

Tahılların Antioksidan İçerikleri

Gülay ZULKADİR^{1*}

¹Mersin Üniversitesi, Silifke Uygulamalı Teknoloji ve İşletmecilik Yüksekokulu, Organik Tarım İşletmeciliği Bölümü, 33940, Mersin

¹<https://orcid.org/0000-0003-3488-4011>

*Sorumlu yazar: gulayzulkadir@gmail.com

Derleme

ÖZ

Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 24.09.2021

Kabul tarihi:06.11.2021

Online Yayınlanma: 03.06.2022

Anahtar Kelimeler:

Fenolik asitler

Flavonlar

Flavonoidler

Tokoferoller

Antosiyanin

Tahıllar, vitamin, mineral, karbonhidrat ve diğer besin elementleri bakımından oldukça zengin olan ürünlerdir. İnsanlar için günlük enerji ihtiyacının %50'sini karşılayabilen, ucuz gıda ürünü olması açısından tüketim miktarı fazladır. Tahıllar protein içerikleri bakımından zayıf olsalar da bazı araştırmalar tahıllarda bulunan antioksidan maddelerin ve miktarlarının, tahılların ikinci bir antioksidan kaynağı olabileceğini ve tüketimiyle bazı hastalıklara karşı savunma sistemini geliştirebileceğini göstermiştir. Yapılan araştırmalarda, tahılların kepeğinde genellikle fenolik bileşiklerden fenolik asitler ve flavonoidler bulunduğu ve öğütülmemiş tahıllarda fenolik asitler, ferulik asit, vanilik asit, kafeik asit, siringik asit ve p-kumarik asitin bulunduğu saptanmıştır. Buğday, arpa, çavdar, yulaf, mısır, çeltik, sorgum ve darıların tane yapılarındaki farklılıklardan ve üretildiği ekolojiye göre kullanım alanları değişebilmektedir. Tüm tahıllar için ortak düşünce mevcut olan bileşiklerin oranlarının genotiplere ve tane rengine bağlı olarak değişiklik göstermesidir.

Antioxidant Content of Grains

Reviews

Article History:

Received: 24.09.2021

Accepted: 06.11.2021

Published online: 03.06.2022

Keywords:

Phenolic acids

Flavones

Flavonoids

Tocopherols

Anthocyanin

ABSTRACT

Cereals are products that are very rich in vitamins, minerals, carbohydrates and other nutritional elements. The amount of consumption is high in terms of being a cheap food product that can meet 50% of the daily energy need for people. Although cereals are weak in terms of protein content, some studies have shown that antioxidant substances and their amounts in cereals can be a second source of antioxidants and can improve the defense system against some diseases with consumption. In the researches, it has been determined that there are phenolic acids and flavonoids, which are phenolic compounds, in the bran of the cereals, and phenolic acids, ferulic acid, vanillic acid, caffeic acid, syringic acid and p-coumaric acid are found in the unground grains. Wheat, barley, rye, oats, corn, paddy, sorghum and millets can be used in different areas depending on the differences in their grain structures and the ecology in which they are produced. The common idea for all grains is that the proportions of compounds present vary depending on genotypes and grain color.

To Cite: Zülkadir G., 2022. Tahılların antioksidan içerikleri. Kadirli Uygulamalı Bilimler Fakültesi Dergisi, 2(1): 122-132.

Giriş

Tüm canlılar yaşamsal faaliyetlerini sürdürürken, direk veya indirek olarak tahıl bitkilerinden yararlanırlar. Tahıl taneleri, karbonhidrat, protein, yağ yönünde değerlendirilirken, bileşiminde bulunan antioksidan maddeler yönünden de ön planda yer almaktadır. Oksijen, yaşamsal faaliyetlerde temel yapıyı oluşturan karbonhidrat, protein ve yağ gibi birimlerde bulunan temel elementtir (Sachdeva ve ark., 2014). Fakat, oksijen kendi başına zararlı olmasa da ‘reaktif oksijen türleri’ (ROS) veya serbest radikallerin sentezinde görev almasından dolayı canlı dokularda toksik etkileri de bulunmaktadır (Valko ve ark., 2007). ROS’nin yıkıcı etkisine karşın, antioksidan savunma sisteminde yer alan bir grup bileşen ve enzimler, doku zararı oluşmadan önce serbest radikalleri ortadan kaldırmak üzere canlı bünyesinde doğal olarak oluşturulur (Cui ve ark., 2004; Sedelnikova ve ark., 2010).

Bazı antioksidanlar vücutta oluşturulurken bazıları ise diyet veya beslenme yoluyla kazanılmaktadır (Valko ve ark., 2007). Çeşitli bitkiler ve bunların bileşenleri önemli bir antioksidan kaynağını oluşturmaktadır (Sachdeva ve ark., 2014). Bu antioksidanlar karotenoidler, fenoller, polifenoller, gallik asit ve tanin, kateşin gibi gallik asit türevlerini içeren çok farklı gruplarda bulunan doğal ve sentetik antioksidanlardır. Eugenol, guaiakol, vanilin, izovanilin, umbeliferon, sesamol, timol, mentol, phylic asit, lipoik asit, kersetin, karnasol, rutin, bütillenmiş hidroksianizol, bütillenmiş hidroksi tolüen, gibi bileşenler bu antioksidanlara örnektir (Perera ve Yen, 2007; Valko ve ark., 2007). Vitamin C, E ve çinko, bakır, selenyum gibi mineraller çeşitli hastalıklara karşı koruyucu etkisi en yaygın ve etkili olan antioksidan sınıfında olup (Sachdeva ve ark., 2014), Bunların dışında ürik asit, transferin, miyogloblin, hemogloblin, ferritin, melatonin, laktoferrin, metiyonin, glutatyon ve bilirubin gibi bileşenler de gıdalarda bulunabilen antioksidan özelliğe sahip kimyasallardır (Altınışık, 2000; Günaydın ve Çelebi, 2003). Tahıl bitkileri tane yapıları ve yetiştirildiği ekolojiye göre kendi aralarında gruplara ayrılmaktadır. Bu gruplara göre besin değerleri değişmektedir.

Reaktif Oksijen Türleri ve Serbest Radikaller

Reaktif oksijen türleri veya oksidanlar, zincir reaksiyonun başlatılması ve yayılmasına katılan radikal ve radikal olmayan türleri içeren, oksijenin tüm reaktif formlarını içeren ortak bir terimdir. Öncelikle, fizyolojik düzeyde, makrofajlar tarafından bakteri ve diğer yabancı maddelerin eritropoetin üretimini, apoptoz, anjiyogenez, endotel bağımlı damar gevşemesini teşvik ve yıkım gibi işlevleri içeren sinyalizasyon veya savunma süreçlerini düzenleyici olarak yararlı ve hatta kritik bir role sahiptir (Valko ve ark., 2007). Ancak, hücrel

bileşenlerin zarar görmesine sebep olabilecek düzeyde yükselmiş ROS seviyesi hemostatik yollarda zarara neden olabilmektedir (Sachdeva ve ark., 2014).

Büyüyen bir vücutta yaşlanma ve enflamatuvar hastalıklar da dahil olmak üzere insan hastalıklarında oksidatif stresin etkisi oldukça fazladır (Cui ve ark., 2004; Sedelnikova ve ark., 2010). ROS, hücre metabolizması sırasında serbest radikaller şeklinde düzenlenmiş bir şekilde üretilir ama onlar da metabolik bozukluklar tarafından düzenlenmemiş bir şekilde ve eksojen streslerle ortaya çıkabilir (Valko ve ark., 2007). Serbest radikaller, yüksek ölçüde reaktif ara ürün olan kimyasal bir sınıfı temsil eden, kendi yapısı içinde eşleşmemiş elektron bulunduran ve çok kısa süreliğine bağımsız halde bulunabilen bir tepkimedir (Halliwell, 2001). Serbest radikaller ve diğer reaktif türler, normal temel metabolik süreçlerden veya doğrudan güneş ışığı, ozon, X-ışınları, sigara, endüstriyel kimyasallar ve kirli havaya maruz kalma gibi dış kaynaklardan türetilmektedir.

Antioksidantlar

ROS tarafından indüklenen oksidatif stresten hücrelerin ve organların korunması için, canlılar son derece etkili ve son derece gelişmiş koruma sistemi geliştirmiştir. Bu sistem, çeşitli endojen ve ekzojen bileşenleri içeren 'antioksidan savunma sistemi olarak adlandırılmaktadır. Bu bileşenler, serbest radikalleri nötralizasyonunda etkileşimli ve sinerjik işlev görmektedir (Cadenas, 2004). Antioksidanın yaygın olarak kabul gören tanımı, 'düşük konsantrasyonlarda oksitlenebilir substratların oksidasyonunu önleyen veya önemli ölçüde geciktiren madde' olarak yapılmaktadır. Oksitlenebilir substratlar kelimesi, biyolojik sistemin hayati bileşenleri olan karbonhidrat, protein, yağ ve DNA gibi önemli biyomolekülleri kapsamaktadır (Halliwell, 1999).

Oksidatif stres, oksitleyici metabolizmadaki artış sebebiyle oluşmaktadır. Oksidatif stresi önlemek için antioksidanlar yararlı, sağlıklı etkiler gösteren önemli bir rol oynamaktadır. Antioksidanların yeterli düzeyde alınması veya oluşması kanser de dahil olmak üzere birçok kronik hastalıkların riskini azaltabilmektedir (Vaya ve Aviram, 2001).

Tahıllar

Tahıllar, buğdaygiller (Poaceae, Gramineae) familyasına ait olup, tüm dünyada yaklaşık olarak 2,3 milyar ton/yıl üretimi yapılmaktadır (FAO, 2013). Üretilen tahılların %70'i insanlar, %20'si hayvanlar tarafından tüketilirken, %9'u tohumluk ve %1'i ise endüstriyel olarak kullanılmaktadır (Akın, 2014). Yüksek oranda karbonhidrat, protein ve az miktarda da

yağ içeriğiyle önemli bir besin kaynağı olan tahıllar, dünya nüfusunun %60'ının da günlük enerji ihtiyacını karşılamaktadır (Akın, 2014).

Tahıllar iklim istekleri bakımından sıcak iklim tahılları ve serin iklim tahılları olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Bunlardan serin iklim tahıllarını, buğday, arpa, çavdar, yulaf; sıcak iklim tahıllarını ise mısır, çeltik, millet (kuşyemi), sorgum (darı) oluşturmaktadır.

Buğday (Triticum)

Buğday tanesinin sağlık açısından yararları, lif içeriği ve fenolik asitler açısından testa ve embriyosu oldukça önem taşımaktadır. Diyet lifi tüketimi başta kalp hastalıkları olmak üzere birçok rahatsızlık riskini azaltmaktadır (Craig ve ark., 1998; Topping ve Clifton, 2001), ayrıca fenolik asitler ise oksidan ve antioksidan bileşikler arasındaki dengeyi sağlayarak insan vücudunda oksidatif stresle mücadelede önemli bir rol oynamaktadır (Temple, 2000). Buğday tanelerindeki fenolik bileşikler serbest çözünür eşlenikte ve çözünmeyen formlarda bulunmaktadır.

Yapılan çalışmalarda buğday tanelerindeki fenolik asitlerin çoğunlukla bağlı formda bulunduğunu ve testa yapısıyla ilişkili olduğunu bildirmişlerdir (Adom ve Liu, 2002). Kepekli tahıllarda genellikle fenolik bileşiklerden fenolik asitler ve flavonoidler bulunmaktadır (Kardas ve Durucasu, 2014). Flavonoidler, flavonoller, flavan-3-ol, flavonlar flavanonlar iken, öğütülmemiş tahıllarda bulunan ortak fenolik asitler ferulik asit, vanilik asit, kafeik asit, siringik asit ve p-kumarik asittir (Sosulski ve ark., 1982). Ferulik asit tümör ve benzeri hastalıklarda inhibitör olarak görev alarak hastalığa karşı koruyucu olarak etki göstermektedir (Adom ve Liu, 2002).

Buğday çiminde ise başlıca fenolik bileşikler ferulik asit, gallik asit, kafeik asit, p-kumarik asit, ellagik asit, benzoik asit, p-hidroksibenzoik asit, siringik asit, kuersetin ve bha olarak belirlenmiş ve buğday çimi tüketiminin insan sağlığı üzerinde koroner kalp hastalıkları, belirli kanser türleri ve felç riskini azaltmak gibi olumlu etkileri olduğunu vurgulamıştır (Kardas ve Durucasu, 2014).

Arpa (Hordeum vulgare L.)

Arpa, fenolik bileşikler açısından oldukça önemli bir kaynak olup, sağlık açısından koruyucu etkisiyle doğal antioksidanlardan mükemmel bir diyet olduğu düşünülmektedir. Ayrıca, arpa fenolikleri, bira yapım aşamalarında ve bira kalitesi (bulanıklık, renk, tat, filtrasyon, köpük stabilitesi ve redoks durumu oluşumu gibi) açısından oldukça önemlidir.

(Iyuke ve ark., 2008; Quifer-Rada ve ark., 2015). Biralarda bulunan toplam polifenolik içeriğinin % 60'ının arpadan geldiği bilinmektedir (Dvořáková ve ark., 2008).

Arpa, benzoik ve sinamik asit türevleri, proantosiyandinler, kininler, flavonollar, kalkonlar, flavonlar, flavanonlar ve amino fenolik bileşikler gibi fenolik bileşiklerin farklı sınıflarını içermektedir (Carvalho ve ark., 2015). Arpada bulunan diğer ilişkili fenolik asitler, vanilik sinapnik, ve p-hidroksibenzoik asit (Coghe ve ark., 2004; Quifer-Rada ve ark., 2015). Arpa tanelerinde de perikarp, testa gibi dış tabakaların antioksidan bakımından daha zengin olduğu tespit edilmiş, yüksek düzeyde doğal antioksidan içeren tanenin bu kısımlarının gıdaların üretiminde fonksiyonel bileşen olarak kullanılabilceği belirtilmiştir (Gamel ve Abdel-Aal, 2012).

Çavdar (Secale cereale L.)

Çavdar danesi antioksidanlar ve fenolik bileşikler açısından oldukça önemli bir kaynak olup, ayrıca diyet lifi ve biyoaktif bileşikler açısından da oldukça değerlidir. Tanenin kısımları incelendiğinde çavdar kepeğinde bulunan, lignanlar, fenolik asitler, fitosteroller, tokotrienoller, tokoferoller ve diğer vitaminler gibi biyoaktif bileşiklerin oranının daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Liukkonen ve ark., 2003; Povilaitis ve ark., 2015).

Yulaf (Avena sativa L.)

Yulaf, çözünür lifler, proteinler doymamış yağ asitleri ve mineraller gibi değerli besin içeriklerini yüksek miktarda bulundurmaktadır (Flander ve ark., 2007). Ayrıca yulaf antioksidan aktivite sergileyen birçok bileşiğin kaynağıdır. Vitamin E (tokoller), fitik asit, fenolik bileşikler ve avenantiramidler yulafta en çok bulunan antioksidanlar olup ayrıca flavonoidler ve sterollerde bulunmaktadır (Peterson, 2001). Bu antioksidan bileşikler daha çok tanenin dış tabakasında bulunmaktadır.

Mısır (Zea mays L.)

Meyve, sebze ve tahıllarda bulunan fitokimyasal bileşenlere olan ilgi, tüketicilerin insan sağlığı açısından bilinçlendirilmesiyle gün geçtikçe artmaktadır. Mısır tanesi antosiyanin, ferulik asit ve p-kumarik asit türevleri gibi antioksidan ve antikanserojen etkilere sahiptir. Çeşitli çalışmalarda beyaz mısırın ferulik asit ve p-kumarik asit türevleri gibi antioksidan ve antikanserojen etkileri olduğu belirlenmiştir (Rondini ve ark., 2002; Anselmi ve ark., 2004; Trombino ve ark., 2004). Mavi, mor ve kırmızı pigmentli mısır taneleri antioksidan ve biyoaktif özelliklere sahip olan antosiyanince de oldukça zengin bir içeriğe sahiptir (Adom ve

Liu, 2002; Tsuda ve ark., 2003; Fimognari ve ark., 2004; Matsumoto ve ark., 2004). Bu pigmentler endospermin alöron tabakası ile bağlantılı olup, tahıl rengini etkilemektedir. Farklı renklere göre mısır taneleri antioksidan madde miktarı bakımından incelendiğinde yüksekten düşüğe doğru sırasıyla, mor renkli mısır danesi (29,0 µmol TE/g DW)), mavi renkli mısır danesi (25,6 µmol TE/g DW) ve beyaz renkli mısır danesi (17,3 µmol TE/g DW) olarak belirlenmiştir (Pozo-Insfran ve ark., 2006).

Çeltik (Oryza L.)

Kepekli pirinç esansiyel besinler ve diğer fitokimyasalların yanı sıra fenolik asitler yönünden de oldukça zengin bir kaynaktır. Pirinçte, fenolik asitler genellikle kepek kısmında ferulic, p-kumarik asitler, hidroksisinamik ve hidroksibenzoik asidin türevleri şeklinde bulunurlar. Ancak, pirinç genellikle kepeğinden ayrılarak kullanıldığı için fenolik asitlerin büyük çoğunluğu kaybolmaktadır. Pirinçte, fenolik asitler genellikle kepek kısmında hidroksisinamik ve hidroksibenzoik asidin türevleri şeklinde bulunurlar (Zhou ve ark., 2004). Ayrıca ferulic ve p-kumarik asitler pirinç kepeğinde en fazla bulunan fenolik asitlerdir (Harukaze ve ark., 1999). Fenolik asitler genellikle, serbest ve bağlı konjüge biçimlerde bulunurlar. Bağlı fenolik asitler, hücre duvarı bileşenlerine kovalent bağ ile bağlıdırlar. Yani, ester bağları ile polisakaritlere ve ester veya eter bağlarıyla lignin bileşenlerine bağlıdırlar (Scalbert ve ark., 1985).

Millet (Panicum miliaceum L.)

Millet, çeşitli taksonomik gruplara ait olan ve tropikal ve yarı kurak bölgelerde yetişen, küçük tohumlu bir tahıldır. Millet taneleri de diğer tahıl tanelerinde olduğu gibi dış tabakaya bağlı fitokimyasal bileşikler içermektedir. Millet taneleri fenolik asitler ve bunların türevleri, dehidrodiferulatlar ve dehidrotriferulatlar, flavan-3-ol, monomerler ve dimerler, flavonoller, flavonlar ve flavanonoller gibi fenolik bileşikleri içermektedir (Chandrasekara ve Shahidi, 2011).

Sorgum (Sorghum bicolor L.)

Sorgum, Afrika kökenli bir bitki olup tropikal, subtropikal ve kurak bölgelerde kolaylıkla yetiştirilebilen ve dünyada ekim ve tüketim sıralamasına göre buğday, mısır, çeltik ve arpadan sonra gelen bir tahıldır. Glutensiz oluşu ve diğer besin elementleri bakımından zengin oluşu nedeniyle son zamanlarda dikkatleri üzerine çekmiştir (Burdette ve ark., 2011; Moraes ve ark., 2012). Sorgum fenolik asitler, flavonoidler ve yoğunlaştırılmış tanenler gibi

fenolik bileşiklerin geniş bir yelpazesini içermektedir. Ancak bunların oranları genotiplere bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Dykes ve ark., 2005; 2009; 2011). Sorgumun antioksidan aktivitesi ve fenolik bileşik içeriği tane rengine bağlı olarak ta değişmektedir (Dykes ve ark., 2011). Genel olarak tahıllarda tane rengi koyulaştıkça antioksidan aktivite ve fenolik bileşik oranı da artış göstermektedir (Dykes ve ark., 2013).

Sonuç

Reaktif oksijen türlerinin canlı dokulara olan toksik etkisini ortadan kaldırmak üzere antioksidan savunma sisteminde yer alan bir grup bileşen ve enzimler canlı bünyesinde doğal olarak oluşur. Bunlar sadece doğal olarak üretilmemekte, ayrıca dışarıdan beslenme yoluyla alınabilmektedir. Bu antioksidanlar karotenoidler, fenoller, polifenoller, gallik asit ve tanin, kateşin gibi gallik asit türevlerini içeren çok farklı gruplarda bulunan doğal ve sentetik antioksidanlardır.

Tahıl bitkilerinde antioksidan ve flavonların varlığı, bu ürün grubunun önemini daha da artırmaktadır. Yapılan araştırmalarda buğday, arpa, çavdar, yulaf, mısır, çeltik, millet ve sorgum gibi ürünlerin özellikle kepekli kısmında yüksek oranda antioksidan maddenin bulunduğu görülmüştür. Tahılların kepeğinden ayrılması ile bu yararlı bileşenlerin çoğunun uzaklaştırıldığı, ancak kepeksiz tanelerde de belirli oranlarda antioksidan maddenin bulunduğu tespit edilmiştir. Tahıllarda bulunan bu maddeler, tür, çeşit ve tane rengi gibi faktörlerden etkilenerek değişiklik göstermektedir. Bu nedenle, tahıl üretiminde antioksidan içeriği artırılabilir araştırmaların yapılmasına gereksinim vardır.

Yapılan bu çalışma ile son zamanlarda sağlık açısından önemi nedeniyle popüleritesi yüksek olan antioksidan madde içerik ve miktarlarının tahıl grubu bitkilerde de var olduğu vurgulanmıştır. Böylelikle tahıllarda yapılacak olan çalışmaların antioksidan içeriği hakkında yol gösterici bir literatür olacağı düşünülmektedir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarı herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Araştırmacının Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazar makaleye % 100 oranında katkı sağlamış olduğunu beyan eder.

Kaynaklar

- Adom KK, Liu RH., 2002. Antioxidant activity of grains. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 50: 6182-6187.
- Akın V., 2014. Tahıl teknolojisi I. Ders Notları. 2014.
- Altınışık M., 2000. Serbest oksijen radikalleri ve antioksidanlar. ADÜ Tıp Fakültesi, Biyokimya AD., Aydın.
- Anselmi C, Centini M, Granata P, Sega A, Buonocore A, Bernini A, Facino RM., 2004. Antioxidant activity of ferulic acid alkyl esters in a heterophasic system: a mechanistic insight. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 52: 6425-6432.
- Burdette A, Garner PL, Mayer EP, Hargrove JL, Hartle DK, Greenspan P., 2011. Anti-inflammatory activity of select sorghum (*Sorghum bicolor*) brans. *Journal of Medicinal Food*, 13: 879e887.
- Cadenas E., 2004. Mitochondrial free radical production and cell signaling. *Molecular Aspects of Medicine*, 25(1-2): 117-126.
- Carvalho DO, Curto AF, Guido LF., 2015. Determination of phenolic content in different barley varieties and corresponding malts by liquid chromatography-diode array detection-electrospray ionization tandem mass spectrometry. *Antioxidants*, 4(3): 563-576.
- Chandrasekara A, Shahidi F., 2011. Determination of antioxidant activity in free and hydrolyzed fractions of millet grains and characterization of their phenolic profiles by HPLC-DAD-ESI-MSn. *Journal of Functional Foods*, 3: 144-158.
- Coghe S, Benoot K, Delvaux F, Vanderhaegen B, Delvaux FR., 2004. Ferulic acid release and 4-vinylguaiacol formation during brewing and fermentation: Indications for feruloyl esterase activity in *Saccharomyces cerevisiae*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52: 602-608.
- Craig SAS, Holden JF, Troup JP, Auerbach MH, Frier HI., 1998. Polydextrose as soluble fiber: Physiological and analytical aspects. *Cereal Food World*, 43: 370-376.
- Cui K, Luo X, Xu K, Murthy MRV., 2004. Role of oxidative stress in neurodegeneration: recent developments in assay methods for oxidative stress and nutraceutical antioxidants. *Progress in Neuro-Psychopharmacology & Biological Psychiatry*, 28(5): 771-799.
- Dvořáková M, Douanier M, Jurková M, Kellner V, Dostálek P., 2008. Comparison of antioxidant activity of barley (*Hordeum vulgare* L.) and malt extracts with the content of free phenolic compounds measured by high performance liquid chromatography coupled with coularray detector. *Journal of the Institute of Brewing*, 114: 150-159.

Dykes L, Peterson GC, Rooney WL, Rooney LW., 2011. Flavonoid composition of lemon-yellow sorghum genotypes. *Food Chemistry*, 128: 173e179.

Dykes L, Rooney LW, Waniska RD, Rooney WL., 2005. Phenolic compounds and antioxidant activity of sorghum grains of varying genotypes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53: 6813e6818.

Dykes L, Rooney WL, Rooney LW., 2013. Evaluation of phenolics and antioxidant activity of black sorghum hybrids. *Journal of Cereal Science*, 58: 278e283.

Dykes L, Seitz L, Rooney WL, Rooney LW., 2009. Flavonoid composition of red sorghum genotypes. *Food Chemistry*, 116: 313e317.

FAO. Food Outlook, 2013. <http://www.fao.org>.

Fimognari C, Berti F, Nüsse M, Cantelli-Forti G, Hrelia P., 2004. Induction of apoptosis in two human leukemia cell lines as well as differentiation in human promyelocytic cells by cyanidin-3-O-glucopyranoside. *Biochemical Pharmacology*, 67: 2047-2056.

Flander L, Salmenkallio-Marttila M, Suortti T, Autio K., 2007. Optimization of ingredients and baking process for improved wholemeal oat bread quality. *LWT-Food Science and Technology*, 40: 860-870.

Gamel TH, Abdel-Aal ESM., 2012. Phenolic acids and antioxidant properties of barley wholegrain and pearling fractions. *Agr Food Sci*, 21: 118-131.

Günaydın B, Çelebi H., 2003. Genel anesteziğin serbest radikaller ve antioksidanlarla ilişkileri. *Anestezi Dergisi*, 11: 87-98.

Halliwell B., 1999. Antioxidant defence mechanisms: from the beginning to the end of the beginning. *Free Radical Research*, 31(4): 261-272.

Halliwell B., 2001. Role of free radicals in the neurodegenerative diseases: therapeutic implications for antioxidant treatment. *Drug & Aging*, 18(9): 685-716.

Harukaze A, Murata M, Homma S., 1999. Analyses of free and bound phenolics in rice. *Food Science and Technology Research*, 5: 74-79.

Iyuke SE, Madigoe EM, Maponya R., 2008. The effect of hydroxycinnamic acids and volatile phenols on beer quality. *Journal of the Institute of Brewing*, 114: 300-305.

Kardas TA, Durucasu I., 2014. A new analytical method for the determination of phenolic compounds and their antioxidant activities in different wheat grass varieties. *Ekoloji*, 90: 73-80.

Liukkonen KH, Katina K, Wilhelmsson A, Myllymaki O, Lampi AM, Kariluoto S, Piironen V, Heinonen SM, Nurmi T, Adlercreutz H, Peltoketo A, Pihlava JM, Hietaniemi V,

Poutanen K., 2003. Process-induced changes on bioactive compounds in whole grain rye. *Proceedings of the Nutrition Society*, 62: 117-122.

Matsumoto M, Hara H, Chiji H, Kasai T., 2004. Gastroprotective effect of red pigments in black chokeberry fruit (*Aronia melanocarpa* Elliot) on acute gastric hemorrhagic lesions in rats *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 52: 2226-2229.

Moraes EA, Natal DIG, Queiroz VAV, Schaffer RE, Cecon PR, de Paula SO, Benjamin LDA, Ribeiro SMR, Martino HSD., 2012. Sorghum genotypes may reduce low-grade inflammatory response and oxidative stress and maintains jejunum morphology of rats fed a hyperlipidemic diet. *Food Research International*, 49: 553e559.

Perera CO, Yen GM., 2007. Functional properties of carotenoids in human health. *International Journal of Food Properties*, 10: 201-230.

Peterson DM., 2001. Oat antioksidants. *Journal of Cereal Science*, 33(2): 115-129.

Povilaitis D, Šulniūtė V, Rimantas Venskutonis P, Kraujalienė V., 2015. Antioxidant properties of wheat and rye bran extracts obtained by pressurized liquid extraction with different solvents. *Journal of Cereal Science*, 62: 117-123.

Pozo-Insfran D, Brenes CH, Serna Saldivar SO, Talcott ST., 2006. Polyphenolic and antioxidant content of white and blue corn (*Zea mays* L.) products. *Food Research International*, 39(6): 696-703.

Quifer-Rada P, Vallverdú-Queralt A, Martínez-Huélamo M, Chiva-Blanch G, Jáuregui O, Estruch R, Lamuela-Raventós R., 2015. A comprehensive characterisation of beer polyphenols by high resolution mass spectrometry (LC–ESI-LTQ-Orbitrap-MS). *Food Chemistry*, 169: 336-343.

Rondini L, Peyrat-Maillard MN, Marsset-Baglieri A, Berset C., 2002. Sulfated ferulic acid is the main in vivo metabolite found after short-term ingestion of free ferulic acid in rats. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 50: 3037-3041.

Sachdeva M, Karan M, Singh T, Dhingra S., 2014. Oxidants and antioxidants in complementary and alternative medicine: A review. *Spatula DD*, 4(1): 1-16.

Scalbert A, Monties B, Lallemand JY, Guittet E, Rolando C., 1985. Ether linkage between phenolic acids and lignin fractions from wheat straw. *Phytochemistry*, 24: 1359–1362.

Sedelnikova OA, Redon CE, Dickey JS, Nakamura AJ, Georgakilas AG, Bonner WM., 2010. Role of oxidatively induced DNA lesions in human pathogenesis. *Mutation Research/Reviews in Mutation Research*, 704(1-3): 152-159.

Sosulski F, Kyrieger K, Hogge L., 1982. Free, esterified and insoluble-bound phenolic acids.3. Composition of phenolic acids in cereal and potato flours. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 30: 337-340.

Temple NJ., 2000. Antioxidants and disease: more questions than answers. *Nutrition Research*, 20: 449-459.

Topping DL, Clifton PM., 2001. Short-chain fatty acids and human colonic function: Roles of resistant starch and nonstarch polysaccharides. *Physiological Reviews*, 81: 1031-1064.

Trombino S, Serini S, Di Nicuolo F, Celleno L, Ando S, Picci N., 2004. Antioxidant effect of ferulic acid in isolated membranes and intact cells: synergistic interactions with α -tocopherol, β -carotene, and ascorbic acid. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 52: 2411–2420.

Tsuda T, Horio F, Uchida K, Aoki H, Osawa T., 2003. Dietary cyanidin 3-O- β -d-glucoside-rich purple corn color prevents obesity and ameliorates hyperglycemia in mice *Journal of Nutrition*, 133(7): 2125-2130.

Valko M, Leibfritz D, Moncol J, Cronin MT, Mazur M, Telser J., 2007. Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. *The International Journal of Biochemistry & Cell Biology*, 39: 44-84.

Vaya J, Aviram M., 2001. Nutritional antioxidants mechanisms of action, analyses of activities and medical applications. *Current Medicinal Chemistry - Immunology Endocrine & Metabolic Agents*, 1(1): 99-117.

Zhou Z, Robards K, Helliwell S, Blanchard C., 2004. The distribution of phenolic acids in rice. *Food Chemistry*, 87: 401-406.