



MAKÜ FEBED
ISSN Online: 1309-2243
<http://dergipark.ulakbim.gov.tr/makufebed>

Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 7(Ek Sayı 1): 240-247 (2016)
The Journal of Graduate School of Natural and Applied Sciences of Mehmet Akif Ersoy University 7(Supplementary Issue 1): 240-247 (2016)

Araştırma Makalesi / Research Paper

Tere Bitkisindeki Metallerin Atomik Absorpsiyon Spektrometre ile Tayini

Burcu KABAK, Yasin ARSLAN, Diğdem TRAK, Yılmaz ERDEM, Erdal KENDÜZLER*

Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Burdur

Geliş Tarihi (Received): 10.08.2016, Kabul Tarihi (Accepted): 09.10.2016

✉ Sorumlu Yazar (Corresponding author)*: kenduzler@mehmetakif.edu.tr

☎ +90 248 2133022 📠 +90 248 2133099

ÖZ

Bu çalışmada, Burdur şehir merkezinden geçen dere suyu kullanılarak yetiştirilen tere bitkisindeki (*Lepidium sativum*) bazı metallerin (Na, K, Mg, Ca, Mn, Fe, Cu, Cd, Hg, Pb) tayini, atomik absorpsiyon spektrometre (AAS) ile gerçekleştirilmiştir. Tere bitkisi, dere suyuyla sulama yapılan dere kenarındaki bir tarladan alınan toprak kullanılarak yetiştirilmiştir. Tere tohumları, bu toprak örneklerini içeren polietilen saksılara ekilmiş ve sulama suyu olarak da dere ve yerel marketten temin edilen içme suyu kullanılmıştır. Belirli bir büyüklüğe erişen bitkiden yaprakları hasat edilmiştir. Tere yaprakları mikrodalga yöntemi kullanılarak çözülmüştür. Örneklerin kantitatif analizlerinde AAS tekniği ile kalibrasyon yöntemi kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Tere (*Lepidium sativum*), metal, atomik absorpsiyon spektrometre, su

Determination of Metals in Cress Plant by Atomic Absorption Spectrometry

ABSTRACT

In this study, some heavy metals (Mn, Hg, Pb, Cu, Cd, Mg, Ca, K ve Na) in cress growled with stream water running through the centrum of Burdur have been determined by atomic absorption spectrometry (AAS). Cress plants were grown using soil taken from a field on the edge of the creek irrigated with stream water. Cress seeds were planted in polyethylene pots containing these soil samples and as irrigation water, the streams and drinking water obtained from local markets are used. The leaves from the plants were harvested by the time they reach a certain size. The Cress leaves are digested using the microwave method. The calibration technique by AAS was used for quantitative analysis of the samples.

Keywords: Cress, metal, atomic absorption spectrometry, water

GİRİŞ

Sebzeler, önerildiği gibi tüketildiği takdirde insan metabolizması için gerekli temel besinlere sahiptirler. Yeşil yapraklı sebzeler protein ve karbonhidrat bakımından zengin olmamalarına rağmen, çoğu vitamin ve mineral için iyi bir kaynaktır (Santos et al., 2014). Tere bitkisi (*Lepidium sativum*) *Cruciferae* familyasına ait yenilebilir bir

ottur (Umesha and Naidu, 2012). Anavatani Asya kıtasıdır ve tek yıllık sebzeler grubunda yer alır. Ülkemizde yetiştiriciliği yapılan tereler, maydanoz tipi parçalı yapraklı ve düz, parçasız, uzun-oval (roka yaprak) yaprağa sahip tereler olmak üzere iki tiptir. Tere, keskin kokulu ve baharatlı bir bitki olup, kök ve tohumundan üretimi yapılmaktadır. Tere, vücuttaki yağ yakımını hızlandırır, hazmı kolaylaştırır, idrar söküçüdür, iştah açıcı özelliğe

sahiptir, karaciğer ve safra kesesi hastalıklarına faydalıdır (Aydın, 2011). Tere, Avrupa ve ABD’de çoğunlukla bir sebze olarak tüketilmektedir. Tere bitkisi, insan sağlığı üzerinde olumlu fizyolojik etkilere sahiptir. Ayrıca tere, dizanteri ve ishalde önleyici etkiye sahip olduğu bilinmektedir. Sinopoly glikoz (53,1 mg/100 g taze madde) tere de bulunan fenolik bir bileşiktir. Fenolik bileşiklerin prostat kanseri, kardiyovasküler hastalıklar ve diyabet gibi rahatsızlıklar üzerinde olumlu sonuçlar verdiği çeşitli çalışmalarda kanıtlanmıştır (Dannehl et al., 2012).

Günümüzde tarımsal alanlar için gerekli su kaynakları, hem küresel ısınma nedeniyle su kaynaklarında meydana gelen azalma, hem de içme ve kullanma ile sanayiye su talebinin artması sebebiyle olumsuz etkilenmektedir. Çünkü su kullanımı tarımda halen çok yüksek (% 70-75) seviyelerdedir (Üzen, 2014). Ağır metallerin, atık su sulama, katı atık bertarafı, motorlu taşıt atıkları ve endüstriyel faaliyetler sonucu topraktaki miktarları giderek artmaktadır. Yeterli tatlı su kaynaklarının olmadığı ülkelerde kanalizasyon ve endüstriyel atık suları, tarımsal üretim için yararlı su kaynakları olarak kullanılmaktadır (Khan et al., 2008). Atık su ile sulama; bitkilere ucuz yoldan bitki besin maddesi sağlayabilir, su kısıtlılığını hafifletebilir, enerji maliyetlerini azaltabilir ve böylece çevreye karbon salınımını da azaltılabilir. Bununla birlikte aşırı gübreleme, patojenler, tuzlar ve ağır metaller gibi nedenlerden dolayı çevre ve sağlık üzerinde olumsuz etkileri de bulunmaktadır (Üzen, 2014). Atık sular sebebiyle toprak ortamında biriken ağır metallerin, toprak sağlığı ve gıda güvenliği açısından yarattığı endişe gün geçtikçe artmaktadır. Gıda zinciri kirlenmesi, insan vücuduna zehirli kirleticilerin girmesinde en önemli faktörlerden biridir (Khan et al., 2008). Ağır metaller, gıda arzının en önemli kirleticileri arasındadır. Bu durum tüm dünyada, özellikle de gelişmekte olan ülkeler için önemli bir sorun haline gelmektedir (Akinyele and Shokunbi, 2015). Bu sebeple gıda ve su örneklerinde eser elementlerin tayini çevre ve insan sağlığı açısından önem taşımaktadır.

Gıda analizlerinde örnek hazırlama yöntemleri, eser element tayini için önemli bir basamaktır. Kuru ve yağ yakma yöntemleri, zaman alıcı ve kirlenme riski taşımaktadır. Mikrodalga ile örnek hazırlama yöntemi ise basit, hızlı, güvenilir ve tekrarlanabilirliği açısından diğer yöntemlerden üstündür. Su ve gıda örneklerinde eser element tayini için çeşitli aletsel analiz teknikleri kullanılmaktadır. Bunların başlıcaları atomik absorpsiyon spektrometresi (AAS), indüktif eşleşmiş plazma optik emisyon spektrometresi (ICP-OES) ve indüktif eşleşmiş plazma kütle spektrometresi (ICP-MS)’dir (Tüzen ve ark., 2016). Atomik absorpsiyon spektrometre; ekonomik olması ve kolay kullanılabilirliğinin yanında, çevresel ve biyolojik

örneklerde, ağır metallerin belirlenmesinde yüksek seçicilik ve duyarlılığa sahip olmasından dolayı tercih edilir (Sadeghi et al., 2011).

Manezyum (Mg)

Magnezyum, yeryüzünde en çok bulunan sekizinci metaldir. Çevresel, biyolojik ve endüstriyel uygulamalar için alkali metallerin, özellikle de magnezyumun tayini büyük önem taşımaktadır. Magnezyum, insan vücudunda bol miktarda bulunan bir mineraldir. Aynı zamanda birçok gıda ürününde bol miktarda bulunmaktadır ve vücutta çeşitli biyokimyasal tepkimeleri düzenleyen 300’den fazla enzim sistemlerinin de kofaktörüdür (Shokrollahi et al., 2015).

Kalsiyum (Ca)

Kalsiyum, insan vücudunda en fazla bulunan mineraldir ve en çok kemik ve dişlerde depolanır. Yeterli kalsiyum alımıyla osteoporoz, hiper tansiyon, kolon kanseri ve böbrek taşları oluşumunun azaldığı da belirlenmiştir (Amalraj and Pius, 2015).

Potasyum (K)

Potasyum, sinirlerin uyarılmasında, kas kasılmasının önlenmesinde, hormon salgılanmasında, enzim aktivasyonunda, pH dengelemesinde ve kan basıncının düzenlenmesinde rol oynayan önemli elementlerden biridir. Kandaki K⁺ iyonları 3,8 - 5,4 mmol L⁻¹ dir. Yüksek miktarlardaki K⁺ iyonları; vücutta diyabet, kalp-damar ve böbrek rahatsızlıkları, Addison hastalığı, yüksek tansiyon ve felç gibi birçok rahatsızlığa sebep olabilir (Jarczewka et al., 2016).

Demir (Fe)

Demir, insan yaşamı için en önemli elementlerden biridir ve insan vücudunun tüm hücrelerinde bulunur. Demir, birincil amacı akciğerlerden hücrelere oksijen taşımak olan eritrositlerin içinde bulunan protein hemoglobinlerinin yapımı için gereklidir. Kanda bulunan hemoglobin miktarının azalması demir eksikliğine sebep olur ve bu da bazı ülkelerde halk sağlığı açısından sorun olarak kabul edilir (Leao et al., 2016). Demir, bitki büyümesinde de önemli rol oynar. Bir mikro besin olarak da kabul edilen demir, kendisi zehirli olarak değerlendirilmese de çevredeki zehirli metallerle etkileşimi önemlidir (Hajar et al., 2014).

Kadmiyum (Cd)

Kadmiyum, en zehirli olarak kabul edilen 20 metal içinde yedinci sırada yer almaktadır. Tarımsal alanlarda sınır olarak kabul edilen kadmiyum miktarı 100 mg kg⁻¹ dir.

Kadmiyum, prokaryotik ve ökaryotik organizmalar için çok zehirlidir. Bitkiler için son derece zehirli olan kadmiyum, topraktan bitkinin kökleri aracılığıyla kolaylıkla alınıp, bitkinin toprak üstü parçalarına taşınması için ksileme yüklenir ve bu sayede de gıda zincirine giriş yapar ve bunun sonucunda da insan sağlığı için tehlike oluşturabilir. Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı (IARC), kadmiyumu kanserojen olarak sınıflandırmıştır (Gill et al., 2012).

Bakır (Cu)

Bakır, birçok enzimin bileşenidir ve Fe kullanımı için önemlidir. Bakır, tuzlarında Cu^+ ve Cu^{2+} halinde bulunur. Cu^+ bileşikleri (sülfat, siyanür, florür) suda çözünme eğilimi göstermezken, Cu^{2+} bileşikleri (sülfat, karbonat, klorür) genellikle suda çözünürler. Bakır tuzları; mantar ilaçlarında, yosun önleyici gübrelerde, elektroliz yöntemiyle kaplamada, boya, mürekkep, dezenfektan ve ahşap koruyucularda kullanılır. Fazla miktarda bakıra maruz kalınması, bakır zehirlenmesine sebep olur ve bunun sonucunda da gastrointestinal kanama, damar içi hemoliz, koma ve ölümler meydana gelebilmektedir (Bradberry, 2016).

Kurşun (Pb)

Kurşun zehirli bir metaldir, suda çözünen türleri ve bileşikleri canlı organizmalar için yüksek risk oluşturur. Vücutta birikmesi sonucunda ciddi kanamalara, beyin ve böbrek sorunlarına yol açabilir. Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) içme sularında tavsiye ettiği kurşun sınırı $10 \mu g L^{-1}$ dir. Doğal sularında bulunan kurşun miktarı ise $2 - 10 \mu g L^{-1}$ aralığındadır (Maratta et al., 2016).

Cıva (Hg)

Cıva, çevrede kalıcılığı, biyobirikim özelliği ve zehirli bir metal olması sebebiyle, halk ve çevre sağlığı açısından risk teşkil eder. Periyodik tablodaki en zehirli elementlerden biri olması sebebiyle cıva ve bileşiklerinin; özellikle bebekler, çocuklar ve hamile kadınlarda sinir sistemi ve gelişimi üzerinde olumsuz etkilerinin yanı sıra kardiyovasküler sistem, bağışıklık sistemi, üreme sistemi ve böbrekler üzerinde de olumsuz etkileri bulunmaktadır (Zhang et al., 2016).

Mangan (Mn)

Mangan, çay, tahıl, pirinç, fasulye, yumurta ve fındık gibi çeşitli gıda maddelerinde bulunan temel bir eser elementtir. Mn, birçok enzimin düzgün bir şekilde çalışabilmesi için gerekli bir metaldir. Aynı zamanda beyin, sinir sistemi ve normal kemik büyüme fonksiyonu için önemli

bir mikro besleyicidir. Manganın vücutta fazla olması durumunda baş ağrısı, uyku hali ve psikotik davranışlar meydana gelebilmektedir (Gauda, 2014).

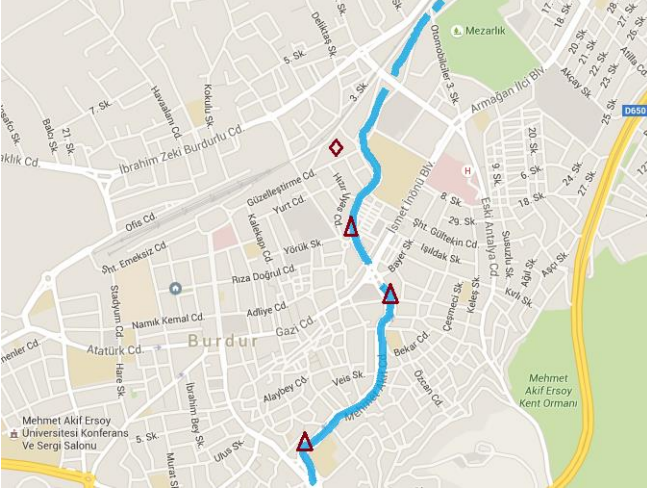
METARYAL ve METOD

Bitki Yetiştirme

Burdur ili Merkez Halıcılar Köyünde doğup Burdur şehir merkezinden geçen şehir içi dere suyu; Hızır İlyas ve Bağlar Mahallelerinin bazı bölgelerinde çiftçiler tarafından tarla sulama amacıyla kullanılmaktadır. Bu çalışmada; çiftçilerin kullandığı toprak ve dere suyu ile marketten temin edilen içme suyu ile yetiştirilen tere bitkisindeki bazı metallerin tayini yapılmıştır.

Tere bitkisini yetiştirmekte kullanılan toprak, sulama suyu olarak dere suyunun kullanıldığı dere kenarına bitişik bir tarlanın 3 farklı bölgesinden yaklaşık 10 cm derinlikten ve her bölgeden yaklaşık 3 kg alınmıştır. Toprağın alındığı tarla ve dere suyunun toplandığı yerler Şekil 1'de gösterilmiştir. Tarladan alınan toprak, don ve çamurun olmadığı bir günde 2016 yılının Mart ayının ilk haftası içinde toplanmıştır. Toplanan toprak örnekleri polietilen bir kovada bir araya getirilmiştir. Toprak içindeki taş, kök ve yabancı maddeler el ile ayıklanmış ve daha sonra kalıntı el ile ufulanmış ve karıştırılmıştır. Karışım 2 mm aralıklı bir elekten geçirilmiş ve elek altına geçen toprak tere yetiştiriciliğinde kullanılmak üzere polietilen kaptaki muhafaza edilmiştir.

Tere bitkisi tohumları Burdur Merkezdeki yerel pazardan temin edilmiştir. Tere yetiştirmede kullanılmak üzere yerel bir marketten temin edilen 4 adet özdeş saksıya ($10 \times 10 \times 10$ cm) elenmiş toprak konulmuştur. Bir miktar tere tohumu toprağın üzerine el ile serpilmiş ve üzeri yaklaşık 1 cm'lik ince bir toprak tabakası ile kapatılmış ve sulanmıştır. Her bir saksıdaki toprak miktarı $1,0$ kg'dır. Sulamada kullanılacak su örnekleri ise; dere suyu güzergahındaki Oluklaraltı Caddesi, Köprübaşı Mevkii ve Hızır İlyas Mahallesi olmak üzere 3 ayrı noktadan 2016 Mart ve Nisan aylarında ihtiyaç duyuldukça alınmıştır. Alınan dere suyu örnekleri $5 L$ 'lik polietilen kaptaki karıştırılmıştır. Tere bitkisini yetiştirmede ayrıca yerel bir marketten temin edilen ticari markalı içme suyu da sulama suyu olarak kullanılmıştır. Saksılardan ikisi içindeki tere tohumları ticari içme suyu ile diğer ikisi içindeki tere tohumları da dere suyu karışımı ile sulanmıştır. Saksılar, ortalama yedi saat güneş görebilen pencereye sahip muhafazalı bir bodrum katına yerleştirilmiştir. Bodrum katının tere yetiştirme süresince ölçülen en yüksek ve en düşük sıcaklık değerleri sırasıyla 23 ve 11 °C'dir. Her bir saksıdaki tereler günlük 75 mL su ile sulanmıştır. Tere tohumları 5 gün içinde çimlenmiştir. Analiz edilecek tere yaprakları tere tohumunun ekiminden 30 gün sonra hasat edilmiştir.



Şekil 1. Dere suyu ve toprak örneklerinin alındığı yerler (<http://www.google.com.tr/maps>)

- ▲ İşaretili yerler su örneklerinin alındığı yerleri gösterir.
- ◆ İşaretili yer toprak örneklerinin alındığı tarlayı gösterir.

Tere Bitkisinin Analize Hazırlanması

Tere ekiminden 30 gün sonra belirli bir büyüklüğe erişen her bir saksıdaki tere bitkisinden yapraklar hasat edilmiş ve yapraklar kurutulmadan yaklaşık 0,5 g tartılarak teflon kaplara alınmıştır. Örneklerin üzerine 7 mL HNO₃ ve 1 mL H₂O₂ eklenmiştir. CEM marka MARS-6 240-50 model mikrodalga çözme sistemi kullanılarak bitki örnekleri çözülmüştür. Cihaz 1800 Watt güçle çalıştırılmış ve toplam 45 dakika çözme işlemi gerçekleştirilmiştir. İlk 15 dakika sıcaklık oda koşullarından 200 °C'a çıkarılmıştır. Sı-

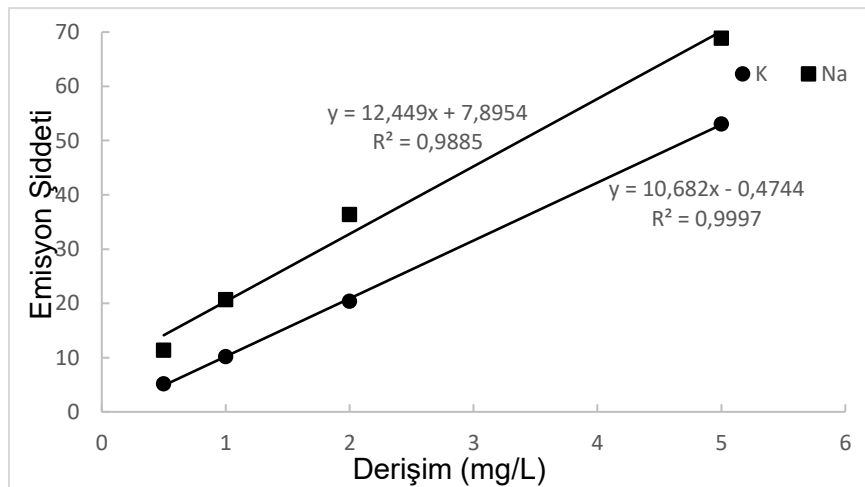
caklık 200 °C'da 15 dakika sabit tutulmuş ve son 15 dakikada ise teflon kap ve içeriğinin soğuması beklenmiştir. Mikrodalga çözme sistemi kullanılarak çözülen örnekler polietilen kaplara alınmış ve son hacim 10 mL'ye saf su ile tamamlanmıştır. Çözünmüş örneklerde metal tayini, ATI UNICAM marka 939 model alevli atomik absorpsiyon spektrometre cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışılan elementin duyarlılığına göre, 0,5 ile 40 mg/L derişimleri arasında standart çözeltiler 1 mol/L HNO₃ ortamında hazırlanmış ve bu çözeltilerin emisyon veya absorpsiyon değerleri ölçülmüştür.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Tere bitkisi örneklerinde Mg, Ca, Mn, Fe, Cu, Cd, Hg, Pb tayinleri alevli atomik absorpsiyon spektrometre ile Na ve K tayini ise aynı cihazın emisyon seçeneğinde gerçekleştirilmiştir. Çalışılan metallerin standart çözeltilerinin emisyon veya absorpsiyon değerleri kullanılarak kalibrasyon grafikleri çizilmiş ve bu eğriler Şekil 2-6'da verilmiştir. Bu kalibrasyon grafikleri kullanılarak örnekler içerisindeki elementlerin derişimleri hesaplanmıştır. Bulunan sonuçlar Tablo 1'de gösterilmiştir. Tablo 1'de görüldüğü gibi tere örneklerinde Cu, Cd, Hg ve Pb derişimleri, alevli atomik absorpsiyon spektrometrenin tayin sınırının altında olduğu için tespit edilememiştir.

Na-K Tayini

0,5-5,0 mg/L derişimleri arasında hazırlanan Na ve K standartları ve tere örnekleri alevli atomik absorpsiyon spektrometre cihazının emisyon seçeneğinde ölçülmüştür. Elde edilen kalibrasyon grafikleri Şekil 2'de ve tere örneklerindeki Na ve K miktarları ise Tablo 1'de gösterilmiştir.

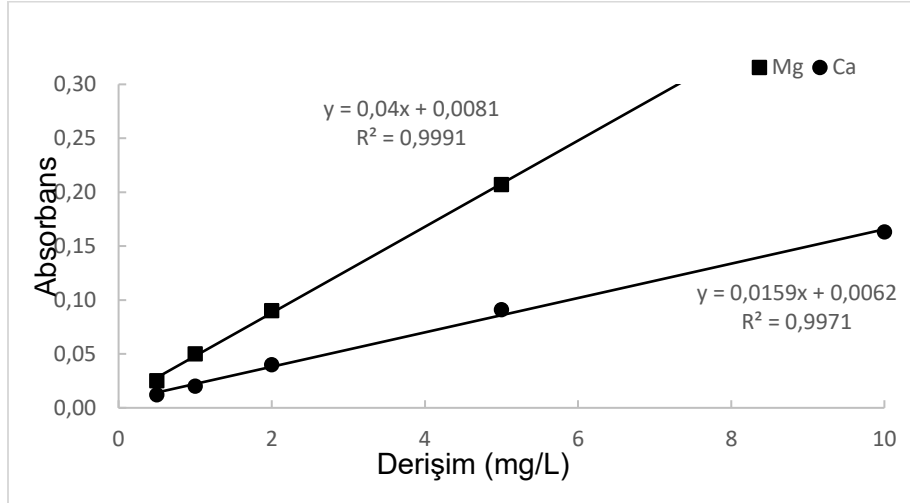


Şekil 2. Na ve K için AES' de kalibrasyon grafikleri.

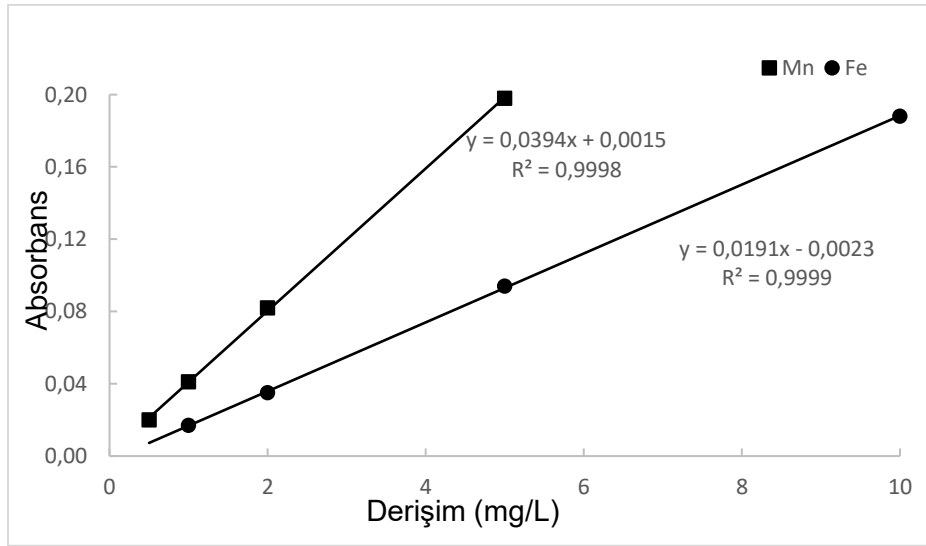
Mg, Ca, Mn, Fe, Cu, Cd, Hg ve Pb Tayini

Tayini yapılacak metal iyonlarının 0,5- 40 mg/L derişimleri arasında hazırlanan standart çözeltileri ve çözülmüş tere örnekleri alevli atomik absorpsiyon spektrometre cihazı ile ölçülmüştür. Elde edilen kalibrasyon grafikleri

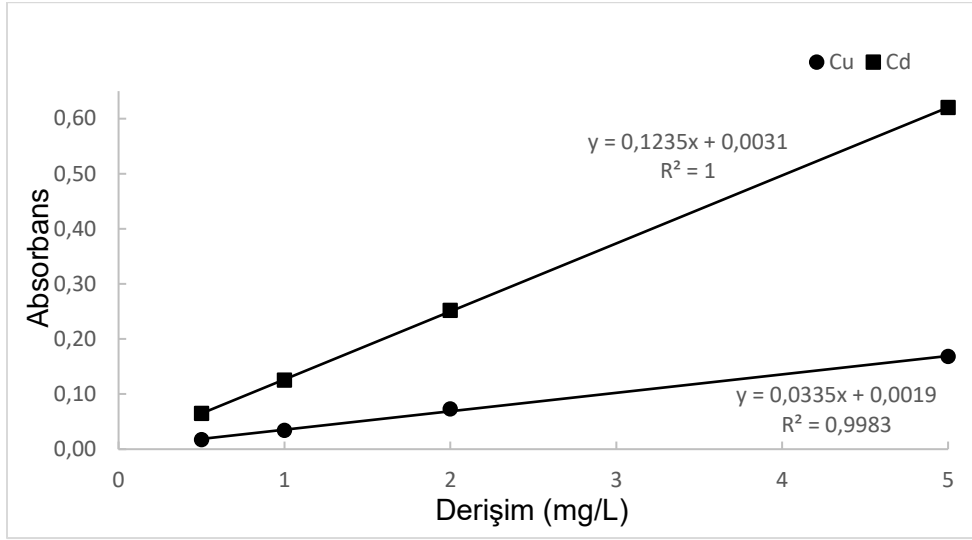
Şekil 3-6'da ve tere örneklerindeki Mg, Ca, Mn, Fe, Cu, Cd, Hg ve Pb miktarları ise Çizelge 1'de gösterilmiştir.



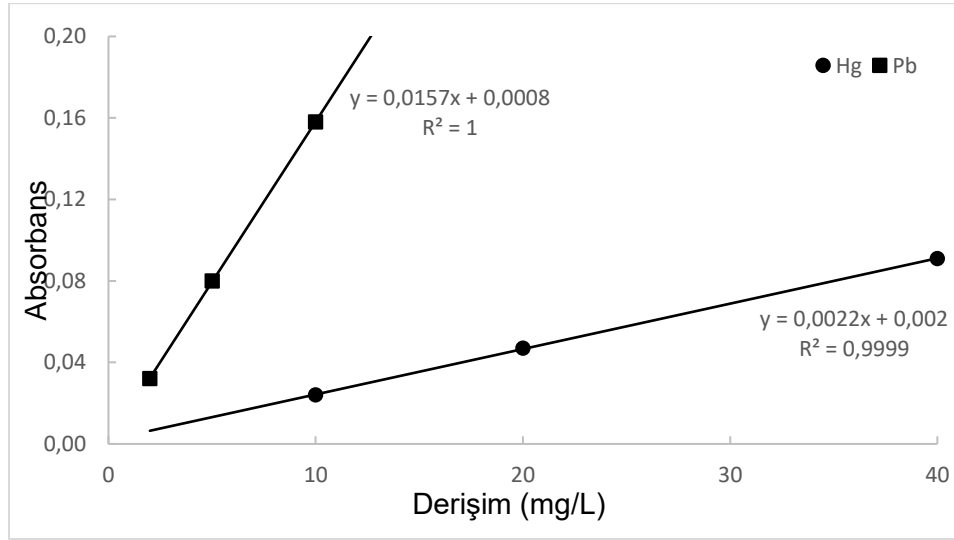
Şekil 3. Mg ve Ca için FAAS' de kalibrasyon grafikleri.



Şekil 4. Mn- Fe için FAAS' de kalibrasyon grafikleri.



Şekil 5. Cu-Cd için FAAS' de kalibrasyon grafikleri.



Şekil 6. Hg-Pb için FAAS' de kalibrasyon grafikleri.

Tablo 1. Tere bitkisindeki metal derişimleri*

Elementler	İçme suyuyla yetiştirilen tere örnekleri (mg/kg)	Dere suyuyla yetiştirilen tere örnekleri (mg/kg)
Na	1335±720	1415±438
K	10412±854	9592±1224
Mg	1548±125	1288±10
Ca	4077±558	5119±940
Fe	121±17	105±18
Mn	16±1	16±0,6
Pb	<T.E.**	<T.E.**
Cd	<T.E.**	<T.E.**
Cu	<T.E.**	<T.E.**
Hg	<T.E.**	<T.E.**

* $\bar{x} \pm s$ ve N = 3

** FAAS'nin tayin sınırının altında kaldığı için tayin edilemedi.

SONUÇLAR

Tere bitkisi örneklerinde, Na, K, Mg, Ca, Mn, Fe, Cu, Cd, Hg, Pb tayinleri atomik absorpsiyon spektrometre ile gerçekleştirilmiştir. Çalışılan metallerin standart çözeltilerinin emisyon ve absorpsiyon değerleri kullanılarak kalibrasyon grafikleri çizilmiş ve bu eğriler Şekil 2-6' da verilmiştir. Bu kalibrasyon grafikleri kullanılarak örnekler içerisindeki elementlerin derişimleri hesaplanmıştır. Bulunan sonuçlar Çizelge 1'de gösterilmiştir. Çizelge 1'de

görüldüğü gibi tere örneklerinde Cu, Cd, Hg ve Pb derişimleri, alevli atomik absorpsiyon spektrometrenin tayin sınırının altında olduğu için tespit edilememiştir. Santos ve arkadaşları, yeşil sebzeler üzerinde yaptıkları bir çalışmada, Na, K, Ca, Mn, Fe ve Cu elementlerinin tayinlerini gerçekleştirmişlerdir (Santos et al., 2014). Elde edilen değerler Çizelge 2'de gösterilmiştir. Çizelge 2'de verilen değerlerle, bu çalışmada elde edilen veriler kıyaslandığında bakır hariç çalışılan tüm elementlerin derişimlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir.

Tablo 2. Santos ve arkadaşlarının metal tayini sonuçları*, mg/kg

Örnekler	K	Na	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu
Yeşil Marul	2177±102	481±50	682±22	342±16	15±0,6	8,4±0,4	0,7±0
Pazı	3934±51	1199±35	1063±53	773±21	6,6±0,5	4,2±0,2	0,6±0
Su Teresi	3408±158	437±20	1551±120	282±11	6,3±0,5	2,4±0,2	0,5±0
Kuzu Marul	4630±76	102±8	961±65	491±15	18,6±0,7	3,8±0	1,4±0
Yabani Roka	4263±217	264±11	3178±183	502±21	9,1±0,5	2,2±0,1	0,6±0
Organik Yabani Roka	5049±34	331±4	2755±73	777±35	9,7±0,6	1,1±0	0,6±0
Ispanak	5213±315	684±17	884±59	807±37	16,4±0,8	5,9±0,2	1,1±0,1
Maydanoz	2250±119	1262±37	1846±36	955±13	27,8±0,4	6,4±0,3	0,8±0

* $\bar{x} \pm s$

KAYNAKLAR

- Akinyele, I.O., Shokunbi, O.S. (2015). Comparative analysis of dry ashing and wet digestion methods for the determination of trace and heavy metals in food samples. *Food Chemistry* 173: 682–684.
- Amalraj, A., Pius, A. (2015). Bioavailability of calcium and its absorption inhibitors in raw and cooked green leafy vegetables commonly consumed in India – An in vitro study. *Food Chemistry* 170:430–436.
- Aydın, M. (2011). Metallerle etkileştirilen tere bitkisinde (*Lepidium sativum*) bazı enzim aktivitelerinin incelenmesi. Yüksek lisans tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Bradberry, S.M. (2016). Metals (cobalt, copper, lead, mercury). *Medicine* 44: 182-184.
- Dannehl, D., Huyskens-Keil, S., Wendorf, D., Ulrichs, C., Schmidt, U. (2012). Influence of intermittent-direct-electric-current (IDC) on phytochemical compounds in garden cress during growth. *Food Chemistry* 131: 239–246.
- Gill, S.S., Khana, N.A., Tutejab, N. (2012). Cadmium at high dose perturbs growth, photosynthesis and nitrogen metabolism while at low dose it up regulates sulfur assimilation and antioxidant machinery in garden cress (*Lepidium sativum* L.). *Plant Science* 182: 112– 120.
- Gouda, A.A. (2014). Cloud point extraction, preconcentration and spectrophotometric determination of trace amount of manganese(II) in water and food samples. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* 131:138–144.
- Hajar, E.W.I., Sulaiman, A.Z.B., Sakinah, A.M.M. (2014). Assessment of heavy metals tolerance in leaves, stems and flowers of *Stevia rebaudiana* plant. *Procedia Environmental Sciences* 20: 386 – 393.
- <http://www.google.com.tr/maps>, son erişim tarihi:19.07.2016.
- Jarczewska, M., Górski, L., Malinowska, E. (2016). Application of DNA aptamers as sensing layers for electrochemical detection of potassium ions. *Sensors and Actuators B* 226: 37–43.
- Khan, S., Aijun, L., Zhang, S., Huc, Q., Zhua, Y-G. (2008). Accumulation of polycyclic aromatic hydrocarbons and heavy metals in lettuce grown in the soils contaminated with long-term wastewater irrigation. *Journal of Hazardous Materials* 152: 506–515.
- Leao, D.J., Junior, M.M.S., Brandao, G.C., Ferreira, S.L.C. (2016). Simultaneous determination of cadmium, iron and tin in canned foods using high-resolution continuum source graphite furnace atomic absorption spectrometry. *Talanta* 153: 45–50.
- Maratta, A., Vázquez, S., López, A., Augusto, M., Pacheco, P.H. (2016). Lead preconcentration by solid phase extraction using oxidized carbon xerogel and spectrophotometric determination with dithizone. *Microchemical Journal* 128: 166–171.
- Sadeghi, O., Tavassoli, N., Amini, M.M., Ebrahimzadeh, H., Daei, N. (2011). Pyridine-functionalized mesoporous silica as an adsorbent material for the determination of nickel and lead in vegetables grown in close proximity by electrothermal atomic adsorption spectroscopy. *Food Chemistry* 127: 364–368.
- Santos, J., Oliva-Teles, M.T., Delerue-Matos, C., Oliveira, M.B.P.P. (2014). Multi-elemental analysis of ready-to-eat 'baby leaf' vegetables using microwave digestion and high-resolution continuum source atomic absorption spectrometry. *Food Chemistry* 151: 311–316.
- Shokrollahi, A., Hemmatidoust, K., Zarghampour, F. (2015). Determination of magnesium by the solution scanometric method in a coloured titan yellow magnesium hydroxide complex form. *Journal of Taibah University for Science* 10: 161–167.
- Tüzen, M., Sahiner, S., Hazer, B. (2016). Solid phase extraction of lead, cadmium and zinc on biodegradable polyhydroxybutyrate diethanol amine (PHB-DEA) polymer and their determination in water and food samples. *Food Chemistry* 210: 115–120.
- Umesha, S.S., Naidu, K.A. (2012). Vegetable oil blends with α -linolenic acid rich Garden cress oil modulate lipid metabolism in experimental rats. *Food Chemistry* 135: 2845–2851.
- Üzen, N. (2014). Fiziksel olarak aritilmiş evsel atık suların pamuk (*Gossypium Hirsutum* L.) verim ve kalitesi ile toprak kirliliğine etkisi. Doktora tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Zhang, J., Chen, S., Kim, J., Cheng, S. (2016). Mercury flow analysis and reduction pathways for fluorescent lamps in mainland China. *Journal of Cleaner Production* 133: 451-458.