



Farklı Saklana Koşullarının Taşköprü Sarımsağının (*Allium sativum L.*) Radyometrik ve Element İçeriği Üzerine Etkileri

Aslı Kurnaz^{1*}, Nezahat Turfan²

¹Kastamonu Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, 37150 Kastamonu, Türkiye

²Kastamonu Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 37150 Kastamonu, Türkiye

MAKALE BİLGİSİ

Araştırma Makalesi

Geliş 24 Kasım 2016
Kabul 22 Aralık 2016

Anahtar Kelimeler:

Sarımsak
Radyoaktivite
Element içeriği
Risk değerlendirmesi
Taşköprü-Kastamonu

* Sorumlu Yazar:

E-mail: akurnaz@kastamonu.edu.tr

ÖZET

Sarımsak, karbonhidratlar, enzimler, kükürtlü ve fenolik bileşikler, protein ve vitaminler açısından oldukça zengindir. Aynı zamanda yetiştirildiği toprağın yapısına bağlı olarak bünyesinde doğal ve yapay radyonüklitler ile ağır metaller de bulundurulabilmektedir. Yemeklere lezzet veren ve birçok hastalığın tedavisinde ilaç olarak kullanılan sarımsak, çiğ olarak tüketildiği gibi kurutulmuş, toz, püre ve uçucu sarımsak yağı gibi sarımsaktan doğrudan elde edilen ürünler olarak da tüketilmektedir. Bu çalışmada farklı saklama koşullarının sarımsağın element ve radyonüklit içeriğine etkileri belirlenmiş, sonuçlar uluslararası kuruluşların sınır değerleri ile kıyaslanmıştır. Sonuç olarak Taşköprü sarımsağının farklı saklama koşullarında radyonüklit konsantrasyonları ve element içeriği bakımından insan sağlığı için herhangi bir tehdit oluşturmadığı saptanmıştır.

Turkish Journal Of Agriculture - Food Science And Technology, 5(4): 373-379, 2017

The Effects of Different Storage Conditions on the Radiometric and Element Content of the Taşköprü Garlic (*Allium sativum L.*)

ARTICLE INFO

Research Article

Received 24 November 2016
Accepted 22 December 2016

Keywords:

Garlic
Radioactivity
Element content
Risk assessment
Taşköprü-Kastamonu

* Corresponding Author:

E-mail: akurnaz@kastamonu.edu.tr

ABSTRACT

Garlic is very rich plant in terms of carbohydrates, enzymes, sulphurous and phenolic compounds, proteins and vitamins. At the same time, natural and artificial radionuclides and heavy metals can be found in the garlic depending on the structure of the cultivated soil. Garlic, used as medicine in the treatment of most diseases, is also consumed as raw, powder, mash and volatile garlic oil. In this study, the effects of different storage conditions on the element and radionuclide content of the garlic were determined. The results obtained from this study were compared with the limit values of international institutions. As a result, the radionuclide concentrations and element contents of Taşköprü Garlic will not pose any threat to human health even if the garlic is exposed to different storage conditions.

Giriş

Toprak fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklere sahip değişken ve aynı zamanda karmaşık bir sistemdir. Toprak özelliklerinin kalite markörü olarak toprağın organik ve inorganik madde çeşitliliği, miktarı ve bitki tarafından alınabilirliği, bitkilerin büyüme ve gelişim modellerini belirlemektedir (Rowell, 1994; Sarıyıldız ve Anderson, 2005; Viet ve ark., 2013). Bitkiler, ihtiyaç duydukları besin elementlerinin tamamına yakını kök sistemleri aracılığıyla genelde topraktan alırlar. Ancak bitkiler topraktan N, P, K, Ca, Fe, Mg, Ni, Cu, Co gibi gerekli elementleri alırken beraberinde toksik ağır metalleri ve radyonüklitleri de almaktadırlar (Çakmak ve ark., 2002; McDonald ve ark., 1999; Mutlu ve Aydın Uncumusaoğlu, 2016; Marschner, 1995). Her bitkinin içerdiği mineral ve radyonüklit miktarları bitkinin türü, yaşı, kök büyümesi, hacim ve boyutu, kök hacmi, bitki doku ve hücrelerindeki ozmos olayları, doku ve organların rekabet gücü, toprak özellikleri, minerallerin alınabilirliği, uygulanan tarımsal yöntemler, bitkisel ürünlerin hasat ve zamanı, ürünlerin işleme ve saklama koşulları, iklim ve radyonüklitlerin bitkinin yetiştiği topraktaki konsantrasyonu gibi birçok faktöre bağlı olarak değişebilmektedir. Bu miktarlar bitkiden bitkiye değişiklik gösterdiği gibi bitkinin organları arasında da değişkenlik göstermektedir. Bazı elementler bitkinin genç organlarında bazıları da yaşlı organlarında daha fazla bulunabilmektedirler (Canbazoğlu ve Doğru, 2013; Desideri ve ark., 2010; Bakkal, 2012; Berges ve ark., 2005; UNSCEAR, 2000; Carini, 1999).

Radyonüklitler bitki hücrelerinde birikerek, besin yolu ile insanlara ve hayvanlara geçmektedir (Canbazoğlu ve Doğru, 2013; Bakkal, 2012; UNSCEAR, 2000). Doğal (^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K) ve yapay (^{137}Cs) radyonüklitleri bünyesinde barındıran gıda maddelerinin tüketilmesi, vücut içindeki çeşitli organların aldıkları ortalama radyasyon dozunun önemli bir kısmını oluşturmaktadır ve uzun vadede sağlık problemlerine yol açabileceği öngörülmektedir (McDonald ve ark., 1999). Gıda örneklerindeki radyonüklit konsantrasyonlarının ölçülmesi, gıdalardan alınan gama radyasyon dozunun değerlendirilebilmesi açısından önemlidir. Bu şekilde elde edilecek olan gama radyasyonu doz değerleri kullanılarak, bu gıda maddelerini tüketen kişilerin yaşam boyu kanser olma riski hesaplanabilmektedir (Keser ve ark., 2011; Changizi ve ark., 2010; Turhan ve ark., 2010; Kant ve ark., 2015; Al-Absi ve ark., 2015). Yapılan çalışmalarda yetiştirme koşulları, sebze ve meyvelerin paketlenmesi, işlenmesi, saklama şekilleri ve taze ya da kurutulmuş, konserve, püre, turşu veya dondurulmuş olarak tüketim şekillerinin sebze ve meyvelerdeki besin değerini etkilediği bildirilmektedir (Akan ve Halloran, 2012; Nizamlioğlu ve Nas, 2010; Saldamlı, 2007; Cantwell ve Suslow, 2002; Lutts ve ark., 1996). Ayrıca, sebze ve meyve örneklerinin radyonüklit içeriklerinin belirlenmesine yönelik çalışmalarda Türkiye’de yetiştirilen sebze ve meyvelerde, paketlenmiş gıdalarda, ^{238}U , ^{232}Th , ^{137}Cs ve ^{40}K ’nın bitki doku ve organlarında değişen oranlarda bulunduğu kanıtlanmıştır. Nitekim, Korkmaz Görür ve ark. (2011) ile Sussa ve ark. (2013) zararlı ot ve süs bitkilerinde değişik konsantrasyonlarda bu radyonüklitleri belirlemişlerdir. Kant ve ark. (2015) Hindistan’da yetiştirilen ve ticari olarak marketlerde

satılan farklı tipteki sebze örneklerinde ^{238}U , ^{232}Th ve ^{40}K radyonüklitlerinin aktivite konsantrasyonlarını belirlemişler ve bu ürünleri tüketen kişilerde çeşitli radyolojik tehlike parametrelerini hesaplamışlardır. Changizi ve ark. (2010) yaptıkları çalışmalarında Tahran (Iran)’da yetiştirilen pırasa ve maydanoz örneklerinde, HpGe dedektörü kullanılarak ^{226}Ra , ^{228}Ra , ^{40}K ve ^{137}Cs radyonüklitlerinin aktivite konsantrasyonlarını belirlemişler ve insanların bu radyonüklitlerden aldıkları yıllık etkin doz değerlerini hesaplamışlardır. Zhuang ve ark. (2009) Çin’de maden bölgesi yakınlarında yetiştirilen gıda örneklerindeki ağır metalleri (Cu, Zn, Pb ve Cd) incelemişler ve bunları tüketen insanlarda oluşabilecek olası sağlık risklerini değerlendirmişlerdir. Yine Khan ve ark. (2008) Çin’in Beijing bölgesinde yaptıkları çalışmalarında atık suların kirlettiği topraklarda yetiştirilen sebze örneklerindeki ağır metal konsantrasyonlarını incelemişler ve bu kirlilikten kaynaklanabilecek olası sağlık risklerini değerlendirmişlerdir.

Sarımsak (*Allium sativum* L.), kültür sebzeleri arasında kültüre alınan en eski bitkilerden birisidir. Uzun yıllar yiyeceklere lezzet ve tat vermek için taze ya da kuru olarak tüketildiği gibi ilaç olarak da kullanılmıştır. Sarımsak üretiminde ülkemiz söz sahibi ülkeler arasında olup, dünya sarımsak üretimi içerisinde yaklaşık %4’lük pay ile yedinci sırada yer almaktadır. Ülkemizde yaklaşık %14’lük üretim payı ile yetiştiricilik açısından en önemli sayılabilecek il Kastamonu’dur. Kastamonu’da üretilen sarımsağın tamamına yakını (%85-90’ı) ise 1850 ha’lık ekim alanı ile Taşköprü yöresinde gerçekleştirilmektedir. Taşköprü (Kastamonu) yöresinde yetiştirilen sarımsağın selenyum içeriğinin yüksek olması (15 $\mu\text{g kg}^{-1}$) (Artık ve Poyrazoğlu, 1994) bu sarımsağın özellikle tercih edilmesine ve piyasalarda aranmasına neden olmaktadır. Bu bakımdan sarımsağın morfolojik, anatomik ve kimyasal özelliklerinin ve bunlar üzerinde etkili olan çevresel faktörlerin çalışılması yanında, sarımsağın kalitesi üzerine sarımsağın farklı saklama koşullarının etkileri konusunda da çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, farklı saklama koşullarındaki Taşköprü sarımsağının element ve radyonüklit içeriklerinin belirlenmesidir. Ayrıca çalışmada bu sarımsakları tüketen kişiler açısından oluşabilecek sağlık risklerinin değerlendirilmesi amacıyla yıllık etkin doz eşdeğerleri ve yaşam boyu kanser olma riskleri hesaplanmıştır. Şu ana kadar Türkiye’de Taşköprü sarımsağı kullanılarak yapılmış bu tarz bir araştırma bulunmamaktadır. Bu anlamda bu çalışma literatüre veri alt yapısı oluşturması anlamında da katkı sağlayacaktır.

Materyal ve Metot

Örnek Toplama ve Hazırlama

Analizlerde kullanılan sarımsaklar, 11.03.2014 yılında Taşköprü sarımsak üreticilerinden temin edilmiştir. Saf zeytinyağında bekletilme, sirkede (%2 NaCl) bekletilme ve dondurucuda bekletilme (-18°C) olmak üzere 3 farklı saklama koşulunda 10 ay muhafaza edilmişlerdir. Çalışmada işlem görmemiş sarımsak örnekleri kontrol grubu olarak ele alınmıştır.

Radyometrik Analizler

Örneklerin gama spektrometrik analizleri Kastamonu Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı bünyesinde bulunan ORTEC marka FoodGuard model 3x3 NaI(Tl) dedektörü kullanılarak yapılmıştır. Bu amaçla ölçüm işlemine geçmeden önce örnekler kurutulmuştur. Daha sonra, numunelerin eleme işlemleri yapılmıştır. Kurutulan ve elenen örnekler ölçümün yapılacağı dedektörün geometrisine uygun biçimde hazırlanan, çapı 8 cm ve yüksekliği 8 cm olan plastik kutuların içine konulmuş ve kutuların ağızları sıkıca kapatılarak 1 ay süreyle bekletilmiştir. Böylece, ²³⁸U ve ²³²Th ürünleri arasındaki radyoaktif dengenin oluşması sağlanmış ve numuneler sayıma hazır hale getirilmiştir. Örneklerin analizlerine başlanmadan önce dedektörün kalibrasyonu yapılmıştır.

Bilgisayar hafızasında toplanan spektrumların analiz edilebilmeleri için, hangi kanalın hangi enerjiye karşılık geldiğinin bilinmesi gerekir. Böylece numunede bulunan radyoaktif çekirdek türleri bulunabilir. Enerji kalibrasyonunun yapılabilmesi için önceden enerjileri bilinen çekirdeklerden oluşmuş standart bir kaynağa veya kaynaklara ihtiyaç duyulmaktadır. Kalibrasyon için enerjileri 80–1400 keV arasında değişen ¹⁰⁹Cd, ⁵⁷Co, ¹³³Ba, ²²Na, ¹³⁷Cs, ⁵⁴Mn, ve ⁶⁰Co'nun piklerini içeren standart nokta kaynaklar kullanılmıştır. Kalibrasyon tamamlandıktan sonra her bir örnek gama spektrometre cihazında 50000 sn'lik sürelerle sayılmıştır.

Ölçümler sonucu elde edilen radyonüklitlerin aktivitelerini hesaplamak için dedektör verimini de hesaba katarak,

$$Aktivite = \frac{Net\ Alan}{SS \times NM \times B \times V} \quad (1)$$

SS : Sayım süresi,
NM : Numune miktarı,
B : Bolluk,
V : Verim,

formülünden yararlanılmıştır. Piklerin altındaki net alanlar, toplam alandan background çıkarılarak elde edilmiştir. Örneklerde bulunan ²³⁸U ve ²³²Th'ye ait radyoaktivite konsantrasyonları, bu radyonüklitlerin bozunum ürünleri olan doğal radyonüklitlerin gama piklerinden hareketle tayin edilebilmiştir. ²³⁸U, ²³²Th ve ⁴⁰K aktivite konsantrasyonları belirlendikten sonra tabiatı doğal olarak bulunmayan ancak bir fisyon ürünü olan ve uzun yıllardan beri yapılan nükleer denemeler ve nükleer kazalar sonucunda atmosfere atılan radyonüklitlerden biri olan ¹³⁷Cs izotopunun, örneklerindeki aktivite konsantrasyonu da belirlenmiştir.

Yıllık Etkin Doz Eşdeğeri ve Yaşam Boyu Kanser Olma Riski Hesaplamaları

Radyonüklitlerin bitkiler tarafından topraktan alınması aslında bitkinin türü, toprağın yapısı, topraktaki radyonüklitlerin konsantrasyonu vb. gibi birçok faktöre bağlı olan son derece karmaşık bir olaydır. Örneğin ICRP (1999) raporlarında, toprağa fosfat ihtiva eden gübre uygulamalarının, bu toprakta yetişen bitkilerde radyum radyonüklit konsantrasyonunda artışa neden olduğu

bildirilmektedir. Bu sebeple toprakta yetişen ve insanlar tarafından tüketilen gıdalardan yıllık olarak ne kadar doz alındığının bilinmesi önem arz etmektedir. Yıllık etkin doz eşdeğerini hesaplamak için, tüketilen sebzenin her kg'ındaki ortalama radyonüklit konsantrasyonunun (Bq), yıllık ortalama tüketim miktarı ve doz dönüşüm katsayısının kullanıldığı bir denklem kullanılmaktadır (Abbady, 2006).

$$AEDE = AK \times YT \times DDF \quad (2)$$

AEDE : Yıllık Etkin Doz (Sv/yıl)
AK : Aktivite Konsantrasyonu (Bq/kg)
YT : Yıllık Tüketim (kg/yıl)
DDF : Doz Dönüşüm Faktörü (Sv/yıl)

Yine bu çalışmada sarımsağın yetiştirildiği toprak örneğinin içindeki radyonüklit konsantrasyonları tespit edilmiştir ve bu aktivite konsantrasyonları kullanılarak yıllık etkin doz eşdeğeri (AEDE (µSv/y)),

$$AEDE = D \times 8760 (h/y) \times 0,2 \times 0,7 (Sv/Gy) \times 10^{-3} \quad (3)$$

formülü kullanılarak hesaplanmıştır (UNSCEAR, 2000). Burada D (nGy/h), havadan absorbe edilen doz değeridir ve ²³⁸U, ²³²Th, ⁴⁰K ve ¹³⁷Cs'nin spesifik aktiviteleri kullanılarak hesaplanmaktadır. Diğer katsayılar ise doz dönüşüm değerleridir.

Yaşam boyu kanser olma riski (ELCR) ise, aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$ELCR = AEDE \times DL \times RF \quad (4)$$

Burada DL yaşam süresi (70 y) ve RF kanser risk faktörüdür (Sv⁻¹). Halk üzerindeki stokastik etkiler için bu faktör, 0,057 olarak belirlenmiştir (ICRP, 2007).

Element Analizi

Sarımsak ve toprak örneğine ait element analizleri Kastamonu Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarında bulunan SPECTRO marka XEPOS model, EDXRF (Ametek) cihazı yardımıyla ppm cinsinden belirlenmiştir.

Günlük Ağır Metal Alımının Hesaplanması

Bitkilerin bünyesinde bulunan ağır metallerin, bu bitkileri tüketen kişiler tarafından günlük ne kadar alındığının hesaplanması, hem metal konsantrasyonunun değerine hem de tüketilen gıdanın miktarına bağlıdır (Zhuang ve ark., 2009). Yetişkin bir birey için gıdalardan günlük olarak alınan metal konsantrasyonu aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$TGA = \frac{AMK \times GTM}{VA} \quad (5)$$

TGA : Tahmini günlük alım (µg/kg.gün)
AMK : Ağır metal konsantrasyonu,
GTM : Günlük tüketim miktarı,
VA : Vücut ağırlığı

Bulgular ve Tartışma

Diş morfolojisine göre büyük ve küçük dişli sarımsak örnekleri ile farklı saklama koşullarındaki Taşköprü sarımsak örneklerinde ve ayrıca sarımsağın yetiştirildiği toprakta bulunan doğal radyonüklitler ^{238}U , ^{232}Th ve ^{40}K ile yapay radyonüklit ^{137}Cs aktivite konsantrasyonları, bu gıdaları tüketen insanların alacağı yıllık etkin doz değeri ve yaşam boyu kanser olabilme riskleri Tablo 1'de verilmiştir.

Kontrol grubu ile kıyaslandığında en yüksek ^{238}U ve ^{232}Th aktivite konsantrasyonları dondurucuda bekletilen sarımsak örneklerinde, en yüksek ^{137}Cs ve ^{40}K aktivite konsantrasyonları ise sirkede bekletilen sarımsak örneklerinde belirlenmiştir. Genel anlamda saklanma koşullarının dondurucuda bekletilen örnekler haricinde ^{238}U ve ^{232}Th konsantrasyonları açısından önemli bir değişikliğe neden olmadığı belirlenmiştir (Tablo 1). ^{137}Cs konsantrasyonunun sirkede bekletilen örneklerde kontrol grubuna oranla yaklaşık 3 kat, ^{40}K 'nın ise 1,9 kat arttığı belirlenmiştir. İçteki küçük dişler için hem doğal (^{40}K hariç) hem de yapay radyonüklit konsantrasyonlarının diğer örneklerle göre daha düşük düzeyde olduğu tespit edilmiştir. ^{40}K insan vücudu için gerekli bir element olmasının yanı sıra tüm örneklerde en yüksek aktivite katkısının ^{40}K 'dan ileri geldiği saptanmıştır. ^{137}Cs yapay bir radyonüklit olup ^{238}U , ^{232}Th ve bunların bozunma ürünleri ile ^{40}K radyonükliti gibi dünyanın oluşumundan bu yana tabiatta var olan doğal bir radyonüklit değildir. ^{137}Cs 'nin tabiatta bulunma sebebi yıllardır sürdürülmekte olan nükleer silah denemeleri ve başta Çernobil olmak üzere nükleer santral kazalarıdır. Uluslararası radyasyondan korunma komisyonu (ICRP), ^{137}Cs 'nin gıda maddeleri için izin verilen sınır değeri, 1000 Bq/kg olarak bildirmiştir (ICRP, 2004). Sarımsak örnekleri için elde edilen ^{137}Cs aktivite konsantrasyonları sınır değer ile kıyaslandığında, halk sağlığını tehdit edecek miktarda olmadığı saptanmıştır. (Tablo 1). Sarımsağın yetiştirildiği toprakların doğal radyonüklit içeriklerinin (^{238}U , ^{232}Th ve ^{40}K), yine bu radyonüklitlerin dünya ortalama değerleri olan 35, 30, 400 Bq/kg değerlerinin altında olduğu tespit edilmiştir.

Sarımsak örnekleri için elde edilen aktivite konsantrasyonları kullanılarak hesaplanan yıllık etkin doz eşdeğerleri 8,32 $\mu\text{Sv/y}$ ile 23,85 $\mu\text{Sv/y}$ arasında değişim göstermiştir ve bu doz değerine en büyük katkının ^{40}K radyonüklitinden ileri geldiği belirlenmiştir (Tablo 1). Bu

değerlerin, dünyada gıda yoluyla vücuda alınabilecek yıllık kişi başı toplam dozun sınır değeri olarak belirlenen 0,29 mSv/y ile kıyaslandığında oldukça düşük düzeyde olduğu görülmektedir (UNSCEAR, 2000). Ayrıca bu çalışmanın yapıldığı sarımsak örneklerini tüketen kişilerde, bu sarımsakların bünyesinde bulunan radyonüklitler dolayısıyla oluşabilecek yaşam boyu kanser olma riski değerleri de Tablo 1'de verilmiştir. Bu değerler %'lik bazda $0,033 \cdot 10^{-3}$ ile $0,095 \cdot 10^{-3}$ arasında değişim göstermiştir. Ayrıca hesaplamalarda insan ömrünün ortalama 70 yıl olarak düşünüldüğü göz önüne alınırsa, Taşköprü sarımsağını tüketen kişilerin, sarımsakta bulunan radyonüklitler sebebiyle, ömürleri boyunca kanser olabilme riskinin bulunmadığı da söylenebilir. Bu çalışmada topraktaki radyonüklitler dolayısıyla insanların aldıkları yıllık etkin doz değeri 75,81 $\mu\text{Sv/y}$ olarak hesaplanmıştır. Bu değer izin verilen sınır değer olan 1 mSv/y değerinin oldukça altındadır (ICRP, 1990).

Farklı saklama koşullarındaki ve diş boyutlarına bağlı olarak Taşköprü sarımsak örneklerindeki element miktarları Tablo 2ab'de verilmiştir. Ağır metaller çevre kirleticilerin en yaygın olanlarından biridir. Doğada doğal olarak bulunurlar fakat toksik düzeyde değildir. Ancak insan kaynaklı sebepler (madencilik, piller, fosil yakıtlar, tarımda kullanılan gübre ve böcek ilaçları vb.) çevrede aşırı miktarda birikime ve böylece ağır metal kirlenmesine sebep olabilmektedir. Bazı ağır metaller normal ve sağlıklı bir vücut büyümesi ve canlı organizmaların işlevleri için yararlı ve gerekli (Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Zn vb.) iken arsenik (As), kadmiyum (Cd), krom (Cr), kurşun (Pb) ve civa (Hg) gibi bazı ağır metaller biyolojik toksisiteye neden olabilmektedir (Papafilippaki ve ark., 2008; Asaolu ve ark., 1997).

Verilere göre sarımsak örneklerinin element içerikleri, saklanma koşullarına bağlı olarak önemli derecede farklılıklar göstermiştir. Sarımsak örneklerine ilişkin element miktar değişimleri en yüksek P, Ni ve Sn kontrol grubu sarımsak örneklerinde; en yüksek Na, Mg, Cl, Cu, Al, Si, Fe ve Br %2 NaCl içeren sirkede bekletilen sarımsak örneklerinde; en yüksek Zn, Sb ve Te zeytinyağında bekletilen örneklerde belirlenmiştir. En yüksek Mn, K, P, S ve Cr sarımsağın dışındaki büyük dişlerinde ve en yüksek Ca, Si, Zn, Rb, Ti, Ta ve Sr ise sarımsağın iç kısmındaki küçük dişlerinde saptanmıştır (Tablo 2ab).

Tablo 1 Taşköprü sarımsağında ve yetiştirildiği toprakta radyonüklit aktivite konsantrasyonları.

Sarımsak örnekleri	^{238}U	^{232}Th	^{137}Cs	^{40}K	AEDE	ELCR ($\times 10^{-3}$)
	Bq kg ⁻¹	Bq kg ⁻¹	Bq kg ⁻¹	Bq kg ⁻¹	($\mu\text{Sv/y}$)	%
İşlem görmemiş (Kontrol Grubu)	22,0 \pm 5,6	24,3 \pm 4,2	24,3 \pm 3,8	466,0 \pm 46,0	8,32	0,033
Saf Zeytinyağında Bekletilen	22,7 \pm 8,4	28,2 \pm 3,5	24,8 \pm 3,2	510,8 \pm 41,7	9,35	0,037
Sirke (%2 NaCl)'de Bekletilen	25,8 \pm 6,9	27,7 \pm 9,8	75,7 \pm 12,0	898,7 \pm 47,8	11,97	0,048
Dondurucuda bekletilen (-18 °C)	97,5 \pm 10,9	87,2 \pm 8,4	56,9 \pm 7,6	464,4 \pm 24,2	23,85	0,095
Dıştan büyük dişler	24,0 \pm 5,5	28,7 \pm 6,3	28,0 \pm 5,2	642,3 \pm 70,0	10,22	0,041
İçten küçük dişler	20,5 \pm 3,9	17,4 \pm 3,2	13,8 \pm 2,1	690,2 \pm 31,0	7,98	0,032
Sarımsak Toprağı	26,11 \pm 7,2	29,36 \pm 7,5	28,75 \pm 6,9	747,23 \pm 45,19	75,81	3,02

Tablo 2a Sarımsak örneklerinin element içerikleri (mg/kg)

Elementler	Element içerikleri						
	KS	ZBS	SBS	E18	DBD	İKD	SYT
Na	5630	5620	81280	2840	5290	15440	27750
Mg	863	20	3219	20	1027	525	17580
Mn	18,5	17,3	20,5	9,8	25,8	24,4	709,2
Ca	520,6	879,4	1543	264,8	1099	2313	37880
K	20810	20010	17370	8711	24990	18040	9681
P	6048	3392	5970	2375	7473	4286	1228
S	15290	5309	12850	7622	16140	9697	712,1
Cl	1025	2075	63850	307,2	649,8	543,2	9,2
Se	0,8	0,2	0	0,2	0,2	0	0
Cu	11,8	11,8	14,7	8,8	10,5	11,5	37
Si	20,2	84,9	547	171,9	237,6	731	180200
Al	178,7	5,2	1625	20	220,8	235,3	67490
Fe	129,5	41,3	213,5	35,4	74,2	131,8	38490
Ni	10,6	5,9	9,7	1,5	5,6	4,5	74,8
Zn	39,8	45,2	40,9	29,6	41	43,1	80,7
Rb	2,8	3,1	3,3	2,5	3,2	3,7	50,9
Br	2,6	1,9	6,4	1,9	2,5	3,4	3,4
Cr	2,1	0,8	2,5	0,3	2,9	1,5	81,5
As	0,4	0,5	0,3	0,2	0,5	0,5	7,9
Sn	6,6	4,9	3,6	3,2	3,5	5,6	1
Sb	3,5	5,2	1,1	2,9	3,6	0,8	0
Ti	4,5	2,5	5,1	2,7	6,5	9,9	2889
Te	8,9	12,5	6,2	11,7	9	7,8	18,4
Ta	21,3	24	20,1	20,5	23,6	25,6	26,9
Sr	6,8	3,7	9	6,1	6,4	8,8	118
Y	0,5	0	0	0,2	1,4	1,4	19,6

KS: Kontrol Sarımsak, ZBS: Zeytinyağında bekletilen Sarımsak, SBS: Sirkede bekletilen Sarımsak, E18: -18°C'de bekletilen Sarımsak, DBD: Dıştan Büyük Dişler, İKD: İçten Küçük Dişler, SYT: Sarımsağın yetiştiği toprak

Tablo 2b Metallerin günlük vücuda alım miktarları (µg/kg.gün)

Elementler	Elementlerin günlük alım miktarları						
	KS	ZBS	SBS	E18	DBD	İKD	
Na	189,81	189,47	2470,3	95,75	178,35	520,55	
Mg	29,10	0,67	108,53	0,67	34,62	17,70	
Mn	0,62	0,58	0,69	0,33	0,87	0,82	
Ca	17,55	29,65	52,02	8,93	37,05	77,98	
K	701,59	674,62	585,62	293,69	842,52	608,21	
P	203,90	114,36	201,27	80,07	251,95	144,50	
S	515,49	178,99	433,23	256,97	544,15	326,93	
Cl	34,56	69,96	2152,66	10,36	21,91	18,31	
Se	0,03	0,01	0	0,01	0,01	0	
Cu	0,40	0,40	0,5	0,30	0,35	0,39	
Si	6,75	2,86	18,44	5,80	8,01	24,65	
Al	6,02	0,18	54,79	0,67	7,44	7,93	
Fe	4,37	1,39	7,20	1,19	2,50	4,44	
Ni	0,36	0,20	0,33	0,05	0,19	0,15	
Zn	1,34	1,52	1,38	1,00	1,38	1,45	
Rb	0,09	0,10	0,11	0,08	0,11	0,12	
Br	0,09	0,06	0,22	0,06	0,08	0,11	
Cr	0,07	0,03	0,08	0,01	0,10	0,05	
As	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	
Sn	0,22	0,17	0,12	0,11	0,12	0,19	
Sb	0,12	0,18	0,04	0,10	0,12	0,03	
Ti	0,15	0,08	0,17	0,09	0,22	0,33	
Te	0,30	0,42	0,21	0,39	0,30	0,26	
Ta	0,72	0,81	0,68	0,69	0,80	0,86	
Sr	0,23	0,12	0,30	0,21	0,22	0,30	
Y	0,02	0	0	0,01	0,05	0,05	

KS: Kontrol Sarımsak, ZBS: Zeytinyağında bekletilen Sarımsak, SBS: Sirkede bekletilen Sarımsak, E18: -18°C'de bekletilen Sarımsak, DBD: Dıştan Büyük Dişler, İKD: İçten Küçük Dişler

Tüm sarımsak örnekleri göz önünde bulundurulduğunda en yüksek element değerleri sarımsağın dıştaki büyük dişlerinde ve sirkede bekleyen sarımsak örneklerinde, en düşük element değerleri ise -18°C’te, zeytinyağında bekletilen ve kontrol sarımsak örneklerinde belirlenmiştir (Tablo 2ab). Sarımsak örneklerinin yetiştirildiği toprakta Na, Ca, Mg, Mn, Cu, Si, Al, Fe, Ni, Zn, Rb, Cr, As, Y, Sr, ve Ti miktarları kontrol grubu ve farklı ortamlarda saklanan sarımsak örneklerine göre oldukça yüksek değerdedir. Buna karşın K, P, S, Cl, Sn ve Sb değerleri ise sarımsak örneklerinden çok daha düşük değerdedir. Sarımsak örneklerinin yetiştirildiği toprak örneğinde selenyum ise saptanmamıştır (Tablo 2ab).

Bu çalışmada ayrıca sarımsak örneklerini tüketen kişilerin günlük alacağı element miktarları hesaplanmış ve sonuçlar Tablo 2ab’de verilmiştir. Sağlıklı vücut gelişimi için gerekli olan metallerde Fe’nin, 7,20 µg/kg.gün olan en yüksek değerine, sirkede bekletilen sarımsak örneğinde rastlanılmıştır. Mn ve Cu için en yüksek değerler sırasıyla 0,87 ve 0,5 µg/kg.gün’dür ve bu değerler sırasıyla sarımsağın dıştaki büyük dişlerinden ve sirkede bekletilen sarımsak örneklerinden elde edilmiştir. Zn için ise en yüksek değer (1,52 µg/kg.gün) zeytinyağında bekletilen örneklerde tespit edilmiştir. Toksik etkiye sahip ağır metallere As ve Cr için günlük alım miktarlarının 0,01-0,02 ve 0,01-0,10 µg/kg.gün değerleri arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir.

Sonuç

Bütün haldeki meyve ve sebzelerin doku ve hücrelerinde solunum, metabolik, enzimatik ve mikrobiyal faaliyetler, terleme ve sıcaklık etkisiyle normal çevrelerinde bile farklılıklar gösterebilmektedir. Hasat, hazırlama, saklama ve taşıma şekilleri sebze ve meyvelerde pek çok değişime neden olmaktadır. Bu değişimlerin birçoğu bu bitkilerin besin elementleri, antioksidan seviyeleri, ağır metal ve radyonüklit gibi toksik maddelerin üzerinde etkili olabilmektedir.

İnsan sağlığının korunması açısından, tüketilen gıdalar içindeki radyonüklit konsantrasyonlarının ve metal içeriklerinin bilinmesi üzerine çalışmalar yapılması oldukça önemlidir. Bu amaçla farklı saklama koşullarındaki Taşköprü sarımsağının içerdiği radyoaktivite ve element miktarları belirlenmiş ve elde edilen sonuçlar uluslararası kuruluşların sınır değerleri ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada Taşköprü sarımsağının farklı saklama koşullarında muhafaza edilmesinin içerdiği radyonüklit konsantrasyonları ve element içerikleri bakımından insan sağlığı açısından herhangi bir tehdit oluşturmadığı saptanmıştır.

Kaynaklar

Abbady A. 2006. Level of natural radionuclides in foodstuffs and resultant annual ingestion radiation dose. Nuclear Science and Techniques, 17: 297-300.

Akan S, Halloran N. 2012. Hasat öncesi ve hasat sonrası uygulamaların sarımsakta depo ömrü ve kaliteye etkisi. Gıda, 37(4): 227-234.

Al-Absi E, Al-Abdullah T, Shehadeh H, Al-Jundi J. 2015. ²²⁶Ra, ²²⁸Ra, and ⁴⁰K activity concentration in some vegetables consumed in Jordan, and resultant annual ingestion effective dose. Radiation Protection and Environment, 38: 1-2.

Artık N, Poyrazoğlu ES. 1994. Kastamonu sarımsağının (*Allium sativum* L.) kimyasal bileşiminin belirlenmesi üzerine araştırma. Gıda, 19(1): 3-9.

Asaolu SS, Ipinmoroti KO, Adeyinowo CE, Olaofe O. 1997. Interrelationship of heavy metals concentration in water, sediment as fish samples from Ondo State coastal Area, Nig. African Journal of Science, 1: 55-61.

Bakkal S. 2012. Kilis İli Toprak Örneklerinde ²³⁸U, ²³²Th, ⁴⁰K ve ¹³⁷Cs Radyoaktivite Konsantrasyonlarının Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Berges L, Chevalier R, Dumas Y, Franc A, Gilbert JM. 2005. Sessile oak (*Quercus petraea* Liebl.) site index variations in relation to climate, topography and soil in even-aged high-forest stands in northern France. Annals of Forest Science, 62(5): 391-402.

Canbazoğlu C, Doğru M. 2013. A preliminary study on ²²⁶Ra, ²³²Th, ⁴⁰K and ¹³⁷Cs activity concentrations in vegetables and fruits frequently consumed by inhabitants of Elazığ Region, Turkey. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 295: 1245-1249.

Cantwell M, Suslow TV. 2002. Postharvest handling systems: fresh-cut fruits and vegetables. In: Kader, A.A. (Ed.), Postharvest Technology of Horticultural Crops (Publication 3311), University of California, pp. 445-463.

Carini F. 1999. Radionuclides in plants bearing fruit: an overview. Journal of Environmental Radioactivity, 46(1): 77-97.

Changizi V, Jafarpoor Z, Naseri M. 2010. Measurement of ²²⁶Ra, ²²⁸Ra, ¹³⁷Cs and ⁴⁰K in edible parts of two types of leafy vegetables cultivated in Tehran province-Iran and resultant annual ingestion radiation dose. Iranian Journal of Radiation Research, 8(2): 103-110.

Çakmak I, Graham R, Welch RM. 2002. Agricultural and molecular genetic approaches to improving nutrition and preventing Micronutrient malnutrition globally. In Encyclopedia of Life Support Systems (section eds I. Cakmak & R.M. Welch), UNESCO-EOLSS Publishers Co. Ltd.,UK, pp. 1075-1099.

Desideri D, Meli MA, Roselli C. 2010. Natural and artificial radioactivity determination of some medicinal plants. Journal of Environmental Radioactivity, 101: 751-756.

ICRP (International Commission on Radiological Protection). 1990. Radiation Protection, Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Pergamon Press, Oxford.

ICRP (International Commission on Radiological Protection). 1999. Protection of the public in situations of prolonged radiation exposure. ICRP Publication 82, Oxford: Pergamon Press.

ICRP (International Commission of Radiation Protection). 2004. Protecting people against radiation exposure in the aftermath of a radiological attack. Final TG draft. ICRP, Ottawa.

ICRP (International Commission on Radiological Protection). 2007. Annals of the ICRP, The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103, Ann. ICRP 37, 2-4.

Kant K, Gupta R, Kumari R, Gupta N, Garg M. 2015. Natural radioactivity in Indian vegetation samples. International Journal of Radiation Research, 13(2): 143-150.

Keser R, Korkmaz Görür F, Akçay N, Okumuşoğlu NT. 2011. Radionuclide concentration in tea, cabbage, orange, kiwi and soil and lifetime cancer risk due to gamma radioactivity in Rize, Turkey. Journal of the Science of Food and Agriculture, 91: 987-991.

Khan S, Cao Q, Zheng YM, Huang YZ, Zhu YG. 2008. Health risks of heavy metals in contaminated soils and food crops irrigated with wastewater in Beijing, China. Environmental Pollution, 152: 686-692.

- Korkmaz Görür F, Keser R, Akçay N, Dizman S, Okumuşoğlu NT. 2011. Radionuclides and heavy metals concentrations in Turkish market tea. *Food Control*, 22: 2065-2070.
- Lutts S, Kinet JM, Bouharmont J. 1996. Effects of salt stress on growth, mineral nutrition and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. *Plant Growth Regulation*, 19: 207-218.
- Marschner H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Academic press. ISBN 0-12-473542-8.
- McDonald P, Jackson D, Leonard DRP, McKay K. 1999. An assessment of ²¹⁰Pb and ²¹⁰Po terrestrial foodstuffs from regions of potential technological enhancement in England and Wales. *Journal of Environmental Radioactivity*, 43: 15-29.
- Mutlu E, Aydın Uncumusaoğlu A. 2016. Physicochemical analysis of water quality of Brook Kuruçay. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 4(11): 991-998.
- Nizamlioğlu NM, Nas S. 2010. Meyve ve sebzelerde bulunan fenolik bileşikler; yapıları ve önemleri. *Electronic Journal of Food Technologies*, 5(1): 20-35.
- Papafilippaki AK, Kotti ME, Stavroulakis GG. 2008. Seasonal Variations in Dissolved Heavy Metals in The Keritis River, Chania, Greece. *Global NEST Journal*, 10(3): 320-325.
- Rowell DL. 1994. Soil science: methods and applications. Longman Scientific and Technical, Singapore.
- Saldamlı, I. 2007. Gıda Kimyası. Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara, s: 119-123.
- Sarıyıldız T, Anderson JM. 2005. Variation in the chemical composition of green leaves and leaf litters from three deciduous tree species growing on different soil types. *Forest Ecology and Management*, 210(1-3): 303-319.
- Sussa FV, Damatto SR, Alencar MM, Mazilli BP, Silva PSC. 2013. Natural radioactivity determination in samples of *Peperomia pellucida* commonly used as a medicinal herb. *Elsevier Journal of Environmental Radioactivity*, 116: 148-151.
- Turhan Ş, Zararsız A, Karabacak H. 2010. Determination of Element Levels in Selected Wild Mushroom Species in Turkey Using Non-Destructive Analytical Techniques. *International Journal of Food Properties*, 13: 723-731.
- UNSCEAR (United Nation Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation). 2000. Sources and effects of ionizing radiation. In: UNSCEAR 2000 Report, Annex B: Exposures from Natural Radiation Sources. United Nations, New York.
- Viet HD, Kwak JH, Lee KS, Lim SS, Matsushima M, Chang SX, Lee KH, Choi WJ. 2013. Foliar chemistry and tree ring d13C of *Pinus densiflora* in relation to tree growth along a soil pH gradient. *Plant Soil*, 363: 101-112.
- Zhuang P, McBride MB, Xia H, Li N, Li Z. 2009. Health risk from heavy metals via consumption of food crops in the vicinity of Dabaoshan mine, South China. *Science of Total Environment*, 407: 1551-1561.