

Sulama suyu kaynakları ve çerezlik kabak (*Cucurbita pepo* L.)'ta arsenik kontaminasyonunun belirlenmesi: Nevşehir ilinde örnek bir uygulama*

Halil İbrahim OĞUZ^{1**} Muhammed Cüneyt BAĞDATLI¹ Oktay ERDOĞAN¹
Aslıhan KARATEPE² Fatma KARİPÇİN²

¹ Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Nevşehir

² Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü, Nevşehir

Alınış Tarihi: 21 Ocak 2016 Kabul Tarihi: 15 Nisan 2016

Öz

Doğal olarak çevrede yaygın bulunan arseniğin insan sağlığı üzerindeki toksikolojik etkilerinin belirlenmesi arseniği önemli bir çevre problemi haline getirmiştir. Nevşehir'de sulama sularında ve çerezlik kabak yetiştiriciliğinde arsenik konsantrasyonunun belirlenmesine ilişkin yeterli çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmada, Nevşehir ilinde sulama suyu kaynaklarında ve çerezlik kabak çekirdeğinde arsenik kontaminasyonunun tespit edilmesi amaçlanmıştır. Gülşehir-Gülpınar, Ürgüp-Sarıhıdır ve Hacibektaş-Killik Köylerinde sulama suyu sağlanan derin kuyulardan su örneği alınmış ve bu sularla yetiştirilen çerezlik kabak (*Cucurbita pepo* L.) bitkisinden çekirdek örnekleri alınarak arsenik konsantrasyonları ICP-MS cihazı ile saptanmıştır. Çalışma sonucunda sulama suyu örneklerinde arsenik konsantrasyonları Hacibektaş-Killik Köyünde $201.87 \mu\text{g L}^{-1}$, Gülşehir-Gülpınar köyünde $56.17 \mu\text{g L}^{-1}$ ve Ürgüp-Sarıhıdır Köyünde $10.15 \mu\text{g L}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. Tüm çerezlik kabak çekirdeği örneklerinde değişen oranlarda arsenik konsantrasyonları belirlenmekle birlikte, Hacibektaş-Killik Köyünde $669.23 \mu\text{g L}^{-1}$, Gülşehir-Gülpınar köyünde $282.51 \mu\text{g L}^{-1}$ ve Ürgüp-Sarıhıdır Köyünde ise $161.65 \mu\text{g L}^{-1}$ olarak saptanmıştır. Sonuç olarak jeolojik unsurların da ön planda olduğu bölgede, sulama suyu kaynaklarındaki arsenik konsantrasyonunun sürekli izlenmesi ve sulama suyu kaynaklarındaki arsenik derişiminin düşürülmesine yönelik çalışmaların yapılması gerekmektedir.

Anahtar kelimeler: Arsenik, Sulama suyu, Çerezlik kabak, Nevşehir

* Bu çalışma 09-11.06.2015 tarihleri arasında düzenlenen I. Ulusal Biyosistem Mühendisliği Kongresinde özet olarak yayınlanmıştır.

** Sorumlu yazar (Corresponding author): hioguz@nevsehir.edu.tr

Determination of arsenic contamination in irrigation water resources and pumpkin seeds (*Cucurbita pepo* L.): Nevşehir province case study

Abstract

Arsenic, commonly found in natural environment, has become an important environmental problem after revealing its toxicological effects on human health. Arsenic concentration of the groundwater used for irrigation of pumpkins in Nevşehir and as well as of pumpkin seeds consumed as a snack have not been studied earlier. Thus, the aim of this study is to determine the contamination of arsenic in irrigation water and pumpkin seeds in Nevşehir. The research was conducted by taking irrigation water samples from deep wells located in Gülşehir-Gülpınar, Ürgüp-Sarıhıdır, Hacibektaş-Killik villages and collecting seed samples of pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) grown in these villages. Arsenic concentrations in irrigation water and seed samples were measured by ICP-MS device. The arsenic concentration levels in irrigation water were measured as 201.87 $\mu\text{g L}^{-1}$ in Hacibektaş-Killik village, 56.17 $\mu\text{g L}^{-1}$ in Gülşehir-Gülpınar village and 10.15 $\mu\text{g L}^{-1}$ in Ürgüp-Sarıhıdır village. The arsenic concentrations in all the pumpkin samples were determined at varying rates. The arsenic level was measured 669.23 $\mu\text{g L}^{-1}$ in Hacibektaş-Killik village, 282.51 $\mu\text{g L}^{-1}$ in Gülşehir-Gülpınar village and 161.65 $\mu\text{g L}^{-1}$ in Ürgüp-Sarıhıdır village. As a result, considering the geological structure of the region, the water resources should be monitored regularly regarding the risk of contamination with arsenic and it is essential that a plan be devised to reduce the arsenic level in the irrigation water.

Keywords: Arsenic, Irrigation water, Pumpkin seeds, Nevşehir

1. Giriş

Nevşehir ili topoğrafik yapısı, Hasandağı, Melendiz ve Erciyes Dağları gibi üç büyük yanardağın milyonlarca yıl devam eden püskürmeleriyle meydana gelen kalın bir volkanik örtüden oluşmuştur. Bu yoğun jeolojik faaliyetler sonucunda özellikle Nevşehir ilinde halk sağlığı için risk oluşturabilecek jeolojik etkenler bulunmaktadır. Bunlardan Nevşehir ilinde özellikle yer altı sularında yüksek oranda bulunan arsenik (As), insan sağlığını tehdit edici bir sağlık sorunu haline gelmiştir. Arsenik elementi insan bünyesine içme suyu, bitkisel ve hayvansal ürünler yoluyla alınabilmektedir. Arsenik; renksiz, kokusuz ve yüksek toksisite gösteren bir elementtir. Doğada nadiren saf element olarak bulunur. Yaygın olarak kararsız kalsiyum, sodyum ve potasyum arsenatları ile sülfid ve oksitleri şeklindedir. Arseniğin çevrede yayılmasının en önemli etmenlerinden biri sudur. Doğal olarak mineral sızıntıları, erozyon ve As içeren kayaların aşınması arseniğin yüzey

sularına bulaşmasına neden olmaktadır. Özellikle arsenikçe zengin jeotermal sular yüzey sularındaki As miktarını önemli ölçüde artırmaktadır. Arsenik doğal sulara genellikle çözülebilir formları olan As (III) (arsenit) ve As (V) (arsenat) şeklinde bulunmaktadır.

Arsenik doğal su kaynaklarında (çay, dere, ırmak) monometilarsenat ve dimetilarsenat gibi organik formda da bulunabilir. Arseniğin suda çözünebilir inorganik formları insan sağlığı açısından daha tehlikelidir. Yapılan birçok çalışmada arseniğin karaciğer, akciğer, mesane, böbrek ve diğer organlarda kansere sebep olabildiği bildirilmiştir (Song ve Gallegos-Garcia, 2014). Atabey (2013), yaptığı bir çalışmada Nevşehir ili, ilçe ve köyleri içme sularından alınan su örneklerinde ortalama As değerleri; Nevşehir merkezde $23.83 \mu\text{g L}^{-1}$, Acıgöl'de $38.78 \mu\text{g L}^{-1}$, Derinkuyu'da $17.00 \mu\text{g L}^{-1}$ ve Gülşehir'de $54.50 \mu\text{g L}^{-1}$ olduğunu rapor edilmiştir. Çizelge 1'de görüldüğü gibi Dünya Sağlık Örgütü Standartları (WHO)'na göre; kabul edilebilir As miktarı topraklarda $0.1-0.5 \text{ mg kg}^{-1}$, sulama suyunda $0.2-1.0 \mu\text{g L}^{-1}$ ve bitkilerde: $0.1-1.0 \text{ mg kg}^{-1}$ olarak belirlenmiştir (WHO, 2001; Williams, vd., 2005; Atabey, 2008).

Bu doğrultuda yapılan çalışmalarda Nevşehir ili ve ilçelerindeki içme suyunda As derişiminin standartların çok üstünde olduğu belirlenmiştir (Atabey, 2013). İtalya'da endüstriyel bir bölgeye yakın olan bir kasabada arsenik (As), kadmiyum (Cd), kurşun (Pb) ve çinko (Zn) elementlerinin günlük diyetle alım oranlarının araştırıldığı bir çalışmada; iki farklı dönemde (Temmuz 2009-Mart 2010) 35 farklı meyve ve sebzededen toplamda 255 örnek alınmıştır. Araştırma sonucunda en yüksek konsantrasyonların baharatlar ve otlarda bulunduğu; diğer gıdalar içinse en yüksek konsantrasyon olarak baklagillerde As (0.142 mg kg^{-1}) yapraklı sebzelerde Cd (0.147 mg kg^{-1}), meyvelerde Pb (0.294 mg kg^{-1}) ve yine baklagillerde Zn (13.03 mg kg^{-1}) olduğu tespit edilmiştir (Beccaloni vd., 2013).

Liao vd. (2014), mango meyvesindeki As birikimini ve bu birikimin toprak ile ilişkisini araştırmışlar ve meyvedeki As miktarının ortalama $8.6 \mu\text{g kg}^{-1}$ olduğunu tespit etmişlerdir. Bununla birlikte pH'sı 4.8-5.5 arasında olan toprakta yetiştirilen mango meyvesinin As konsantrasyonunun ve As'nin topraktan meyveye geçme oranının nispeten daha yüksek olduğunu vurgulamışlardır. Çin'de arsenikçe zengin yeraltı suyu ile sulama yapılan ayçiçeği ve mısır tarlalarında 3 yıl süre ile bitki dokuları ve toprak As bakımından incelenmiştir. Üç yıllık çalışmadan elde edilen verilere göre ile sulanan arazilerin üst katmanlarında As içeriğinin periyodik olarak yükseldiğini belirtmişlerdir.

Çizelge 1. Sulama suyu, toprak ve bitkide kabul edilebilir arsenik miktarları

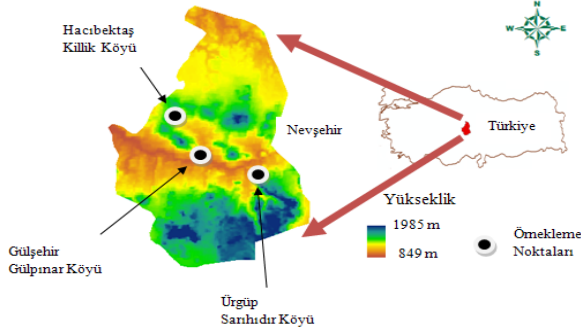
Kabul edilebilir As Miktarı	Toprak (mg kg ⁻¹)	Sulama suyu (µg L ⁻¹)	Bitkilerde (mg kg ⁻¹)
	0.1-0.5	0.2-1.0	0.1-1.0

Bitkilerde ise fizyolojisine bağlı olarak değişmekle birlikte özellikle kök bölgelerinde As miktarının arttığı rapor edilmiştir (Neidhardt vd., 2012). Caporale vd. (2013), As ile kontamine edilmiş sulama suyundaki arseniğin kompost kullanarak fasulye bitkilerine As geçişinin azaltılmasıyla ilgili yaptıkları araştırmada, iki kompost uygulama oranı (3×10^4 ve 6×10^4 kg ha⁻¹) ve üç As konsantrasyonu (1, 2 ve 3 mg L⁻¹) kullanmışlardır. Toprağa ilave edilen kompost miktarının artışıyla fasulye bitkisinin biyokütlesinin arttığını ve bunu nedeninin ise, kompostun bitki gelişimine olumlu etkisinden kaynaklandığını bildirmişlerdir. Bununla birlikte artan As konsantrasyonu ile birlikte biyokütlenin azaldığı, ancak toprağa ilave edilen kompostun kontrol grubuna kıyasla biyokütledeki bu azalmayı önemli seviyede düşürdüğünü gözlemlemişlerdir. Sonuç olarak kompostun As fitotoksitesini önemli ölçüde azalttığı kanaatine varmışlardır. Fasulye bitkisi tarafından adsorbe edilen arseniğin çoğunun köklerde biriktiğine vurgulamışlardır. Carbonell-Barrachina vd. (1997), fasulye ve domates bitkilerinin besi ortamına 0, 2, 5, 10 mg L⁻¹ konsantrasyonlarında As uygulamışlar, 36 gün sonra bitkilerin kök, gövde, yaprak ve meyvelerinde kuru madde miktarına, biyokütle üretimine, bitki toksitesine ve organlara göre As birikimlerini incelemişler, bitkilere uygulanan As konsantrasyonuna bağlı olarak kuru madde miktarı üretiminin, bezelyeye göre domateste daha fazla olduğunu gözlemlemişlerdir. Her iki bitki de üretim ortamına uygulanan As konsantrasyonu arttıkça kök, gövde, yaprak, toksite değerlerinde ve meyvede kuru madde miktarında önemli ölçüde azalmalar olduğunu tespit etmişlerdir. 10 mg L⁻¹ As konsantrasyonunda domates köklerindeki As birikiminin 1491.2 mg kg⁻¹ (kuru ağırlık), domates meyvesinde bu oranın 0.24 mg kg⁻¹ arseniğin kuru maddede olduğunu, bununla birlikte aynı As konsantrasyonunda tüm bezelye bitkisinin öldüğünü rapor etmişlerdir. Rahman vd. (2013), Bangladeş’de As bulaşmış bir alanda yapmış oldukları bir çalışmada içme suyunda ve evde yetiştirilen sebzelerdeki As ve diğer elementlerin yetişkin bireyler tarafından günlük tüketim miktarlarını belirlemeye çalışmışlardır. Sebzelerdeki analiz edilen değerler sırasıyla As; 90 µg kg⁻¹, Cd; 111 µg kg⁻¹, Cr; 0.80 mg kg⁻¹, Co; 168 µg kg⁻¹, Cu; 13 mg kg⁻¹, Pb; 2.1 mg kg⁻¹, Mn; 65 mg kg⁻¹, Ni; 1.7 mg kg⁻¹ ve Zn; 50 mg kg⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Yetişkin bireylerin günlük sebze ve içme suyu tüketimi ile birlikte aldıkları elementlerin miktarları As; 839 µg, Cd; 2.9 µg, Cr; 20.8 µg, Co; 5.5 µg, Cu; 0.35 mg, Pb; 56.4 µg, Mn;

2.0 mg, Ni; 49.1 µg ve Zn; 1.3 mg olarak belirlemişlerdir. Smith vd. (2008), yapmış oldukları bir çalışmada As ile kirlenmiş sulama suyu ile sera koşulları altında yetiştirilen pirinç bitkilerinde As birikim düzeylerini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda; As ile kirlenmiş yer altı suyu ile sulanan pirinç bitkisindeki tane, yaprak ve kökteki As düzeyinin Avustralya da izin verilen 1 mg kg⁻¹ düzeyinden daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir. Normal dağılım olarak topraklarda 0.1-0.5 mg kg⁻¹, bitkilerde 0.1-1.0 mg kg⁻¹ kimi hayvan dokularında 0.1-0.5 mg kg⁻¹, doğal sularda ise 0.2-1.0 µg L⁻¹ As bulunmaktadır (Atabey, 2008). Roychowdhury vd. (2005), yapmış oldukları bir araştırmada Hindistan'ın Batı Bengal Bölgesinde As ile kirlenmiş sulama suyu ile sulanan tarım toprakları ve bitkiler üzerindeki etkileri ortaya koymaya çalışmışlardır. Çalışma sonucunda özellikle Murshidabad bölgesindeki topraklarda her yıl 5.02 kg ha⁻¹ As birikiminin olduğunu belirlemişlerdir. Toprak yüzeyindeki As birikiminin 14.2 mg kg⁻¹, bitki köklerinde 13.7 mg kg⁻¹, toprak yüzeyinin 0-30 cm derinliklerinde 14.8 mg kg⁻¹ ve dört farklı tarımsal üretim yapılan alanlarda ise 14.2 mg kg⁻¹ olduğunu tespit etmişlerdir. Genel olarak yer altı suyunda, tarım topraklarında ve bitkilerde yüksek düzeyde As olduğu gözlemlenmiştir. Araştırmada ortalama As birikiminin bitki köklerinde 996 mg g⁻¹, yapraklarda 246 mg g⁻¹ ve bitkilerin tüm kısımlarında ise 513 mg g⁻¹ olduğunu belirlemişlerdir. Topraktaki arseniğin yaklaşık % 0.36-3.45'inin bitki kök, yaprak ve gövdeleri tarafından alındığını ortaya koymuşlardır. Rahman vd. (2011), yaptıkları bir çalışmada Bangladeş ve Batı Bengal (Hindistan) Bölgelerinde insanların günde 450 g pirinç tükettiklerini belirtmektedir. Arsenik ile kirlenmiş sularla yetiştirilen ve pişirme suyu olarak da ayrıca kullanılan sulardaki As düzeylerinin pirinç bitkisine absorbe olarak pirinci tüketen bireylerin vücutlarında As birikimine neden olduğunu vurgulamışlardır. Bu çalışmada, Nevşehir ilinde bazı sulama suyu kaynaklarında ve çerezlik kabak çekirdeğinde As kontaminasyonunun tespit edilmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Araştırma kapsamında Nevşehir ili Gülşehir/Gülpınar, Ürgüp/Sarıhıdır ve Hacıbektaş/Killik Köylerinde yer alan her bir sulama suyu kaynağından 500'er mL su örnekleri alınmıştır. Ayrıca bu sulama suyu kaynakları ile sulanan alanlarda yetiştirilen çerezlik kabak (*Cucurbita pepo* L.) bitkisinden de 300 g'lık çekirdek örnekleri alınmıştır. Araştırma alanının konu ve örnekleme yapılan noktalarının yeri Şekil 1'de verilen harita üzerinde görülmektedir.



Şekil 1. Çalışma alanı ve örnekleme noktaları

Hem sulama suyundan hem de kabak çekirdeklerinden alınan örneklerdeki As konsantrasyonları ICP-MS cihazı ile ölçülmüştür. Kabak çekirdeği örnekleri hasattan sonra saf su ile yıkanmış ve etüvde petri kapları içerisinde 60°C sıcaklıkta 72 saat süre ile kurutulmuştur. Daha sonra porselen havan kullanılarak öğütülmüş ve kilitli plastik poşetler içinde saklanmıştır.

Su örnekleri HNO₃ ile asitlendirme işlemi yapılarak polietilen şişelere alınmış ve mavi bant filtre kağıdı ile süzildikten sonra analize kadar +4°C de buzdolabında saklanmıştır. Deneylerde kullanılacak bütün cam malzemeler 24 saat süre ile % 2'lik HNO₃ içinde bekletilmiş ve daha sonra saf su ile yıkanarak etüvde kurutulmuştur. Daha önce kurutulmuş ve öğütülmüş olan kabak çekirdeği örneklerinden yaklaşık 1'er g olacak şekilde analitik terazi ile tartım yapılarak, örnekler beherlere alınmış ve 7 ml HNO₃ ve 3 mL H₂O₂ eklenerek, çözücü kalmayana kadar ısıtıcı üzerinde ısıtılmıştır. Kalıntı üzerine tekrar 3 ml HNO₃ ve 1 ml H₂O₂ eklenerek ısıtma işlemine devam edilmiştir. Çözünme tamamlandıktan sonra üzerine saf su eklenerek mavi bant filtre kağıdından süzülerek son hacim 25 ml'ye tamamlanmıştır. Örneklerde bulunan As derişimleri ICP-MS cihazı ile ölçülmüştür (Ovca vd., 2011; Gunduz ve Akman, 2013).

3. Bulgular ve Tartışma

Yapılan su analizlerine göre, As konsantrasyonları Hacıbektaş/Killik Köyünde 201.87 µg L⁻¹, Gülşehir/Gülpınar köyünde 56.17 µg L⁻¹ ve

Ürgüp/Sarıhıdır Köyünde $10.15 \mu\text{g L}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. Sulama suyu örneklerinde en yüksek As derişimi Hacıbektas/Killik Köyünde $201.87 \mu\text{g L}^{-1}$ olarak ölçülmüştür. En düşük As derişimi ise Ürgüp ilçesi Sarıhıdır köyünde $10.15 \mu\text{g L}^{-1}$ bulunmuştur (Çizelge 2).

Nevşehir ili, ilçe ve köyleri içme sularında ortalama As değerlerinin; Nevşehir merkezde $23.83 \mu\text{g L}^{-1}$, Acıgöl'de $38.78 \mu\text{g L}^{-1}$, Derinkuyu'da $17 \mu\text{g L}^{-1}$ ve Gülşehir'in $54.5 \mu\text{g L}^{-1}$ olduğu bilinmektedir. Bizim yaptığımız çalışmada sulama suyu kuyularından aldığımız su örneklerinde ise en yüksek değer $201.87 \mu\text{g L}^{-1}$ Hacıbektas/Killik Köyü su örneğinde; bunu $56.17 \mu\text{g L}^{-1}$ ile Gülşehir/Gülpınar Köyü örneği izlemiştir. En düşük As miktarı ise $10.15 \mu\text{g L}^{-1}$ ile Ürgüp/Sarıhıdır Köyünden alınan örnek de bulunmuştur. Arsenik miktarı, su örneklerinin alındığı yerlere göre farklılık göstermektedir. Bunun nedeni ise jeolojik yapının farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Tarımsal amaçlı sulama suyunda bulunması gereken As miktarı WHO için $0.2-1.0 \mu\text{g L}^{-1}$, Türkiye için $10 \mu\text{g L}^{-1}$ 'dir (WHO, 2001; Atabey, 2008). Roychowdhury vd. (2005), yapmış oldukları bir araştırmada genel olarak yer altı suyunda, tarım topraklarında ve bitkilerde yüksek düzeyde As olduğu gözlemlenmiştir.

Hacıbektas/Killik Köyü ve Gülşehir/Gülpınar Köyünden alınan su örneklerindeki As miktarlarının hem WHO ve Türkiye içme suyu standartlarına göre hem de literatür bilgileriyle (Caporalea vd., 2013; Atabey, 2013) karşılaştırıldığında As derişiminin izin verilebilir değerden ($10 \mu\text{g L}^{-1}$) yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Bitki dokularında As birikimi üzerine yapılan çalışmalara baktığımızda; Carbonell-Barrachina vd. (1997), fasulye ve domates köklerindeki As birikiminin $1491.2 \text{ mg kg}^{-1}$ (kuru ağırlık), meyvede bu oranın 0.24 mg kg^{-1} olduğunu ve aynı As konsantrasyonunda tüm bezelye bitkisinin öldüğünü rapor etmişlerdir.

Çizelge 2. Sulama suyu kaynaklarındaki arsenik miktarları (N=3)

İlçe/Köy	Örnek miktarı (ml)	Koordinat	Örnek alma tarihi	Arsenik miktarı* ($\mu\text{g L}^{-1}$)
Gülşehir/Gülpınar Köyü	500	$38^{\circ}42'26.85''\text{N}$ $34^{\circ}29'25.92''\text{E}$	12.11.2014	56.17 ± 0.36
Ürgüp/Sarıhıdır Köyü		$38^{\circ}44'12.76''\text{N}$ $34^{\circ}55'47.54''\text{E}$	12.11.2014	10.15 ± 0.47
Hacıbektas/Killik Köyü		$38^{\circ}54'21.90''\text{N}$ $34^{\circ}40'30.22''\text{E}$	13.11.2014	201.87 ± 0.23

* $\bar{X} \pm s$

Liao vd. (2014), mango meyvesindeki As birikimini araştırmışlar ve meyvedeki As miktarının ortalama $8.6 \mu\text{g kg}^{-1}$ olduğunu tespit etmişlerdir. Araştırmada ortalama As birikiminin bitki köklerinde $996 \mu\text{g g}^{-1}$, yapraklarda $246 \mu\text{g g}^{-1}$ ve bitkilerin tüm kısımlarında ise $513 \mu\text{g g}^{-1}$ olduğunu belirlemişlerdir. İtalya'da yapılan bir çalışmada en yüksek konsantrasyonların baharatlar ve otlarda bulunduğu; diğer gıdalar içinse en yüksek konsantrasyon olarak baklagillerde As (0.142 mg kg^{-1}) yapraklı sebzelerde Cd (0.147 mg kg^{-1}), meyvelerde Pb (0.294 mg kg^{-1}) ve yine baklagillerde Zn (13.03 mg kg^{-1}) olduğu tespit edilmiştir (Beccaloni vd., 2013). İncelenen tüm literatürlerden de anlaşılacağı üzere, sulama suyundaki arsenik bitki bünyesine geçmektedir. Bizim alışmamızda da sulama suyundaki arseniğin kabak çekirdeklerine geçtiği ve bitki dokularında bulunan As derişiminin normalin üstünde olduğu belirlenmiştir. Tüm dünyada sebze ve meyvelerde izin verilebilir As miktarı 0.05 mg kg^{-1} 'dir (Abedin vd., 2002 a,b; Jahiruddin vd., 2004).

Tüm bu çalışmalar ışığında, örnek alınan erezlik kabak çekirdeği örneklerinde As derişim konsantrasyonları Hacıbektaş/Killik köyünde $669.23 \mu\text{g kg}^{-1}$, Gülşehir/Gülpınar köyünde $282.51 \mu\text{g kg}^{-1}$ ve Ürgüp/Sarıhıdır Köyünde ise $161.65 \mu\text{g kg}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir (izelge 3). Çizelge 3'e bakıldığında erezlik kabakların çekirdek kabuklarında As derişiminin çekirdeğe oranla daha yüksek olduğu saptanmıştır. Dursun vd. (2005), bunun sebebini ağır metallerin mobilitesi genel olarak duşuk olduğundan bitki bünyelerine taşınmasında öncelikle bitki kök, yumru, gövdelerine, dal ve yapraklara daha sonra da bitki embriyosuna geçmesine bağlamışlardır. Bununla birlikte Hacı Bektaş ilçesinin Killik köyünden alınan kabak çekirdeği örneklerinde As derişiminin, diğer lokasyonlardan alınan örneklerle göre, hem çekirdekte hem de kabukta daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 3. Kabak ekirdeği örneklerinde arsenik miktarları (N=3)

rnek alınan yer	Bitki turu (g)	Kullanılan bitki miktarı (g)	Hesaplanan derişim* ($\mu\text{g kg}^{-1}$)
Hacıbektaş	Kabak ekirdeği (i)	1.0090	636.32 ± 10.88
	Kabak ekirdiği (Kabuk)	1.0050	669.23 ± 6.87
Gülşehir	Kabak ekirdeği (i)	1.060	62.38 ± 5.87
	Kabak ekirdiği (kabuk)	1.097	282.51 ± 9.12
rgp	Kabak ekirdeği (i)	0.9906	271.30 ± 5.25
	Kabak ekirdiği (kabuk)	1.0037	161.65 ± 5.75

* $\bar{X} \pm s$

4. Sonuç

Hem sulama suyu, hem de çerezlik kabak çekirdeği örneklerinde As içeriği özellikle Hacıbektaş/Killik köyünde izin verilebilir değerin çok üstünde saptanmıştır. En düşük As miktarı ise Ürgüp/Sarıhıdır Köyünde elde edilmiştir. Bu çalışma sonucunda jeolojik unsurlarında ön planda olduğu bölgede, sulama suyu kaynaklarındaki As konsantrasyonunun sürekli izlenmesi ve özellikle Nevşehir ilinde yeraltı su kaynaklarıyla sulama yapılan alanlarda su kaynaklarında As konsantrasyonu tespiti ve azaltılmasına yönelik çok detaylı çalışmaların yapılması gerekmektedir. Bitki besleme amacıyla yapılan gübreleme uygulamalarında özellikle topraktaki organik madde içeriğinin artırılmasına, organik içerikli gübrelemenin ağırlık verilmesine, az su tüketen bitki deseni üzerinde durulmasına dikkat edilmesi gerekmektedir. Ayrıca bu konuda yöredeki üreticilerin bilinçlendirilmesine yönelik eğitim verilmesi de önem arz etmektedir. Bu çalışma, toprakta, sulama suyunda ve bitkinin tüketilen kısımlarında As içeriğinin belirlenmesi ve bu birikimin önlenmesine yönelik ülkemizde daha detaylı çalışmaların yapılması gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Kaynaklar

- Abedin, M.J., Cotter-Howells, J., & Meharg A.A. (2002a). Arsenic uptake and accumulation in rice (*Oryza sativa* L.) irrigated with contaminated water. *Plant Soil*, 240(2): 311-319.
- Abedin, M.J., Cressner, M.S., Meharg A.A., Feldmann, J., & Cotter-Howells, J. (2002b). Arsenic accumulation and metabolism in rice (*Oryza sativa* L.). *Environmental Science Technology*, 36(5): 962-968.
- Atabey, E. (2008). Türkiye'de jeolojik açıdan arsenik sorununa genel bakış Arsenic: Geoenvironmental concerns in Turkey. *Uluslararası Katılımlı Tıbbi Jeoloji Sempozyumu*, 6-9 Şubat 2008, Ankara, s:113-115.
- Atabey, E. (2013). Nevşehir ili tıbbi jeolojik unsurları ve halk sağlığı. <http://www.nevsehir.bel.tr>. Erişim tarihi: 05 Eylül 2013.
- Beccaloni, E., Vanni, F., Beccaloni, M., & Carere, M. (2013). Concentrations of arsenic, cadmium, lead and zinc in homegrown vegetables and fruits: Estimated intake by population in an industrialized area of Sardinia, Italy. *Microchemical Journal*, 107:190-195.
- Caporale, A.G., Pigna, M., Sommella, A., Dynes, J.J., Cozzolino, V., & Violante, A. (2013). Influence of compost on the mobility of arsenic in soil and its uptake by bean plants (*Phaseolus vulgaris* L.) irrigated with arsenite contaminated water. *Journal of Environmental Management*, 128:837-843.
- Carbonell-Barrachina, A.A., Burlo, F., Burgos-Hernandez, A., Lopez, E., & Mataix, J. (1997). The influence of arsenite concentration on arsenic accumulation in tomato and bean plants. *Scientia Horticulturae*, 71(3-4):167-176.

- Dursun, A., Türkmen, Ö., Turan M., Şensoy, S. & Çırka, M. (2005). Effect of sewage sludge on the seed emergence, development and mineral contents of pepper (*Capsicum annum*) seed. *Asian Journal of Plant Science*, 4(3):99-304.
- Gunduz, S., & Akman, S. (2013). Investigation of arsenic and cadmium contents in rice samples in Turkey by electrothermal atomic absorption spectrometry. *Food Analytical Methods*, 6(6):1693-1696.
- Jahiruddin, M., Islam, M.R., Shah, A.L., Islam, S., & Ghani, M.A. (2004). Effects of arsenic contamination on yield and arsenic accumulation in crops. In M. A.L Shah et al. (ed.), *Proceedings Workshop on Arsenic in the Water-Soil-Crop Systems*, 22 July 2004, BRRRI, Gazipur, 147:39-52.
- Liao, X., Fu, Y., He, Y., & Yang, Y. (2014). Occurrence of arsenic in fruit mango plant (*Mangifera indica* L.) and its relationship to soil properties. *Catena*, 113:213-218.
- Neidhardt, H., Norraa, S., Tanga, X., Guoc, H., & Stüben, D. (2012). Impact of irrigation with high arsenic burdened groundwater on the soil-plant system: Results from a case study in the Inner Mongolia, China. *Environmental Pollution*, 163:8-13.
- Ovca, A., Johannes, T. Van Elteren, Falnoga, I., & Selih, Vid S. (2011). Speciation of zinc in pumpkin seeds (*Cucurbita pepo*) and degradation of its species in the human digestive tract. *Food Chemistry*, 128(4):839-846.
- Rahman, M.A., & Hasegawa, H. (2011). High levels of inorganic arsenic in rice in areas where arsenic-contaminated water is used for irrigation and cooking. *Science of The Total Environment*, 409(22):4645-4655.
- Rahman, M.M., Asaduzzaman, M., & Naidu, R. (2013). Consumption of arsenic and other elements from vegetables and drinking water from an arsenic-contaminated area of Bangladesh. *Journal of Hazardous Materials*, 262(15):1056-1063.
- Roychowdhury, T., Tokunaga, H., Uchino, T., & Ando, M. (2005). Effect of arsenic-contaminated irrigation water on agricultural land soil and plants in West Bengal, India. *Chemosphere*, 58(6):799-810.
- Smith, E., Juhasz, A. L., Weber, J., & Naidu, R. (2008). Arsenic uptake and speciation in rice plants grown under greenhouse conditions with arsenic contaminated irrigation water. *Science of The Total Environment*, 392(2-3):277-283.
- Song, S., & Gallegos-Garcia, M. (2014). Arsenic Removal from Water by the Coagulation Process: The Role of Colloidal Systems in Environmental Protection, (Ed. Monzer Fanun), 720 p., Elsevier, Netherlands.
- WHO, (2001). Environmental Health Criteria 224: Arsenic and Arsenic compounds. WHO, Geneva.
- Williams, P.N., Price, A.H., Raab, A., Hossain, S.A., Feldmann, J., & Meharg, A.A. (2005). Variation in arsenic speciation and concentration in paddy rice related to dietary exposure. *Environmental Science Technology*, 39(15): 5531-5540.