

Ekmeklik buğday çeşitlerinin tane sterol konsantrasyonlarına demir uygulamalarının etkisi*

Yener Kortan TOSUN¹, **Halil ERDEM**²

¹Yozgat Bozok Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, 66200, Yozgat

²Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 60240, Tokat

*Bu çalışma, birinci yazarın ikinci yazar danışmanlığında hazırladığı doktora tezinden üretilmiştir.

Alınış tarihi: 29 Mayıs 2020, Kabul tarihi: 29 Aralık 2020

Sorumlu yazar: Halil ERDEM, e-posta: erdemh@hotmail.com

Öz

Amaç: Bu çalışmanın amacı sera koşullarında Yunus ve Osmaniyem ekmeklik buğday çeşitlerine demir (Fe) uygulamalarının tane campesterol, stigmasterol ve beta-sitosterol konsantrasyonlarına olan etkisinin araştırılmasıdır.

Materyal ve Yöntem: Çalışmada Fe uygulamaları topraktan 1 ve 5 mg kg⁻¹ dozlarında yapılmış, 5 mg kg⁻¹ Fe uygulamasına ayrıca üç farklı dönemde yapraktan % 0.2 FeSO₄.7H₂O verilmiştir. Tane olgunluk döneminde hasat edilen örneklerde Fe, campesterol, stigmasterol ve beta-sitosterol analizleri yapılmıştır.

Araştırma Bulguları: Elde edilen sonuçlara göre Fe uygulaması ile hem Yunus hem de Osmaniyem çeşitlerinin tane Fe konsantrasyonlarında istatistiksel olarak önemli (p<0.05) artışların olduğu görülmüştür. Kontrol uygulamasına kıyasla Yunus ve Osmaniyem çeşitlerinin tanelerinde %34 düzeyinde Fe konsantrasyon artışı meydana gelmiştir. Tanede meydana gelen bu konsantrasyon artışına benzer şekilde Fe uygulaması ile Yunus ve Osmaniyem çeşitlerinin campesterol, stigmasterol ve beta-sitosterol konsantrasyonlarının istatistiksel olarak önemli (p<0.01 ve p<0.05) oranlarda arttığı görülmüştür. Tanede Fe konsantrasyonunun artması ile Yunus çeşidinin campesterol konsantrasyonunda %16, stigmasterol konsantrasyonunda % 50 ve beta-sitosterol konsantrasyonunda ise %34.5 artış görülmüştür. Osmaniyem çeşidinde ise campesterol konsantrasyonunda %21.8, stigmasterol

konsantrasyonunda %17 ve beta-sitosterol konsantrasyonunda ise %36.5 oranında artışa neden olduğu ortaya çıkmıştır.

Sonuç: Sonuçlar Fe uygulamalarının ekmeklik buğday çeşitlerinin sterol konsantrasyonlarına önemli düzeye etkili olduğunu göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Demir, campesterol, stigmasterol, beta-sitosterol, ekmeklik buğday

Effect of iron applications on grain sterol concentrations of bread wheat varieties

Abstract

Objective: The aim of this study was to investigate the effects of iron (Fe) applications on grain campesterol, stigmasterol and beta-sitosterol concentrations on Yunus and Osmaniyem bread wheat cultivars in greenhouse conditions.

Materials and Methods: Iron applications were carried out in 1 and 5 mg kg⁻¹ doses as the soil fertilizing and also 5 mg kg⁻¹ Fe were sprayed to the leaves by using 0.2% FeSO₄.7H₂O in three different periods.

Results: According to the results, Fe application showed statistically significant (p<0.05) increases in grain Fe concentrations of both Yunus and Osmaniyem varieties. Compared to the control application, 34% Fe concentration increase occurred in the grains of Yunus and Osmaniyem varieties. Similar to this increase in concentration in grain, it

has been observed that, with iron application, Yunus and Osmaniye varieties increased statistically significantly ($p<0.01$ and $p<0.05$) in campesterol, stigmasterol and beta-sitosterol concentrations. With increasing Fe concentration in the grain, 16% increase in campesterol concentration, 50% in stigmasterol concentration and 34.5% in beta-sitosterol concentration was observed in Yunus variety. It was revealed that Osmaniye variety caused an increase in campesterol concentration by 21.8%, stigmasterol concentration by 17% and beta-sitosterol concentration by 36.5%.

Conclusion: The results showed that Fe applications were effective on the sterol concentrations of bread wheat varieties.

Key words: Iron, campesterol, stigmasterol, beta-sitosterol, bread wheat

Giriş

Steroller, steroid alkolleridir ve bitkisel steroller genel olarak fitosteroller olarak adlandırılırlar ve insan beslenmesinde önemli yer tutarlar (Cantrill ve Kawamura, 2008). Bitkisel steroller, bitkilerin yapısında yer alan ve insan sağlığı için çeşitli biyoaktif özelliklere sahip önemli sterollerdir (Köhler ve ark., 2017). Fitosteroller, ikincil bitki ürünleri ile birlikte kanser önleyici aktif biyolojik madde olarak etkinlik gösterirler (Canabate ve ark., 2007). Fitosterollerin çoğunluğunu betasitosterol (β -Sitosterol), campesterol ve stigmasterol oluşturur (Kemmo, 2008). Fitosteroller, bitki gruplarında az miktarda bulunmalarına rağmen bazı tahıl türlerinin dokularında yüksek düzeyde bulunurlar (Moreau ve ark., 2000). Yamaya ve ark. (2007), soya fasulyesinde bulunan fitosterollerin yaklaşık %43-67'sinin beta-sitosterol, %17-34'sinin campesterol ve %10-30'unun ise stigmasterol olduğunu bildirmişlerdir. Fitosterol ve fitosterol esterleri kimyasal olarak stabil yağ türleridir, fiziksel ve kimyasal yapıları ise hayvansal ve bitkisel yağlara çok benzerdir (Cantrill ve Kawamura, 2008). Tahıl ve tahıl ürünleri, yağlı tohumlardan düşük miktarda fitosterol içermelerine karşın, tüketim oranlarıyla karşılaştırıldığında tahıllar insan beslenmesinde daha fazla yer almaktadırlar (Taşan, 2008). Buğdayda fazla miktarlarda bulunan başlıca sterollerin Betasitosterol, Campesterol ve Stigmasterol olduğu bildirilmiştir (Moreau ve ark., 2002). Buğdaydan elde edilen ekmek ve tahıllar, fitosterol konsantrasyonları bakımından tahıllar ve tahıllardan yapılan yiyecekler olarak ayrıca gruplandırılmak-

tadırlar (El, 2008). Türkiye'de ekmek tüketimi fazla olup, enerji ihtiyacının büyük bir kısmı ekmekten karşılanmaktadır. Tahıllarda bulunan fitosterol miktarının artırılması ile bunları tüketen insanlarda serum kolesterol miktarının düşmesine sebep olacaktır. Demir bitkiler için önemli bir mikrobeyin elementi olup bitkilerin Fe ile beslenme durumlarına bağlı olarak değişmekle birlikte, yapraklardaki Fe'in % 80'inin kloroplastlarda lokalize olduğu bildirilmektedir (Marschner ve ark., 1986). Klorofil sentezi için gerekli bir element olan Fe aynı zamanda sitokrom ve nitrojenaze bileşenidir (Marschner, 2005). Bu çalışmanın amacı sera koşullarında iki farklı ekmeklik buğday çeşidine Fe uygulamalarının tane sterol konsantrasyonuna olan etkisini araştırmaktır.

Materyal ve Metot

Materyal

Sera koşullarında gerçekleştirilen denemede kullanılan toprak killi, alkali karaktere (pH:8.83) sahip, kireç oranı yüksek (%17.8), organik maddesi düşük (%0.12) ve tuzsuz (0.24 mS) özelliklere sahiptir. Deneme toprağının yarıyıslı P konsantrasyonu 0.26 mg kg^{-1} , K konsantrasyonu 154 mg kg^{-1} , DTPA'da ekstakte edilebilir Zn konsantrasyonu 0.11 mg kg^{-1} , Fe konsantrasyonu 2.84 mg kg^{-1} 'dir.

Metot

Denemenin kurulması ve yürütülmesi

Tesadüf parselleri deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak gerçekleştirilen denemede 2750 g toprak kullanılmıştır. Temel gübreleme olarak tüm saksılara denemenin başında 300 mg kg^{-1} N ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ formunda), 100 mg kg^{-1} P (KH_2PO_4 formunda), 50 mg kg^{-1} S ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ formunda) ve 2.5 mg kg^{-1} Zn ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ formunda) topraklara çözelti şeklinde karıştırılarak uygulanmıştır. Demir uygulamaları ise, kontrol Fe uygulamalarına 1 mg kg^{-1} Fe (Fe1), yüksek Fe uygulamalarına ise 5 mg kg^{-1} Fe (Fe5) (Fe-EDTA formunda) verilmiştir. Saksı başına 12 adet tohum ekilmiş ve çimlenmeden sonra bu sayı 5'e seyreltilmiştir. Bitkilerin su ihtiyacı hasat zamanına kadar saf su ile ve tarla kapasitesine yakın (%70 civarında) bir nem içeriğinde olacak şekilde yapılmıştır. Yüksek Fe (Fe 5) uygulamasına ayrıca bitkiler sapa kalkma, başaklanma ve tane olum dönemlerinde iken üç farklı zamanda yapraktan %0.2 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ uygulaması yapılmıştır. Tane olgunluk döneminde hasat edilen bitkilerin tüm bitki ve tane verimleri hassas terazi ile belirlenmiştir.

Tane örneklerinde mineral element analizleri

Hasat edilen tane örnekleri mikrodalga cihazında yaşı yakma metoduna göre H₂O₂-HNO₃ asit karışımında yakılmıştır. Elde edilen süzüklerde Fe konsantrasyonları ICP-OES (Varian Vista) cihazında belirlenmiştir (Kaçar ve İnal, 2008).

Tane örneklerinde fitosterol analizleri

Araştırmada kullanılan çeşitlerin tanelerinde bulunan fitosterol içerikleri Analitik Kimyacılar Birliği metodu (Association of Official Analytical Chemists Official Method AOAC) "994.10" yöntemi kullanılarak (AOAC, 2000), Gaz Kromatografisi-Kütle Spektrometresi (GC-MS) cihazında analiz edilmiştir.

Verilerin değerlendirilmesi

Beta-sitosterol, campesterol ve stigmasterol ile Fe arasındaki ilişkinin düzeyini belirleme amacı ile korelasyon testi yapılmıştır. Her bir özelliğin aritmetik ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı hesaplanmış ve normalite testi uygulanmıştır. Uygulamalar arasındaki farklılıklar Duncan analiz yöntemi ile belirlenmiştir. İstatistiksel analizleri SPSS 21 programında yapılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Demir uygulamalarının Yunus ve Osmaniye buğday çeşitlerinin bitki verimi, tane verimi ile mineral element ve fitosterol konsantrasyonlarına olan etkisi Çizelge 1 ve Çizelge 2'de verilmiştir. Fe1 uygulamasına göre Fe5 uygulaması ile Yunus çeşidinin bitki verimi ile tane veriminde azalmaların olduğu, Osmaniye çeşidinde ise bitki veriminde artışa, tane veriminde ise azalmaya neden olduğu görülmüştür. Ortaya çıkan bu azalış ve artış istatistiksel olarak önemsiz olduğu görülmüştür. Örneğin, Osmaniye çeşidinin bitki verimi Fe1 uygulamasında 7.52 g bitki⁻¹ iken, Fe5 uygulamasında 7.67 g bitki⁻¹'e çıkmış, Yunus çeşidinde ise Fe1 uygulamasında 10.40 g bitki⁻¹ olan bitki verimi Fe5 uygulamasında 8.38 g bitki⁻¹'ye düşmüştür (Çizelge 1).

Buna karşın kontrol uygulamasına (Fe1) kıyasla Fe5 uygulaması ile hem Yunus hem de Osmaniye çeşitlerinin tane Fe konsantrasyonlarında istatistiksel olarak önemli (p<0.05) artışların olduğu görülmüştür (Çizelge 1). Yunus çeşidinin kontrol (Fe 1) uygulamasında tane Fe konsantrasyonu 31.3 mg kg⁻¹ iken, Fe 5 uygulamasında tane Fe konsantrasyonu 42.0 mg kg⁻¹'a çıkmıştır. Osmaniye çeşidinde ise Fe1 uygulamasında 28.0 mg kg⁻¹ olan

Fe konsantrasyonu Fe 5 uygulamasında 37.5 mg kg⁻¹'a çıkmıştır. Demir uygulaması ile hem Yunus hem de Osmaniye çeşitlerinin tanelerinde %34 düzeyinde Fe konsantrasyon artışı meydana gelmiştir (Çizelge 1).

Tarla koşullarında buğday bitkisine yapraktan %1 FeSO₄.7H₂O uygulamasının yapıldığı bir çalışmada, iki yıl üst üste gerçekleştirilen denemeler sonucunda yapraktan Fe uygulamasının yapılmadığı kontrol grubunun buğday verimi 468.5 kg da⁻¹ iken, %1 FeSO₄.7H₂O uygulamasının yapıldığı ile 786.5 kg da⁻¹'a çıktığı bildirmiştir (Zeidan ve ark.,2010).

Tarla koşullarında buğday bitkisine başaklanma başlangıcında yapraktan 1 defa 150 g ha⁻¹ Fe uygulaması ile tane Fe konsantrasyonunun 84 mg kg⁻¹'den 146 mg kg⁻¹'a çıktığı bildirmiştir (Habib, 2009). Üç farklı buğday çeşidine tarla koşullarında yapraktan 3 farklı zamanda %0.67 dozunda FeSO₄ uygulaması yapılan çalışmada, Jing411 çeşidinin kontrol uygulamasında 25.6 mg kg⁻¹ olan Fe konsantrasyonunun Fe uygulaması ile 34.5 mg kg⁻¹'a, Jingdong8 çeşidinin kontrol koşullarında 32.3 mg kg⁻¹ olan Fe konsantrasyonunun 39.0 mg kg⁻¹'a ve Nongda211 çeşidinin kontrol koşullarında 30.7 mg kg⁻¹ olan Fe konsantrasyonunun 39.9 mg kg⁻¹'a çıktığı bildirmiştir (Zhang ve ark., 2010).

Çalışmada kontrol Fe uygulamasına göre Fe5 uygulaması ile Yunus ve Osmaniye buğday çeşitlerinin campesterol, stigmasterol ve beta-sitosterol konsantrasyonları istatistiksel olarak önemli (p<0.01 ve p<0.05) oranlarda artmıştır (Çizelge 2). Çizelge 3'de verilen varyans analiz çizelgesine göre de Fe'in campesterol, stigmasterol ve beta-sitosterol konsantrasyonlarında ortaya çıkan artışta önemli bir payının olduğunu göstermektedir. Yunus çeşidinin Fe1 uygulamasında 3.86 mg kg⁻¹ olan campesterol konsantrasyonu Fe5 uygulamasında 4.48 mg kg⁻¹'a (%16 artış), stigmasterol konsantrasyonu Fe1 uygulamasında 2.18 mg kg⁻¹ iken Fe5 uygulamasında ise 3.27 mg kg⁻¹'a (%50 artış), beta-sitosterol konsantrasyonu ise 119 mg kg⁻¹'den 160 mg kg⁻¹'a (%34.5 artış) çıkmıştır. Benzer şekilde Osmaniye çeşidinin campesterol konsantrasyonu 10.34 mg kg⁻¹'den 12.61 mg kg⁻¹'a (%21.8 artış), stigmasterol konsantrasyonu 4.11 mg kg⁻¹'den 4.81 mg kg⁻¹'a (%17 artış), beta-sitosterol konsantrasyonu ise 278 mg kg⁻¹'den 380 mg kg⁻¹'a (%36.5 artış) çıktığı görülmüştür (Çizelge 2).

Çizelge 1. Fe1 ve Fe5 uygulamalarının Yunus ve Osmaniye buğday çeşitlerinin bitki verimi, tane verimi ile Fe mineral element konsantrasyonlarına etkisi

Çeşit	Özellik (gr bitki ⁻¹)	Demir Uygulaması			T-Testi		
		Fe1	Fe5	Ort. Farkı	Std. sapma	Std. hata	Önem
Yunus	Bitki Verimi	10.40	8.38	2.02	1.76	0.88	ns
	Tane Verimi	2.49	2.08	0.41	0.96	0.48	ns
	Fe (mg kg ⁻¹)	31.3	42.0	-1.67	6.44	3.22	*
Osmaniye	Bitki Verimi	7.52	7.67	-0.15	0.56	0.28	ns
	Tane Verimi	2.79	2.74	0.05	0.21	0.11	ns
	Fe (mg kg ⁻¹)	28.0	37.5	0.53	1.97	0.99	*

** : p<0.01; * : p<0.05 önem seviyesinde

Çizelge 2. Fe1 ve Fe5 uygulamalarının Yunus ve Osmaniye çeşitlerinin campesterol, stigmasterol ve betasitosterol konsantrasyonlarına etkisi

Çeşit	Özellik (mg kg ⁻¹)	Demir Uygulaması			T-Testi		
		Fe1	Fe5	Ort. Farkı	Std. sapma	Std. hata	Önem
Yunus	Campesterol	3.86	4.48	-0.62	0.48	0.24	*
	Stigmasterol	2.18	3.27	-1.09	0.10	0.05	*
	Beta Sitosterol	119	160	-41.00	3.56	1.78	**
Osmaniye	Campesterol	10.34	12.61	-2.27	0.85	0.42	*
	Stigmasterol	4.11	4.81	-0.71	0.09	0.05	*
	Beta Sitosterol	278	380	-102.25	4.11	2.06	**

** : p<0.01; * : p<0.05 önem seviyesinde

Bitkilerin Fe ile beslenme durumlarına bağlı olarak değişmekle birlikte, yapraklardaki Fe'in %80'inin kloroplastlarda lokalize olduğu bildirilmektedir (Lopez-Millan ve ark., 2016). Bitkilerde Fe, plastidlerin stomalarında fitoferritin olarak depolanmaktadır (Zielińska-Dawidziak, 2015). Yapraklardaki toplam Fe'in %9'unun heme-demir proteinlerinin yapısında bulunduğu bildirmiştir. Heme-demir proteinlerinin %90'ı sitokromların (elektron transferi) yapısında bulunmaktadır. Geriye kalan %10'luk heme-proteinler diğer enzimlerin yapısında yer alırlar. Demire bağımlı bu proteinler pek çok metabolik olayda yer almaktadır (Marschner ve ark., 1986; Römhald ve Marschner, 1991;

Weinborn ve ark., 2015). Bitki sterollerini serbest -OH grubu protein ve fosfolipidler arasındaki interaksyonu sağlayan önemli bir bileşendir. Steroller hücre zarına bağlı metabolik süreçlerin kontrolüne katılırlar. Steroller, aynı zamanda brassinosteroidler (yeni bir bitki hormonu) için ön madde olarak bitkilerde hücre ve gelişme süreçlerinde önemli bir rol oynamaktadır (Piironen ve ark., 2000). Her ne kadar Fe uygulaması ile tanede belirlenen campesterol, stigmasterol ve beta-sitosterol konsantrasyonlarında önemli artış (Çizelge 2 ve 3) meydana gelmiş olsa da Fe ile steroller arasındaki pozitif ya da negatif ilişkiyi gösteren bir bilgi bulunmamaktadır.

Çizelge 3. Fe1 ve Fe5 uygulamalarının Yunus ve Osmaniye çeşitlerinin tane campesterol, stigmasterol ve betasitosterol konsantrasyonu üzerine etkisinin varyans analiz çizelgesi

Sterol	Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	Önemlilik
Campesterol	Demir dozu	1	8.35	8.35	27.21	0.0001
	Çeşit	1	213.26	213.26	694.58	0.0002
	Doz*çeşit	1	2.71	2.71	8.84	0.0116
	Hata	12	3.68	0.31		
Stigmasterol	Demir dozu	1	3.22	3.22	746.94	0.0001
	Çeşit	1	12.00	12.00	2788.32	0.0001
	Doz*çeşit	1	0.15	0.15	34.70	0.0001
	Hata	12	0.05	0.00		
Betasitosterol	Demir dozu	1	20555.38	20555.38	2153.77	0.0001
	Çeşit	1	143725.93	143725.93	15059.47	0.0001
	Doz*çeşit	1	3771.08	3771.08	395.13	0.0001
	Hata	12	114.53	9.54		

** : p<0.01; * : p<0.05 önem seviyesinde

Sonuç ve Öneriler

Buğday tahıllar arasında dünyada en önemli besin kaynaklarından bir tanesidir. Yapılan çalışmalarda ekmeklik buğdayların tanesinde, kuru maddenin yaklaşık 763 ila 818 $\mu\text{g g}^{-1}$ 'ini fitosterollerin oluşturduğu bildirilmiştir (Piironen ve ark., 2002; Nystrom ve ark., 2007). Elde edilen sonuçlardan da görüldüğü gibi insan sağlığı için önemli bir bileşen olan bitki sterollerinin konsantrasyonunun Fe uygulaması ile arttığı ortaya çıkmıştır. Elde edilen bu sonuçların kesinlik kazanması için bu konu ile ilgili daha fazla bilimsel çalışmaya gereksinim duyulmaktadır.

Çıkar çatışması

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

Yazarların katkı beyanı

YKT: Araştırmanın sera denemesinin kurulması ve bitki analizleri aşamasına katkıları olmuştur.

HE: Araştırma sonuçlarının değerlendirilmesi, istatistiksel analizleri ile makale yazımı aşamasına katkıları olmuştur.

Kaynaklar

- AOAC. (2000). Association of Official Analytical Chemists. Official Method of Analysis. 13th edition. Washington DC.
- Canabate-Díaz, B., Carretero, A. S., Fernández-Gutiérrez, A., Vega, A. B., Frenich, A. G., Vidal, J. M. & Martos, J. D. (2007). Separation and determination of sterols in olive oil by HPLC-MS. *Food chemistry*, 102(3), 593-598.
- Cantrill, R. & Kawamura, Y. (2008). Phytosterols, phytostanols and their esters (chemical and technical assessment). Proceedings of 69th JEFCA, 1-13.
- El, S. N. (2008). Gıda bileşenlerinin beslenme açısından önemi. Beslenme ders notu. Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi (Web sayfası: <http://food.ege.edu.tr/files/gidabeslenmedersnotu.pdf>), (Erişim Tarihi: 13.09.2016).
- Habib, M. (2009). Effect of foliar application of Zn and Fe on wheat yield and quality. *African Journal of Biotechnology*, 8(24), 6795-6798.
- Kacar, B. & İnal, A. (2008). Bitki Analizleri. Nobel Yayınları, Ankara.
- Kemmo, S. (2008). HPLC analysis of plant sterol oxidation products. Academic Dissertation. Faculty of

Agriculture and Forestry, University of Helsinki, Helsinki.

- Köhler, J., Teupser, D., Elsässer, A. & Weingärtner, O. (2017). Plant sterol enriched functional food and atherosclerosis. *British journal of pharmacology*, 174(11), 1281-1289.
- Marschner, H. (2005). Marschner's mineral nutrition of higher plants. Academic press. USA.
- Marschner, H., Römheld, V., Horst, W. J. & Martin, P. (1986). Root-induced changes in the rhizosphere: Importance for the mineral nutrition of plants. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*, 149(4), 441-456.
- Moreau, R. A., Singh, V., Nunez, A. & Hicks, K. B. (2000). Phytosterols in the aleurone layer of corn kernels. *Biochemical Society Transactions*, 28(6), 803-806.
- Moreau, R. A., Whitaker, B. D. & Hicks, K. B. (2002). Phytosterols, phytostanols, and their conjugates in foods: Structural diversity, quantitative analysis and health promoting uses. *Progress in Lipid Research*, 41(6), 457-500.
- Nyström, L., Paasonen, A., Lampi, A. M. & Piironen, V. (2007). Total plant sterols, steryl ferulates and steryl glycosides in milling fractions of wheat and rye. *Journal of Cereal Science*, 45(1), 106-115.
- Piironen, V., Lindsay, D. G., Miettinen, T. A. & Toivo, J. (2000). Plant sterols: biosynthesis, biological function and their importance to human nutrition. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80(7), 939-966.
- Piironen, V., Toivo, J. & Lampi, A. M. (2002). Plant sterols in Cereal and Cereal Products. *Cereal Chemistry*, 79(1), 148-154.
- Römheld, V. & Marschner, H. (1991). Function of micronutrients in plants. *Micronutrients in agriculture*, 4, 297-328.
- Taşan, M. (2008). Tahıl ve Ürünlerinde Fitosteroller. Türkiye 10. Gıda Kongresi. 21-23 Mayıs 2008, 399-402
- Weinborn, V., Pizarro, F., Olivares, M., Brito, A., Arredondo, M., Flores, S. & Valenzuela, C. (2015). The Effect of Plant Proteins Derived from Cereals and Legumes on Heme Iron Absorption. *Nutrients*, 7(11), 8977-8986.
- Yamaya, A., Endo, Y., Fujimoto, K. & Kitamura, K. (2007). Effects of Genetic Variability and Planting Location on The Phytosterol Content And Composition in Soybean Seeds. *Food Chemistry*, 102(2007), 1071-1075.
- Zeidan, M. S., Mohamed, M. F. & Hamouda, H. A. (2010). Effect of foliar fertilization of Fe, Mn and Zn on

wheat yield and quality in low sandy soils fertility.
World Journal Agriculture Science, 6(6), 696-699.

Journal of agricultural and food chemistry, 58(23),
12268-12274.

Zhang, Y., Shi, R., Rezaul, K. M., Zhang, F. & Zou, C. (2010).
Iron and zinc concentrations in grain and flour of
winter wheat as affected by foliar application.

Zielinska-Dawidziak, M. (2015). Plant Ferritin-A Source of
Iron to Prevent Its Deficiency. *Nutrients*, 7(2),
1184-1201.