin biraz modifiye edilmesi (Gülçin, 2008b) ile gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla,  $CuCl_2$  çözeltisi (0.25 mL, 0.01 M),  $NH_4Ac$  tampon çözeltisi (0.25 mL, 1.0 M) ve etanolik neokuproin çözeltisi (0.25 mL,  $7.5 \times 10^{-3}$  M) alıkoatları, farklı konsantrasyonlarda mısır ipek ekstraktları ( $10-30 \mu g mL^{-1}$ ) içeren bir test tüpüne aktarılmıştır. Test tüpünün nihai hacmi, destile su ile 1 mL'ye tamamlanmış ve karışım kuvvetlice çalkalanmıştır. Daha sonra 30 dakikalık inkübasyondan sonra, numunelerin absorban değerleri 450 nm'de ölçülerek elde edilen veriler kaydedilmiştir (Gülçin, 2008b).

### FRAP Deneyi

FRAP yöntemi, asidik şartlarda  $Fe^{3+}$ -TPTZ kompleksinin indirgenmesine dayanan bir metottur. TPTZ çözeltisi (2.25 mL, 40 mM HCl içinde 10 mM TPTZ) taze olarak hazırlanmıştır, daha sonra su içinde asetat tamponuna (25 mL, 0.3 M, pH 3.6) ve  $FeCl_3$  çözeltisine (2.25 mL, 20 mM) aktarılmıştır. Daha sonra farklı konsantrasyonlardaki mısır ipeği ekstrakt çözeltileri ( $10-30 \mu g mL^{-1}$ ), 5 mL uygun tampon çözücü içerisinde çözündürülmüş, karıştırılmış ve 37°C'de 30 dakika süreyle inkübe edilmiştir.  $Fe^{2+}$ -TPTZ kompleksinin indirgenmesinin sonucunda, koyu mavi renkli formun 593 nm'deki absorban değeri kaydedilmiştir. (Göçer ve Gülçin, 2011; Polat Köse ve ark., 2015).

### DPPH· Serbest Radikal Giderme Deneyi

Bu çalışma için Blois tarafından geliştirilen yöntem kullanılmıştır (1958). Bu amaçla, alüminyum folyo ile kaplanmış bir şişedeki 1 mM'lık DPPH· radikal çözeltisi taze olarak hazırlanmıştır. Deney tüplerine sırasıyla 10, 20 ve 30  $\mu g mL^{-1}$  konsantrasyonlarında çözelti oluşturacak şekilde mısır ipeği ekstrakt çözeltileri aktarılmış ve toplam hacimleri 0,8 mL olacak şekilde etanol ile tamamlanmıştır. Daha sonra her bir numune tüpüne stok DPPH· çözeltisinden 0,2 mL ilave edilmiştir. Elde edilen karışımlar kuvvetlice çalkalanmış ve karanlık bir ortamda 30 dakika süreyle inkübe edilmiştir. Son olarak, her test tüpü için 517 nm'deki absorban değeri kaydedilmiştir (Gülçin, 2006b).

### ABTS<sup>•+</sup> Radikal Giderme Aktivitesi

DPPH· serbest radikali giderme aktivitesine benzer bir biçimde ABTS<sup>•+</sup> radikali giderme aktivitesi de mısır ipeği (*Zea mays* L.) ekstrelerinin radikal giderme aktivite tayininde kullanılmıştır. Mısır ipeği özütlerinin ABTS<sup>•+</sup> radikal süpürücü aktivitesinin saptanması için Re ve arkadaşları (1999) tarafından geliştirilen yöntem kullanılmıştır. Bunun için öncelikle ABTS bileşiğinden ABTS<sup>•+</sup> radikali oluşumu sağlanmıştır. ABTS<sup>•+</sup> katyon radikali, 2.45 mM  $K_2S_2O_8$ 'in 7 mM ABTS çözeltisi ile karıştırılmasıyla elde edilmiştir. Test tüpleri hazırlanmadan önce, ABTS<sup>•+</sup> katyon radikal çözeltisi, absorban değeri 734 nm'de yaklaşık  $0.750 \pm 0.05$  olana kadar etil alkol ile seyreltilmiştir. Daha sonra, her bir mısır ipeği özütü ve kontrol çözeltisi tüplerine 1'er mL ABTS<sup>•+</sup> radikal çözeltisi ilave edilmiştir. Bu işlemler sonucunda azalan bir absorban değeri elde edilmiştir.

ABTS<sup>•+</sup> giderme ile ilgili hesaplamalar aşağıdaki eşitliğe göre yapılmıştır.

$$ABTS^{•+} \text{ Giderme (\%)} = [1 - (\lambda_{734-N} / \lambda_{734-K})] \times 100$$

(1)

Burada  $\lambda_{734-N}$  ABTS<sup>+</sup> çözeltilisine numune ilavesinden sonra bulunan absorbans değeri,  $\lambda_{734-K}$  ise sadece ABTS<sup>+</sup> çözeltisi içeren kontrol değerinin absorbansını ifade eder. Pozitif kontrol olarak BHA, BHT,  $\alpha$ -tokoferol ve troloks kullanılmıştır (Gülçin ve ark., 2006).

### Toplam Fenolik Bileşiklerin Belirlenmesi

Bu çalışmada, karşılaştırma için standard olarak gallik asit kullanılmıştır. Bu nedenle, ilk olarak gallik asit kullanılarak standard bir grafik elde edilmiştir. Mısır ipeği (*Zea mays L.*) ekstrakt çözeltileri test tüplerine pipetlenmiştir ve ardından son hacim 23 mL'ye destile su ile tamamlanmıştır. Karışıma Folin-Ciocalteu reaktifi ve %2'lik Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ilave edilmiştir. Son olarak, numunelerin 760 nm'deki absorbans değerleri spektrofotometrede okunarak kaydedilmiştir. Standard grafik kullanılarak, mısır ipeği (*Zea mays L.*) ekstraktları için elde edilen absorbans değerlerine karşılık gelen gallik asit eşdeğeri (GAE) belirlenmiştir (Bursal, 2009).

### Toplam Flavonoidlerin Belirlenmesi

Çalışmanın bu bölümünde quercetin, toplam flavonoidlerin nicelendirilmesinde standard olarak kullanılmıştır. Mısır ipeğinin (*Zea mays L.*) özleri için toplam flavonoid içeriğinin tayininde, Gülçin ve arkadaşlarının kullandığı yöntemden yararlanılmıştır (2011b). Bu aşamada, test tüplerine 1000  $\mu$ g mısır ipeği (*Zea mays L.*) özütleri eklenmiştir, ardından CH<sub>3</sub>COOK içeren etanol çözeltisi ve 1 M suda hazırlanan %10 'luk Al(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> çözeltisi ile seyreltilmiştir. Son olarak, numuneler oda sıcaklığında inkübe edilmiştir ve absorbans değeri 415 nm'de okunup kaydedilmiştir.

### İstatistiksel Analiz

Farklı konsantrasyonlardaki her deneme 3 kez tekrarlanarak uygulanmıştır. Elde edilen veriler ortalama standard sapma olarak kaydedilmiştir ve SPSS (Windows 2000 için sürüm 11.5, SPSS Inc.) ile analiz edilmiştir. ANOVA tipinin tek yönlü analizi prosedürlerle uygulanmıştır. Ortalamalar arasındaki önemli farklılıklar Duncan'ın Çoklu Aralık testleri ile belirlenmiştir ve  $p < 0.05$  önemli ve  $p < 0.01$  çok önemli olarak görülmüştür.

### BULGULAR VE TARTIŞMA

Tıbbi bitkilerin destekleyici tıp denilen geleneksel kullanımları çok eski yıllara dayanmaktadır (Gurib-Fakim, 2006). Bu nedenle, doğal antioksidan bileşikler, ROS ilintili hastalıkların tedavisinde kullanılan yan etkilere sahip sentetik antioksidan moleküllere alternative oluşturmuştur. Bu amaca uygun olarak yapılan araştırmalar sonucunda, doğal olarak bulunan bileşiklerin çoğunun spesifik antioksidan özelliklere sahip olduğu belirlenmiştir. Antioksidan aktivite belirleme çalışmaları için çeşitli metotlarla in vitro olarak gerçekleştirilmektedir (Gülçin, 2012; Polat Köse ve ark., 2015; Çakmakçı ve ark., 2015). Bu vesile ile, mısır ipeği (*Zea mays L.*) ekstraktlarının antioksidan aktivitesini belirlemek için, farklı reaksiyon mekanizmaları ile antioksidan ve antiradikal aktivitenin saptanması için çeşitli girişimlerde bulunulmuştur. İlk olarak Fe<sup>3+</sup> indirgeme yöntemi uygulanmıştır. İndirgeme kapasiteleri, antioksidan bileşiklerin, bir elektron vererek kararsız olan ROS'nin bileşiklerinin reaktivitesini söndürme yeteneğine bağlıdır (Duh, 1998; Şehitoğlu ve ark., 2015; Polat Köse, 2016). Fe<sup>3+</sup>(CN)<sub>6</sub> indirgeme yönteminin prensiplerine göre, bir molekülün antioksidan etkisi, reaksiyon ortamındaki indirgeme kapasitesi olarak belirlenir. Mısır ipeği (*Zea mays L.*) özütlerinin Fe<sup>3+</sup>(CN)<sub>6</sub> ve Cu<sup>2+</sup> iyonlarını azaltma yeteneği standartlarla (BHA, BHT,  $\alpha$ -tokoferol ve troloks) karşılaştırılmıştır. Çizelge I'de görüldüğü gibi, SEZM ( $r^2$ : 0.9324) ve EEZM ( $r^2$ : 0.9559) güçlü Fe<sup>3+</sup>azaltma kabiliyeti göstermiştir ve bu çeşitliliklerin istatistiksel olarak oldukça önemli olduğu da görülmüştür ( $p < 0.01$ ). 30  $\mu$ g mL<sup>-1</sup> konsantrasyonundaki SEZM ( $r^2$ : 0.9324) ve EEZM ( $r^2$ : 0.9559) ve standard indirgeme ajanlarının indirgeme kapasitesi sırasıyla: BHA (2.170;  $r^2$ : 0.9616) > BHT (1.490;  $r^2$ : 0.9950) > Troloks (1.170;  $r^2$ :

0.9955) >  $\alpha$ -tokoferol (1.101;  $r^2$ : 0.9631) > SEZM (0.354;  $r^2$ : 0.9324) > EEZM (0.330;  $r^2$ : 0.9559) şeklindedir. Sonuçlar, mısır ipeği (*Zea mays L.*) özütlerinin belirgin bir şekilde ferrik iyonlarını ( $Fe^{3+}$ ) indirgeme kapasitesine sahip olduğunu ve aynı zamanda kararlı ürünler oluşturarak serbest radikalleri nötralize etmek için elektron salma özelliklerine sahip olduğunu kanıtlamıştır. İn vivo olarak, indirgeme reaksiyonlarının bir sonucu olarak çok yıkıcı olabilen radikal zincir reaksiyonları sona erer.

Biyoaktif bileşiklerin ve bitki ekstraktlarının indirgeme kapasitesi,  $Fe[(CN)_6]_3$ 'ün  $Fe[(CN)_6]_2$ 'ye indirgenmesiyle değerlendirilebilir. Bu yöntemde, indirgeyici maddelerin veya bitki ekstraktlarının varlığı  $Fe^{3+}$ 'nın  $Fe^{2+}$ 'ya indirgenmesine neden olacaktır (Gülçin ve ark., 2011b). Antioksidan çalışmalarda kullanılan bu metot ile test çözeltisinin sahip olduğu sarı renk ortamda bulunan antioksidan maddelerin indirgeme kapasitelerinden dolayı mavi-yeşil'in farklı tonlarındaki renklerine dönüşmektedir (Gülçin 2006a; Gülçin ve ark. 2006b). İndirgenmiş ürüne serbest  $Fe^{3+}$  ilave edilmesinin sonucu olarak hem yoğun Perl Prussian mavisi rengine hem de 700 nm'de güçlü bir absorbansa sahip bir  $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$  kompleksini verir (Inatani ve ark., 1983).

Mısır ipeği (*Zea mays L.*) özütlerinin ve pozitif kontrollerin  $Cu^{2+}$  indirgeme gücü Çizelge 1'de gösterilmiştir.  $Cu^{2+}$ 'nin indirgeme gücü ile farklı konsantrasyonlardaki mısır ipeği (*Zea mays L.*) özütleri arasında pozitif bir korelasyon olduğu görülmüştür. Ve  $Cu^{2+}$  iyonunun indirgeme kapasitesinin, mısır ipeği (*Zea mays L.*) özütlerinin artan konsantrasyonlarıyla da doğru orantılı olduğu belirlenmiştir (10-30  $\mu g mL^{-1}$ , Çizelge 1). Aynı konsantrasyondaki (30  $\mu g mL^{-1}$ ) mısır ipeği (*Zea mays L.*) ekstraktlarının ve pozitif kontrollerin,  $Cu^{2+}$  indirgeme kapasiteleri sırasıyla: BHA (2.396;  $r^2$ : 0.9107) > BHT (2.020;  $r^2$ : 0.9206) > Troloks (1.452;  $r^2$ : 0.9970) >  $\alpha$ -tokoferol (1.262;  $r^2$ : 0.9920) > SEZM (0.265;  $r^2$ : 0.9778) > EEZM (0.241;  $r^2$ : 0.9903) şeklinde olduğu belirlenmiştir.

Mısır ipeği (*Zea mays L.*) özütlerinin  $Fe^{3+}$ - $Fe^{2+}$  ve  $Cu^{2+}$ - $Cu^+$  'nın indirgeyici güç sırası arasında benzer bir ilişki olduğu kaydedilmiştir. En güçlü indirgeme gücü, standard bir antioksidan molekül olan BHA'da gözlemlenmiştir ve aynı zamanda her iki indirgeme gücü yöntemi için de EEZM'de nispeten düşük güçlü indirgeme gücü hesaplanmıştır. CUPRAC yöntemi, antioksidan karakterli birçok molekül tipi için yararlı olan kolay, hızlı, seçici, uygun maliyetli ve önemli bir antioksidan testidir. Kısa sürede tamamlanan CUPRAC yöntemi Apak ve arkadaşları tarafından geliştirilen yöntemin modifiye edilmesi ile gerçekleştirilmiştir (2006).

FRAP deneyi, hem antioksidan moleküllerin hem de bitki ekstraktlarının toplam indirgeme kapasitesini belirlemek için kullanılan bir yöntemdir. Reaksiyon ortamında oluşan  $Fe^{2+}$ , TPTZ ile 593 nm'de maksimum absorbans sağlayan renkli bir kompleks oluşturur. Ayrıca organik moleküllerin veya bitki ekstraktlarının indirgeme kapasitesi, spektrofotometrik olarak belirlenen bu absorbans değeri ile hesaplanabilmektedir. Çizelge 1'de görülebileceği gibi, mısır ipeği (*Zea mays L.*) ekstraktlarının ve aynı konsantrasyondaki (30  $\mu g mL^{-1}$ ) pozitif kontrollerin  $Fe^{3+}$ -TPTZ- $Fe^{2+}$ -TPTZ indirgeme kabiliyetleri sırasıyla: BHA (2.853;  $r^2$ : 0.8282) > Troloks (2.102;  $r^2$ : 0.9201) > BHT (2.026;  $r^2$ : 0.8870) >  $\alpha$ -tokoferol (1.855;  $r^2$ : 0.9175) > SEZM (0.903;  $r^2$ : 0.7832) > EEZM (0.883;  $r^2$ : 0.7878) şeklinde hesaplanmıştır. Bu redoks yöntemi sayesinde birçok gıda, tıbbi ve farmasötik bitkinin toplam antioksidan kapasitesi hızlı ve kolay bir şekilde belirlenebilir (Cavalli ve ark., 2008).

**Çizelge 1.** Mısır ipeği ekstraktlarının (*Zea mays L.*) [SEZM, su ve EEZM, etanol] Potasyum ferrisiyanür, CUPRAC ve FRAP yöntemleri ile indirgeme gücünün belirlenmesi.

Antioksidantlar	Fe <sup>3+</sup> -Fe <sup>3+</sup> indirgeme		Cu <sup>2+</sup> -Cu <sup>+</sup> indirgeme		Fe <sup>3+</sup> -TPTZ indirgeme	
	IC <sub>50</sub> (µg mL <sup>-1</sup> )*	R <sup>2</sup>	IC <sub>50</sub> (µg mL <sup>-1</sup> )*	R <sup>2</sup>	IC <sub>50</sub> (µg mL <sup>-1</sup> )*	R <sup>2</sup>
<b>BHA</b>	2.170±0.005	0.9616	2.396±0.018	0.9107	2.853±0.003	0.8282
<b>BHT</b>	1.490±0.002	0.9950	2.020±0.004	0.9206	2.026±0.002	0.8870
<b>Troloks</b>	1.170±0.001	0.9955	1.452±0.050	0.9970	2.102±0.003	0.9201
<b>α-Tokoferol</b>	1.101±0.006	0.9631	1.262±0.018	0.9920	1.855±0.001	0.9175
<b>SEZM</b>	0.354±0.003	0.9324	0.265±0.002	0.9778	0.903±0.001	0.7832
<b>EEZM</b>	0.330±0.001	0.9559	0.241±0.002	0.9903	0.883±0.003	0.7878

\* absorbans değerleri olarak ifade edilir.

DPPH· serbest radikali giderme metodolojisi için, radikal olmayan DPPH-H molekülü, taze olması gereken bir DPPH· serbest radikali oluşturmak için belirli bir süre etil alkol içinde ve karanlıkta karıştırılmıştır (Şerbetçi Tohma ve Gülçin, 2010; Gülçin ve ark., 2012). Mısır ipeği (*Zea mays L.*) özütleri, DPPH· serbest radikalini sarı renkli DPPH-H'ye indirgeme yeteneğine sahip olduğu belirlenmiştir. Çizelge 2, mısır ipeği (*Zea mays L.*) özütlerinin, troloks, α-tokoferol, BHT ve BHA gibi radikal süpürücü maddelerin radikal giderme kabiliyeti nedeniyle DPPH· serbest radikalinin konsantrasyonunda önemli bir azalmayı ( $p < 0.01$ ) tanımlamıştır. IC<sub>50</sub> değerleri; SEZM için 400.6678 µg mL<sup>-1</sup> (0.8744), EEZM için 515.1443 µg mL<sup>-1</sup> (0.8406), troloks için 43.4459 µg mL<sup>-1</sup> (0.9921), α-tokoferol için 69.3463 µg mL<sup>-1</sup> (0.9785), BHT için 68.0379 µg mL<sup>-1</sup> (0.9338) ve BHA için 37.9580 µg mL<sup>-1</sup> (0.9999) olarak hesaplanmıştır. DPPH· serbest radikali giderme aktivitesi sırasıyla BHA > Troloks > BHT > α-tokoferol > SEZM > EEZM şeklinde olduğu belirlenmiştir. Sayısal olarak düşük IC<sub>50</sub> değeri, yüksek bir DPPH radikal temizleme etkinliğini göstermektedir. Bu yöntem için, numunelerin 517 nm'deki absorbans değerleri ölçülmüş ve kaydedilmiştir. Yani bu sayısal değerlerin anlamı; DPPH· serbest radikali ortamdaki 1 elektron veya 1 hidrojen radikali olarak kararlı bir form almış demektir (Gülçin ve ark., 2005).

Çizelge 2'de gösterildiği gibi, mısır ipeği (*Zea mays L.*) özütleri artan konsantrasyona bağlı olarak etkili bir şekilde ABTS<sup>•+</sup> radikali giderme kapasitesine sahip olduğu belirlenmiştir (10-30 µg mL<sup>-1</sup>). Bu analizde EEZM ve SEZM için IC<sub>50</sub> değerleri; SEZM için 349.5139 µg mL<sup>-1</sup> ( $r^2$ : 0.9399) ve EEZM için 524.2709 µg mL<sup>-1</sup> ( $r^2$ : 0.9573) şeklinde olduğu belirlenmiştir. ABTS<sup>•+</sup> ( $p < 0.01$ ) konsantrasyonunun, tüm mısır ipeği (*Zea mays L.*) ekstraktı konsantrasyonlarındaki giderme kabiliyeti nedeniyle önemli ölçüde azaldığı görülmüştür. Ayrıca, BHA, BHT, troloks ve α-tokoferol için IC<sub>50</sub> değerleri sırasıyla; 18.8416 µg mL<sup>-1</sup> ( $r^2$ : 0.7539), 16.9170 µg mL<sup>-1</sup> ( $r^2$ : 0.9159), 17.0084 µg mL<sup>-1</sup> ( $r^2$ : 0.7263) ve 125.8622 µg mL<sup>-1</sup> ( $r^2$ : 0.9217) şeklinde hesaplanmıştır. Mısır ipeği (*Zea mays L.*) özütleri ve standard antioksidan moleküllerin ABTS<sup>•+</sup> katyon radikalini süpürücü aktivitesi sırasıyla: BHT > Troloks > BHA > α-tokoferol > SEZM > EEZM olarak belirlenmiştir.

**Çizelge 2.** Mısır ipeği ekstraktlarının (*Zea mays L.*) [SEZM, su ve EEZM, etanol], DPPH·, ABTS<sup>•+</sup> radikallerini giderme etkinliği ile IC<sub>50</sub> değerlerinin belirlenmesi

Antioksidantlar	DPPH· serbest radikali giderme		ABTS <sup>•+</sup> radikali giderme	
	IC <sub>50</sub>	R <sup>2</sup>	IC <sub>50</sub>	R <sup>2</sup>
<b>BHA</b>	37.9580	0.9999	18.8416	0.7539
<b>BHT</b>	68.0379	0.9338	16.9170	0.9159
<b>α-Tokoferol</b>	69.3463	0.9785	125.8622	0.9217
<b>Troloks</b>	43.4459	0.9921	17.0084	0.7263
<b>SEZM</b>	400.6678	0.8744	349.5139	0.9399
<b>EEZM</b>	515.1443	0.8406	524.2709	0.9573

Hem DPPH· serbest radikalini hem de ABTS<sup>•+</sup> radikalini giderme etkinliğini belirleme yöntemleri antioksidan yöntemler açısından iki önemli tekniktir ve bu yöntemlerin sonuçları birbiriyle uyumlu bir şekilde paralel olarak sonuçlanması gerekmektedir (Gülçin ve ark., 2010a). Taze olarak hazırlanması gereken ve ABTS ile K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> arasındaki reaksiyondan elde edilen mavi/yeşil renkli bileşik, ABTS<sup>•+</sup> radikalini göstermektedir (Gülçin ve ark., 2009; Gülçin ve ark., 2010b). Reaksiyon ortamına eklenen permanganat (MnO<sub>4</sub><sup>-</sup>), kromat (CrO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) ve perklorat (ClO<sub>4</sub><sup>-</sup>) gibi oksidan moleküller ABTS<sup>•+</sup> radikalini oluşumunu hızlandırabilmektedir. Bu prosese göre, oksitleyici olarak kullanılan moleküle bir oksijenasyon molekülü ya da bir oksijen atomu transfer molekülü demek hiç de yanlış olmaz. Bir oksijenasyon molekülü (K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>) kullanılarak elde edilen ABTS<sup>•+</sup> radikal katyon çözeltisi mavi/yeşil renktedir ve bu renk şiddeti 734 nm'de maksimum absorbans göstererek antioksidan aktivite çalışmaları gerçekleştirilir (Ak ve Gülçin, 2008). Bu yöntemde antioksidan kapasitesinin belirlenme prensibi, ortama farklı konsantrasyonlarda numune çözeltileri eklenerek ABTS<sup>•+</sup> radikalini neden olduğu yoğun renk şiddetinin azaltılması ile ölçülmesidir (Gülçin, 2009).

Mısır ipeği (*Zea mays L.*) özütlerinin toplam fenolik içeriklerinin belirlenmesi için de gallik asit kullanılarak standard bir grafik çizilmiştir (r<sup>2</sup>: 0.9840). Toplam fenolik içeriğin belirlenmesi yöntemi için Folin-Ciocalteu reaktifi kullanılmıştır. Mısır ipeği (*Zea mays L.*) özütlerinin toplam fenolik miktarı, gallik asit ile elde edilen standard grafik denkleminde 1 mg ekstrakt (GAE mg<sup>-1</sup> ekstraktı) başına gallik asit eşdeğeri olarak belirlenmiştir (Gülçin ve ark., 2008). Fenolik içeriğin 0.038 ve 0.102 µg GAE'si sırasıyla 1 mg EEZM ve SEZM'den hesaplanmıştır.

Flavonoid bileşiklerin kardiyovasküler hastalıkların önlenmesinde büyük bir önem taşıdığı bilinmektedir (Gülçin, 2012). Mısır ipeği (*Zea mays L.*) özütlerindeki toplam flavonoid miktarının kuersetin (QE) eşdeğeri olarak belirlenebilmesi için, ilk olarak standard bir kuersetin grafiği (r<sup>2</sup>: 0.9985) hazırlanmıştır. Elde edilen sonuçlar, sırasıyla 1 mg SEZM ve EEZM'den 0.604 ve 0.136 µg QE flavonoid içeriği olarak hesaplandığını göstermiştir. Su kimyasal yapısı gereği etanolden daha fazla sayıda hidrojen bağı yapması ve buna bağlı olarak da daha polar bir özelliğe sahip olması sebebiyle polaritesi etanole göre daha fazladır. Bu nedenle su ekstraktındaki flavonoid içeriği etanol ekstraktına göre daha fazladır.

Hâlihazırda yapılmış bazı araştırmalardan elde edilmiş sonuçlara göre de mısır ipeği (*Zea mays L.*) özütlerinde bulunan ve birer flavonoid olan apigenin ve luteolin'in bu özütlerin biyoaktivitesine katkıda bulunabileceği öne sürülmüştür (Chang ve ark., 2016). Yine başka bir araştırma grubu tarafından fareler üzerinde gerçekleştirilmiş bir çalışmada 500 mg/kg'ın altındaki bir dozda mısır ipeğinden ekstrakte edilen ham flavonoidlerin tüketilmesinin normal fareler üzerinde gözlenen yan etkisinin olmadığını ve antioksidan ve antihiperlipidemik aktivitelerle birlikte önemli antidiyabetik potansiyele



sahip olduğu rapor edilmiştir. Mısır ipeği'nin fenolik yönden zenginleştirilmiş fraksiyonları, doğal antioksidanların bir kaynağı olduğu ve şeker hastalığı ile diyabetik nefropati dahil diyabetik komplikasyonların önlenmesi ve tedavisi için potansiyel ajan olarak daha da geliştirilebileceği öngörülmüştür (Wang ve Zhao, 2019).

Polifenoller, birçok biyoyararlanımı olan antioksidan gruptaki moleküllerdir. Doğal kaynak olmalarından ve sağlık üzerindeki olumlu etkilerinden dolayı son yıllarda bitki bazlı polifenollere ilgi her geçen gün artmaktadır (Köksal ve ark., 2009; Polat Köse ve ark., 2015; Polat Kose ve ark., 2020). Standard antioksidanların çözeltilerinin mililitresindeki miktarları, bitki ekstralarının içerisinde antioksidan özellik gösteren moleküllerin miktarlarına göre daha fazladır. Bu nedenle de birer standard antioksidan molekül olan BHA, BHT,  $\alpha$ -Tokoferol ve Troloks'un etkinliği genellikle bitki ekstrallerinden daha yüksek çıkmaktadır. Pek çok biyoyararlılığı bilinen bitkisel kaynaklar için de durum böyle olabilmektedir (Polat Köse ve ark., 2015; Topal ve ark., 2016; Polat Kose ve ark., 2020).

## SONUÇ

Bu çalışmada, Mısır İpeği (*Zea mays L.*) özütleri kullanılmış ve farklı biyokimyasal deneyler yapılarak elde edilen sonuçlar, standard antioksidan bileşiklerle karşılaştırmalar sonucunda dikkate değer veriler elde edilmiştir. Doğal kaynaklı antioksidanlar olan mısır ipeği (*Zea mays L.*) özütleri, gıda veya farmasötik malzemelerde lipit oksidasyonunun etkilerini azaltmak, diyetle alındığında yaşam kalitesini arttırmak veya endüstriyel ürünlerin raf ömrünü uzatmak için kullanılabilir. Ayrıca, diğer faydalı bitkisel kaynaklar gibi doğru kullanımı sayesinde geleneksel tıbbi tedavide olumlu sonuçlar gösterebileceği öngörülmektedir.

## TEŞEKKÜR

Katkılarından dolayı Atatürk Üniversitesi Fen Fakültesi Kimya Bölümü Biyokimya Anabilim Dalı öğretim üyesi Prof. Dr. İlhami GÜLÇİN'e teşekkür ederim.

## KAYNAKLAR

- Ak T, Gülçin İ, 2008. Antioxidant and radical scavenging properties of curcumin. *Chemico-Biological Interactions*, 174: 27-37.
- Apak R, Güçlü K, Özyürek M, Karademir SE, Erça E, 2006. The Cupric Ion Reducing Antioxidant Capacity And Polyphenolic Content Of Some Herbal Teas. *International Journal of Food Science and Nutrition*, 57: 292–304.
- Blois MS, 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, 26: 1199-1200.
- Bursal E, 2009. Determination of antioxidant and antiradical activities of kiwi fruit (*Actinidia deliciosa*), purification and characterization of carbonic anhydrase enzyme. *Ataturk University Graduate School of Natural and Applied Sciences, Ph. D. Thesis (Printed)*.
- Bursal E, Gülçin İ, 2011. Polyphenol contents and in vitro antioxidant activities of lyophilized aqueous extract of kiwifruit (*Actinidia deliciosa*). *Food Research International*, 44: 1482-1489.
- Bursal E, Köksal E, Gülçin İ, Bilsel G, Gören AC, 2013. Antioxidant activity and polyphenol content of cherry stem (*Cerasus avium L.*) determined by LC-MS/MS. *Food Research International*, 51: 66-74.
- Çakmakçı S, Topdaş EF, Kalın P, Han H, Şekerci P, Köse LP, Gülçin I, 2015. Antioxidant capacity and functionality of oleaster (*Elaeagnus angustifolia L.*) flour and crust in a new kind of fruity ice cream. *International Journal of Food Science and Technology*, 50: 472-481.
- Cavalli A, Bolognesi ML, Minarini A, Rosini M, Tumiatti V, Recanatini M, Melchiorre C, 2008. Multi-target-directed ligands to combat neurodegenerative diseases. *Journal of Medicinal Chemistry*, 51: 347-372.
- Chaiittianan R, Chayopas P, Rattanathongkom A, Tippayawat P, Sutthanut K, 2016. Anti-obesity potential of corn silks: relationships of phytochemicals and antioxidation, anti-pre-adipocyte proliferation, anti-adipogenesis, and lipolysis induction. *Journal of Functional Foods*, 23: 497–510.

- Chang CC, Yuan W, Roan HY, Chang JL, Huang HC, Lee YC, Tsay HJ, Liu HK, 2016. The ethyl acetate fraction of corn silk exhibits dual antioxidant and anti-glycation activities and protects insulin-secreting cells from glucotoxicity. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 16: 432.
- Choi DJ, Kim SL, Choi JW, Park YI, 2014. Neuroprotective effects of corn silk maysin via inhibition of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-induced apoptotic cell death in SK-N-MC cells. *Life Sciences*, 109: 57–64.
- Du Q, Zhao XH, Xia L, Jiang CJ, Wang XG, Han Y, Wang J, Yu HQ, 2019. Effects of potassium deficiency on photosynthesis, chloroplast ultrastructure, ROS, and antioxidant activities in maize (*Zea mays* L.). *Journal of Integrative Agriculture*, 18 (2): 395-406.
- Duh PD, 1998. Antioxidant activity of burdock (*Arctium lappa* L.): its scavenging effect on free radical and active oxygen. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 75: 455-461.
- Ebrahimzadeh MA, Mahmoudi M, Ahangar N, Ehteshami S, Ansaroudi F, Nabavi SF, Nabavi SM, 2009. Antidepressant activity of corn silk. *Pharmacologyonline*, 3: 647–652.
- Elmastaş M, Gülçin İ, Beydemir Ş, Küfrevioğlu Öİ, Aboul-Enein HY, 2006a. A study on the in vitro antioxidant activity of juniper (*Juniperus communis* L.) seeds extracts. *Analytical Letters*, 39: 47-65.
- Elmastaş M, Türkekul İ, Öztürk L, Gülçin İ, Işıldak Ö, Aboul-Enein HY, 2006b. The antioxidant activity of two wild edible mushrooms (*Morchella vulgaris* and *Morchella esculanta*). *Combinatorial Chemistry and High Throughput Screening*, 9: 443-448.
- Göçer H, Gülçin İ, 2011. Caffeic acid phenethyl ester (CAPE): Correlation of structure and antioxidant properties. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 62: 821-825.
- Gurib-Fakim A, 2006. Medicinal plants: traditions of yesterday and drugs of tomorrow. *Molecular Aspects of Medicine*, 27: 1-93.
- Gülçin İ, 2006a. Antioxidant and antiradical activities of L-Carnitine. *Life Sciences*, 78: 803-811.
- Gülçin İ, 2006b. Antioxidant activity of caffeic acid (3,4-dihydroxycinnamic acid). *Toxicology*, 217: 213-220.
- Gülçin İ, 2008b. Measurement of antioxidant ability of melatonin and serotonin by the DMPD and CUPRAC methods as trolox equivalent. *Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry*, 23: 871-876.
- Gülçin İ, 2009. Antioxidant activity of L-Adrenaline: An activity-structure insight. *Chemico-Biological Interactions*, 179: 71-80.
- Gülçin İ, 2010. Antioxidant properties of resveratrol: A structure-activity insight. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 11: 210-218.
- Gülçin İ, 2011. Antioxidant activity of eugenol-a structure and activity relationship study. *Journal of Medicinal Food*, 14: 975-985.
- Gülçin İ, 2012. Antioxidant activity of food constituents: an overview. *Archives of Toxicology* 86:345-396.
- Gülçin İ, Beydemir Ş, Şat İG, Küfrevioğlu Öİ, 2005. Evaluation of antioxidant activity of cornelian cherry (*Cornus mas* L.). *Acta Alimentaria*, 34 (2): 193-202.
- Gülçin İ, Mshvildadze V, Gepdiremen A, Elias R, 2006. Screening of antioxidant and antiradical activity of monodesmosides and crude extract from *Leontice smirnowii* Tuber. *Phytomedicine*, 13: 343-351.
- Gülçin İ, Tel AZ, Kirecci E, 2008. Antioxidant, antimicrobial, antifungal and antiradical activities of *Cyclotrichium niveum* (Boiss.) Manden and Scheng. *International Journal of Food Properties*, 11: 450-471.
- Gülçin İ, Elias R, Gepdiremen A, Taoubi K, Köksal E, 2009. Antioxidant secoiridoids from fringe tree (*Chionanthus virginicus* L.). *Wood Sciences and Technology*, 43: 195–212.
- Gülçin İ, Bursal E, Şehitoğlu HM, Bilsel M, Gören AC, 2010a. Polyphenol contents and antioxidant activity of lyophilized aqueous extract of propolis from Erzurum, Turkey. *Food and Chemical Toxicology*, 48: 2227-2238.
- Gülçin İ, Kirecci E, Akkemik E, Topal F, Hisar O, 2010b. Antioxidant and antimicrobial activities of an aquatic plant: Duckweed (*Lemna minor* L.). *Turkish Journal of Biology*, 34: 175-188.
- Gülçin İ, Topal F, Çakmakçı R, Gören AC, Bilsel M, Erdoğan U, 2011a. Pomological features, nutritional quality, polyphenol content analysis and antioxidant properties of domesticated and three wild ecotype forms of raspberries (*Rubus idaeus* L.). *Journal of Food Science*, 76: C585-C593.
- Gülçin İ, Topal F, Öztürk Sarıkaya SB, Bursal E, Gören AC, Bilsel M, 2011b. Polyphenol contents and antioxidant properties of medlar (*Mespilus germanica* L.). *Records of Natural Products*, 5: 158-175.

- Gülçin İ, Elmastaş M, Aboul-Enein HY, 2012. Antioxidant activity of clove oil-A powerful antioxidant source. *Arabian Journal of Chemistry*, 5: 489-499.
- Hasanudin K, Hashim P, Mustafa S, 2016. Corn silk (*Stigma maydis*) in healthcare: a phytochemical and pharmacological review. *Molecules*, 17: 9697–9715.
- Hu SL, Qiao CH, Yuan ZL, Li M, Ye JF, Ma HM, Wang JH, Xin SY, Zhang J, 2018. Therapy with high-dose long-term antioxidant free radicals for severe paraquat poisoning: A pilot study. *Experimental and Therapeutic Medicine*, 16 (6): 5149-5155.
- Inatani R, Nakatani N, Fuwa H, 1983. Antioxidative effect of the constituents of rosemary (*Rosemarinus officinalis* L.) and their derivatives. *Agricultural and Biological Chemistry*, 47: 521-528.
- Kolodziejczyk-Czepas J, Nowak P, Moniuszko-Szajwaj B, Kowalska I, Stochmal A, 2015. Free radical scavenging actions of three *Trifolium* species in the protection of blood plasma antioxidant capacity in vitro. *Pharmaceutical Biology*, 53 (9): 1277-1284.
- Köksal E, Gülçin İ, Öztürk Sarıkaya SB, Bursal E, 2009. On the in vitro antioxidant activity of silymarine. *Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry*, 24: 395-405.
- Lee J, Lee S, Kim SL, Choi JW, Seo JY, Choi DJ, Park YI, 2014. Corn silk maysin induces apoptotic cell death in PC-3 prostate cancer cells via mitochondria-dependent pathway. *Life Sciences*, 119: 47–55.
- Lu Z, Ren T, Pan Y, Li X, Cong R, Lu J, 2016. Differences on photosynthetic limitations between leaf margins and leaf centers under potassium deficiency for *Brassica napus* L. *Scientific Reports*, 6: 21725.
- MacDonald-Wicks LK, Wood LG, Garg ML, 2006. Methodology for the determination of biological antioxidant capacity in vitro: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86: 2046-2056.
- Polat Köse L, Gülçin İ, Gören AC, Namiesnik J, Martinez-Ayala AL, Gorinstein S, 2015. LC–MS/MS analysis, antioxidant and anticholinergic properties of galanga (*Alpinia officinarum* Hance) rhizomes. *Industrial Crops and Products*, 74: 712–721.
- Polat Kose L, 2016. Determination of Antioxidant Capacity of Some Natural Compounds and Investigation of Their Inhibition Effects on AChE and BChE Enzymes and hCA I and II Isoenzymes. Ataturk University Graduate School of Natural and Applied Sciences, Ph. D. Thesis (Printed).
- Polat Kose L, Bingol Z, Kaya R, Goren AC, Akincioglu H, Durmaz L, Koksak E, Alwasel SH, Gulcin I, 2020. Anticholinergic and Antioxidant Activities of Avocado (*Folium perseeae*) Leaves – Phytochemical Content by LC-MS/MS Analysis. *International Journal of Food Properties*, 23: 878-893.
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C, 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26: 1231-1237.
- Sehitoglu MH, Han H, Kalin P, Gülçin İ, Ozkan A, Aboul-Enein HY, 2015. Pistachio (*Pistacia vera* L.) Gum: A potent inhibitor of reactive oxygen species. *Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry*, 30: 264-269.
- Sepehri G, Derakhshanfar A, Zade FY, 2011. Protective effects of corn silk extract administration on gentamicin-induced nephrotoxicity in rat. *Comparative Clinical Pathology*, 20: 89–94.
- Şerbetçi Tohma H, Gülçin İ, 2010. Antioxidant and radical scavenging activity of aerial parts and roots of Turkish liquorice (*Glycyrrhiza glabra* L.). *International Journal of Food Properties*, 13: 657-661.
- Topal M., Gocer H., Topal F., Kalin P., Polat Köse L., Gülçin İ., Çetin Çakmak K., Küçük M., Durmaz L., Gören AC., Alwasel SH, 2016. Antioxidant, antiradical and anticholinergic properties of cynarin purified from the illyrian thistle (*Onopordum illyricum* L.). *Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry*, 31: 266–275.
- Valenzuela AB, Nieto SK, 1996. Synthetic and natural antioxidants: food quality protectors. *Grasas y Aceites*, 47: 186-196.
- Wang KJ, Zhao JL, 2019. Corn silk (*Zea mays* L.), a source of natural antioxidants with alpha-amylase, alpha-glucosidase, advanced glycation and diabetic nephropathy inhibitory activities. *Biomedicine and Pharmacotherapy*, 110: 510-517.
- Zhang Y, Wu LY, Ma ZS, Cheng J, Liu JB, 2016. Anti-diabetic, anti-oxidant and antihyperlipidemic activities of flavonoids from corn silk on STZ-induced diabetic mice. *Molecules*, 21: 7.