

Malatya’da Yetişen Kayıslardaki Doğal Radyasyon Miktarının Tayini

Mehmet KOŞAL ^{1*}, Yunus BABUR ¹, Adem ŞA ¹
¹ Harran Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, Şanlıurfa
 *Sorumlu yazar (Corresponding author): kosal@harran.edu.tr

Geliş Tarihi (Received): 20.08.2024**Kabul Tarihi (Accepted):** 05.10.2024**Özet**

Bu çalışmanın amacı Malatya il sınırlarında altı farklı ilçeden alınan kuru kayısı örneklerinin radyoaktivite konsantrasyonları belirlemektir. NaI sintilasyon detektörü yardımıyla elde edilen gama spektrumlarında ⁴⁰K radyoizotopunun ve ²³⁸U (²²⁶Ra) ve ²³²Th doğal serilerinin içerisindeki radyoizotoplardan kaynaklı pikler belirlendi. Bu piklere karşılık gelen aktivite konsantrasyonları ⁴⁰K için 493±23 ile 629±30 Bq kg⁻¹ arasında, ²³⁸U için 4.3±0.6 ile 18.5±2.2 Bq kg⁻¹ arasında ve ²³²Th için 0.6±0.1 ile 4.3±0.3 Bq kg⁻¹ arasında tespit edildi. Ortalama değerler ⁴⁰K için 570±27 Bq kg⁻¹, ²³⁸U için 10.4±1.2 Bq kg⁻¹ ve ²³²Th için 2.6±0.2 Bq kg⁻¹ değerleri bulundu. Bu ölçülen değerler potasyum-40 radyoizotopu 400 Bq kg⁻¹ değerinden yüksek olmakla birlikte kabul edilen değerler arasındadır. İnsan sağlığı bakımından risk teşkil etmemektedir. Kayısı ağaçlarının potasyum içerikli yapay gübrelerle mineral takviyesi yapılması buna neden olduğu değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Malatya, kayısı, doğal radyoaktivite, gama spektrumu, eşdeğer doz**Determination of Natural Radiation Amount in Apricots Growing Up in Malatya****Abstract**

The aim of this study is to determine the radioactivity concentrations of dried apricot samples collected from six different districts within the borders of Malatya province. Peaks originating from the radionuclides of ⁴⁰K and the natural series of ²³⁸U (²²⁶Ra) and ²³²Th were identified in the gamma spectra obtained using a NaI scintillation detector. The activity concentrations corresponding to these peaks were found to range between 493±23 and 629±30 Bq kg⁻¹ for ⁴⁰K, 4.3±0.6 and 18.5±2.2 Bq kg⁻¹ for ²³⁸U, and 0.6±0.1 and 4.3±0.3 Bq kg⁻¹ for ²³²Th. The average values were calculated as 570±27 Bq kg⁻¹ for ⁴⁰K, 10.4±1.2 Bq kg⁻¹ for ²³⁸U, and 2.6±0.2 Bq kg⁻¹ for ²³²Th. While the measured values for the ⁴⁰K radionuclide exceed 400 Bq kg⁻¹, they are within acceptable limits. It does not pose a risk to human health. It is evaluated that the use of potassium-containing artificial fertilizers to supplement the mineral content of apricot trees is the cause of this.

Keywords: Malatya, apricot, natural radioactivity, gamma spectrum, equivalent dose

1. Giriş

Karasal radyoizotoplar doğal radyoaktifliğin esasını teşkil eder. Karasal radyoizotoplar, ^{238}U , ^{232}Th gibi doğal serilerden ve de yüz milyon yıldan fazla bir yarı ömre sahip ^{40}K gibi seri olmayan bir izotoptur. Radyoaktif serilerin yarı ömürleri milyarlarca yıldır (Aitken, 1985). Bu radyonüklidler tüm çevresel elementlerde bulunurlar. Havada, suda, sebzelerde, hayvanlarda, toprakta, kayalarda ve insan vücudunda bile değişen miktarlarda bulunurlar. Radyonüklitlerden yayılan alfa ve beta parçacıkları emilim veya soluma yoluyla vücuda alınabilir. ^{238}U zincirine ait 1620 yıl yarı ömrüne sahip ^{226}Ra , doğal radyasyon ortamındaki ana kirleticilerden biridir ve farklı ekosistemlerde yaygın olarak bulunmaktadır. Bu elementin çözünürlüğünün uranyumdan daha yüksek olması, bu elementin yer altı suları tarafından yıkanarak yüzeye çıkmasına neden olmaktadır. Kimyasal olarak kalsiyuma benzeyen bu element, toprak yoluyla bitkiler tarafından emilir ve daha sonra besin zinciri yoluyla insan vücuduna girer. ^{226}Ra 'nın neredeyse %70'i kemiklerde birikir ve geri kalanı vücudun yumuşak dokularına yayılır. Kemik içinde yaydığı alfa radyasyonu kaynaklı kemik iliği kanseri gibi ciddi tehlikeler insan sağlığını tehdit edebilir (Changizi ve ark., 2013). Ayrıca ^{226}Ra 'nın kız çekirdeği ^{222}Rn radyoizotopunun solunum yoluyla vücuda alınması insanların radyasyona maruz kalmasında en önemli bileşendir (TAEK Teknik Rapor, 2010). Bu çalışmada insanların beğenerek tükettiği kuru kayısı içeriğindeki doğal radyoizotopların aktivite seviyesi belirlendi. Birçok farklı türleri de olan kayısı meyvesi Malatya ilinde bol miktarda yetiştirilen ve ülkemizde ekonomik değere sahip ürünlerden biridir. Türkiye'de 2022 yılında zerdali hariç 1.42 milyon dekar kayısı alanının %61.9'u Malatya'da yer almaktadır (TEPGE Raporu, 2023). Hem yaş hem kuru olarak tüketilebilen kayısı meyvesi kışları nispeten soğuk, yazları sıcak iklime sahip bölgelerde yetiştirilmektedir. Ürünlerin yüksek

kalitede olabilmesi için yaz aylarında atmosferin kuru ve sıcak olması gerekir. Malatya taze kayısı yanında kuru kayısı üretiminde de birinci sırada yer alır. 2024 yılı verilerine göre Türkiye'nin yıllık kayısı üretimi 1.27 milyon tondur. Malatya'da üretilen taze kayısının %90-95'i kurutularak ihraç edilmektedir. Türkiye dünya kuru kayısı üretiminde birinci sıradadır. Ayrıca başta Rusya Federasyonu ve Irak olmak üzere bir yakın ülkeye taze kayısı da ihracatı artarak devam etmektedir.

Malatya kayısı renk, şekil, tat, aroma ve irilik bakımından birbirinden ayrı, çok sayıda çeşitlilik arz eder. Ayrıca diğer ülkelere göre kuru madde oranı da yüksektir yani 3.5 kilo yaş kayısından 1 kilo kuru kayısı elde edilebilmektedir. Türkiye'de kayısının taze meyve muhafaza yöntemlerinin yeterince yaygın olmaması sebebiyle üretilen kayıların büyük çoğunluğu kurutularak değerlendirilmektedir. Dünyada üretilen taze kayısının ancak %10-15'i kurutularak piyasaya arz edilirken, bu oran ülkemizde yaklaşık %80'e ulaşır. Ülkemizde kişi başı yıllık tüketim 2.5 kg civarındadır. Türkiye'de kayısı, "Gün Kuru" ve "Kükürtleme" denilen iki yöntemle kurutulmaktadır (TEPGE Raporu, 2023).

Bu çalışmada Malatya iline bağlı Akçadağ, Battalgazi, Doğanşehir, Hekimhan, Kale ve Pütürge ilçelerinden toplanan kuru kayıların içeriğindeki doğal radyoaktivite konsantrasyonları belirlenmiştir.

İnsanların tükettikleri gıdaların doğal radyoaktivitesi üzerine ülkemizde birçok çalışma yapılmıştır. Örneğin Nevşehir ilinde yapılan çalışmada farklı arazilerden toplanan 21 adet fasulye örneklerinin doğal radyoaktivitesi gama spektrometresi ile belirlenmiş ve numunelerdeki ^{226}Ra 1.04 Bq kg^{-1} , ^{232}Th 0.89 Bq kg^{-1} ve ^{40}K 461.47 Bq kg^{-1} olarak ölçülmüştür. Ayrıca bölgedeki fasulyelerin tüketilmesinden dolayı yıllık etkin doz değerleri yetişkinler, bir yaşını doldurmuş bebekler ve çocuklar için hesaplamalar yapılmış olup sırayla yetişkinler, çocuklar ve bebeklerde bu üç

radioizotop kaynaklı etkin doz eşdeğeri ortalaması $10.73 \mu\text{Sv yıl}^{-1}$, $15.12 \mu\text{Sv yıl}^{-1}$ ve $22.16 \mu\text{Sv yıl}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır (Gürhan, 2019).

Ülkemizde yapılan bir diğer çalışmada Rize’de yetiştirilen çay numunelerinde yapay ve doğal radyoaktivite değerlerine bulmak amacıyla 11 ilçeden ve 32 istasyondan çay numuneleri toplanmış olup HPGe dedektörü ile istasyonlardaki ^{40}K , ^{232}Th , ^{137}Cs ve ^{238}U ortalama aktiviteleri sırasıyla $372.25 \text{ Bq kg}^{-1}$, 4.93 Bq kg^{-1} , 11.98 Bq kg^{-1} ve 4.60 Bq kg^{-1} değerleri ölçülmüştür. İlçelerin çay örneklerinde ^{238}U , ^{137}Cs , ^{40}K ve ^{232}Th radyoizotoplarının ortalama aktiviteleri sırasıyla 4.19 Bq kg^{-1} , 10.50 Bq kg^{-1} , $341.19 \text{ Bq kg}^{-1}$ ve 4.14 Bq kg^{-1} olarak ölçülmüş ve bu çay numunelerindeki tüketimden kaynaklı doz eşdeğerleri istasyonlar için $3.434 \mu\text{Sv yıl}^{-1}$ ile $19.060 \mu\text{Sv yıl}^{-1}$ değerleri arasında ve ilçeler için ise eş değer dozlar $10.867 \mu\text{Sv yıl}^{-1}$ ile $14.488 \mu\text{Sv yıl}^{-1}$ değerleri arasında hesap bulunmuştur (Kabamaklı, 2019).

Bir diğerinde Şanlıurfa’da yapılan bir çalışmada farklı bölgelerden toplanan biber numunelerinde gama spektroskopik sistem yardımı ile radyoaktivite konsantrasyonları ölçülmüş ve bu konsantrasyonlar ^{40}K , ^{238}U ve ^{232}Th radyoizotopların aktivitelerin ortalama değerleri sırasıyla $844.99 \text{ Bq kg}^{-1}$, 21.57 Bq kg^{-1} ve 19.53 Bq kg^{-1} olarak belirlenmiştir (Kabul, 2021).

Komşu bir ülke Irak’ın Necef ilindeki bir yerel pazardan toplanan sebze ile meyvelerde yapılan bir çalışmada da ^{238}U , ^{232}Th ve ^{40}K için sebze örneklerinde ortalama spesifik aktiviteler 5.21 Bq kg^{-1} , 4.76 Bq kg^{-1} ve $186.15 \text{ Bq kg}^{-1}$ ölçülmüştür.

Sebze örneklerinde toplam yıllık etkin doz yetişkinler, çocuklar (10 yaşında) ve bebeklerde sırayla 0.117 mSv , 0.122 mSv ve 0.179 mSv olarak tahmin edilirken meyve örneklerinde toplam ortalama yıllık etkin doz ise yetişkinler, çocuklar (10 yaşında) ve bebeklerde sırayla 0.141 mSv , 0.295 mSv ve 0.388 mSv değerlerinde olduğu ifade edilmiştir (Abojassim ve ark, 2016). Yine aynı ülkede domates, salatalık, banya, patates, turp, şalgam, ıspanak, marul, karnabahar ve soğanda doğal spesifik aktivite ölçümleri yapılmış. Neticede patates ürününde ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K ’nın en yüksek spesifik aktivitesinin sırasıyla (11.46 , 9.12 ve 120.54) Bq kg^{-1} ve sebze örneklerinde radyum, toryum ve potasyumun spesifik aktivitesinin ortalama değerleri sırasıyla (7.67 , 5.75 ve 98.39) Bq kg^{-1} ölçülmüştür (Al-Hamzawi, 2017).

2. Materyal ve Yöntem

Kurutulmuş kayısı örnekleri Malatya ilinin Akçadağ, Doğanşehir, Hekimhan, Pütürge, Battalgazi ve Kale ilçelerinin pazarlarından satın almayla 2021 yılının sonbaharında toplandı. Kurutulmuş kayısı numunelerindeki nemi azaltmak ve öğütme sonucu toz haline getirmek için cam beher kaplara konularak etüvde $60 \text{ }^{\circ}\text{C}$ derece sıcaklığında bir hafta boyunca fırında kurumaya bırakıldı. Kayısı özelliği olan içindeki öz suyundan dolayı uzun süre etüvde bekletildi ve kurutuldu. Kurutulan kayısılar temizlenerek yabancı maddelerden arındırıldı. Daha sonra kayısılar öğütülerek toz haline getirildi (Şekil 1).



Şekil 1. Kayıların kurutulmuş hali ve öğütülmesi

Kurutulmuş kaysıların toz haline getirilmesi işleminden sonra etüvde yaklaşık olarak 50 santigrat derecede 24 saat süre ile kurutulmaya bırakıldı (Şekil 2). Yapılan bu işlem, kayısı kurularını, ölçüm sonucuna etkileyecek ve hataya sebep olabilecek nemden tamamen arındırır. Nemden arındırılmış ve toz kayısı örnekleri 1mm lik elek ile elenerek homojenize haline getirildi. Böylelikle numune kabında içerisinde minimum hava boşluğu olacak biçimde bulunması sağlandı. Çünkü

detektörün gıda ürünleri için verim kalibrasyonu, TAEK (yeni ismiyle TENMAK) dan gönderilen standart çay numunesinin de bu yöntemle sayımları yapılmıştır. Bu bakımdan standart 100 ml numune kapları tam dolu ve içerisinde hava boşluğu bırakılmayacak biçimde sayımlar yapılmalıdır. Yine de detektör çözünürlüğünden kaynaklı sayımdaki belirsizlikler ölçüm sonuçlarında hesaplanarak belirtilmiştir.



Şekil 2. Etüvde kurutulan ve ağzı kapatılan numunelerin tartılması

Etüvde kurutulan kayısı numuneleri darası alınmış 100 ml'lik ölçüm kaplarına konulup hava almayacak şekilde kapakları kapatılıp, tartımları yapıldı (Şekil 2). Ardından hava sızdırmaz hale getirilen ölçüm kapları, ^{226}Ra ve kız çekirdeği ^{222}Rn gazının kaçmaması sağlanarak numunenin kalıcı denge erişmesi yaklaşık olarak 30 gün bekletilmeye bırakıldı. Kalıcı denge haline gelen bir radyoaktif seride tüm izotopların radyoaktiviteleri eşit olmaktadır. Yani seri içinde yer alan gama spektrumunda gözlenebilir uygun pik veren bir izotopun aktivitesini belirlemek yeterli olacaktır. Bu sayede toz haline getirilmiş kayısı numuneleri radyoaktivite ölçme işlemine hazır duruma getirildi.

Doğal radyasyonu meydana getiren radyoaktivite ve radyoizotopların seviyelerini tespit etmede kullanılan birden

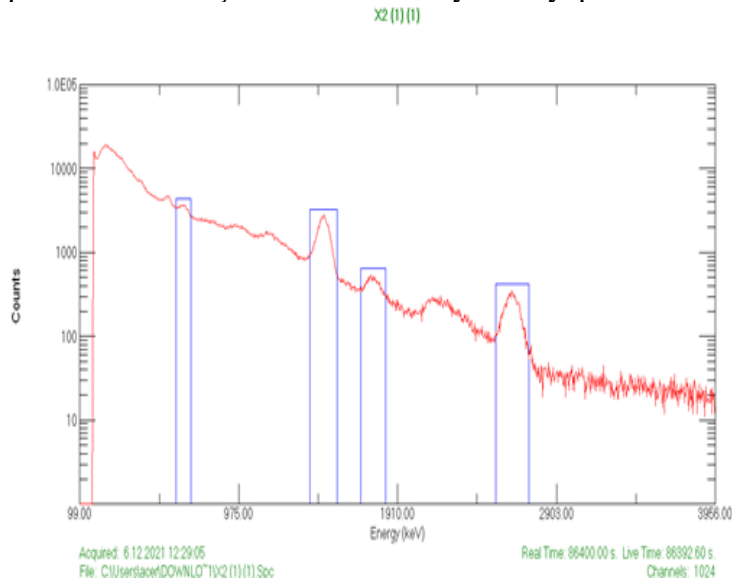
çok radyo analitik yöntem kullanılmakta olup bunlar arasında en önemlileri alfa ile gama spektrometresidir. Orantılı sayaçlar ve sıvı sintilasyon sayımı ile toplam beta ve alfa sayımı gibi en çok tercih edilen yöntemlerdendir. Yarıiletken dedektörler ve sintilasyon dedektörlerini kullanıp radyoaktivite konsantrasyonu gama spektrometrik yöntemiyle ölçüm yapılmaktadır. Gama spektrometrik yöntemi sayesinde kimyasal ayırma sürecine gerek olmaksızın doğrudan, hızlı, zararsız ve ayrı radyoizotoplar eş zamanlı olarak ölçüm yapılabilmektedir (Gilmore, 2008). Bu amaçla enerji ve verim kalibrasyonu standart numuneler ile yapılmış ORTEC marka NaI sintilasyon detektörü kullanıldı. Gama spektrumları detektöre bağlı çok kanallı analizör vasıtasıyla alındı ve kaydedildi (Şekil 3).



Şekil 3. NaI Sintilasyon dedektörünün kurşun zırhı ve bilgisayar bileşenleri

NaI sintilasyon dedektöründe 6 tane numunenin her biri için 86400 saniyelik sayım süresi boyunca spektrum pikleri kaydedildi. Aktivite sayımları sintilasyon dedektörü hiç kapatılmadan seri biçimde alındı. Ortam sıcaklığı bir klima yardımıyla 25 °C tutuldu ki her bir ölçümde enerji kaymaları olmasın. Sintilasyon dedektörlerinin çözünürlüğü azdır. Bu nedenle birbirine yakın enerji değerlerine sahip piklerin üst üste binme olasılıklarının az olduğu spektrum pikleri seçildi (Şekil 4). Seçilen piklerin hangi enerjide başladığı ve hangi enerjide bittiği önem arz etmektedir. Bu nedenle tüm spektrumlarda seçilen her

gama piki aynı kanallar arası işaretlendi ve bu piklerin toplam alanları bilgisayardan kayıt alındı. Bu bağlamda elde edilen spektrumlarda uranyum radyoaktivite konsantrasyonu bulunurken bozunum serisi içerisinde bulunan ^{214}Bi 'ün 1764 keV enerji pikinden ve toryumun radyoaktivite konsantrasyonu belirlenirken bu serideki ^{208}Tl 'in 2614 keV enerjili piki dikkate alındı. Ayrıca ^{40}K 'ın 1460 keV enerjisindeki pik değerinden faydalanılarak bu radyoizotopun aktivite konsantrasyonu belirlendi. Pik alanı bilgisi bilgisayardaki ilgili programdan alındı. Detektörde boş sayım da yapılarak net sayımlar hesaplandı.



Şekil 4. Örnek olarak Battalgazi ilçesinden toplanan kayıslardan oluşan X2 numunesinin sintilasyon gama spektrumu

Dedektör vasıtası ile numunenin her bir radyoizotop için radyoaktivite değerleri biriminde

şağıda verilen aktivite ifadesiyle hesaplanır (Gilmore, 2008).

$$A = \frac{Net\ Sayım}{\epsilon P_{\gamma} m t}$$

Burada A; Bq kg⁻¹ biriminde aktivite konsantrasyonudur. Net Sayım; pik altında kalan net alan (sayım) olup pik altındaki toplam alanlardan taban sayım alanları çıkartılıp net alanlar bulundu. ϵ ; detektörün ilgili enerjideki verimi, P_{γ} ; ilgili enerjide radyoizotopun gama yayınlanma olasılığı, t; sayım zamanı (s) ve m; numunenin net

kütlesidir.

3. Bulgular ve Tartışma

Doğanşehir, Akçadağ, Pütürge, Battalgazi, Hekimhan ve Kale ilçelerinden alınan örneklerde elde edilen radyoaktivite konsantrasyonları Tablo 1 de verilmiştir.

Tablo 1. Malatya ilçelerinin kayısı örneklerinde ölçülen radyoaktivite konsantrasyonları

| Numune No | Bölge Adı | ⁴⁰ K(Bq/kg) | ²³⁸ U (Bq/kg) | ²³² Th (Bq/kg) |
|-------------------------|------------|------------------------|--------------------------|---------------------------|
| X1 | KALE | 624±29 | 18.5±2.2 | 3.4±0.2 |
| X2 | BATTALGAZİ | 530±25 | 9.8±1.2 | 3.6±0.2 |
| X3 | PÜTÜRGE | 587±28 | 10.5±1.2 | 1.1±0.1 |
| X4 | DOĞANŞEHİR | 629±30 | 4.3±0.6 | 2.3±0.2 |
| X5 | AKÇADAĞ | 558±26 | 11.2±1.3 | 4.3±0.3 |
| X6 | HEKİMHAN | 493±23 | 8.2±1.1 | 0.6±0.1 |
| Bölge Ortalaması | | 570±27 | 10.4±1.2 | 2.6±0.2 |

Tabloden de görüldüğü tüm örneklerin ⁴⁰K radyoaktivite konsantrasyonlarının 500 Bq kg⁻¹ üzerinde olduğu görülür. Bu değerler Uluslararası Atom Enerjisi Ajansının toprak için belirlediği 400 Bq kg⁻¹ değerinden yüksektir (UNSCEAR 2000). Ancak bu değer bitkilerin gelişimi için potasyum mineraline ihtiyaçları göz önüne alındığında kabul edilebilir seviyelerdedir.

- ⁴⁰K en yüksek değeri Doğanşehir (629 Bq kg⁻¹) ve Kale (624 Bq kg⁻¹) numunelerinde ölçülmüştür. En düşük ⁴⁰K aktivitesi Hekimhan bölgesinde 493 Bq kg⁻¹ olarak ölçülmüştür. Ortalama değer 570 Bq kg⁻¹ dir. Potasyum-40, doğada bol bulunan bir izotop olduğundan, bu değerler normal sınırlar içinde kabul edilebilir. Potasyum-40 aktivitesi tüm numunelerde yüksek olup, doğal seviyelere uygundur çünkü bitkiler tarafından doğal olarak emilen bir izotoptur. Potasyum bitkilerin kök gelişmesini ve büyümesini olumlu şekilde etkilerken soğuğa dayanıklılığını da artırır, Ayrıca bitkide azotun etkinliğini artırır, hastalık ve zararlılara karşı

dayanıklılığı geliştirir. Bu olumlu etkisi nedeniyle potasyum ağaçların meyve miktarını ve kalitesini yükseltir (Kacar, 2005). Bu bağlamda kayısı ağaçlarında Potasyum Sülfat (K₂SO₄, %50 K₂O) ve Potasyum Nitrat (KNO₃, %44-46 K₂O) gübrelerinin kullanımı kayısı meyvelerinde ⁴⁰K aktivite seviyesinin yükselmesine sebep olduğu değerlendirilebilir. Ancak bu tüketici sağlığını açısından risk seviyesinde değildir.

- Diğer taraftan en yüksek ²³⁸U değeri Kale (18.5 Bq kg⁻¹) ve Akçadağ (11.2 Bq kg⁻¹) bölgelerinde görülmüştür. En düşük ²³⁸U aktivitesi Doğanşehir numunesinde 4.3 Bq kg⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Ortalama değer 10.4 Bq kg⁻¹'dir. Uranyum değerlerinin farklılık göstermesi, bölgedeki toprak yapısına ve jeolojik formasyonlara bağlı olabilir. Nitekim ²³⁸U izotopu izotopunun Malatya ilindeki toprakların radyoaktivite ölçümlerinde değerler 3.9 ile 42.0 Bq kg⁻¹ aralığında bulunmuştur (TAEK 2009).

- Öte yandan en yüksek ²³²Th aktivitesi

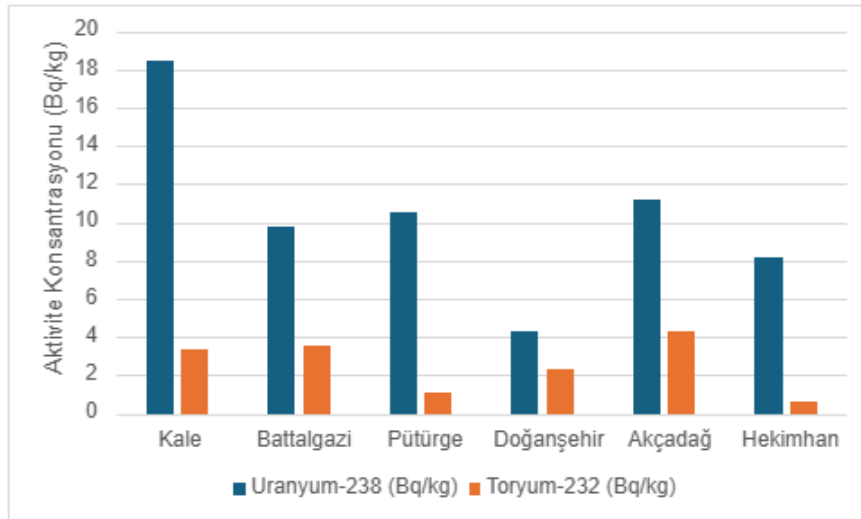
Akçadağ (4.3 Bq kg⁻¹) ve Battalgazi (3.6 Bq kg⁻¹) bölgelerinde ölçülmüştür. En düşük değer Hekimhan bölgesinde 0.6 Bq kg⁻¹ olarak kaydedilmiştir. Ortalama değer 2.6 Bq kg⁻¹'dir. Toryum-232 değerlerinin bu kadar değişken olması, bölgede arazilerinin toryum zenginliğine bağlı olabilir. Nitekim ²³²Th izotopu izotopunun Malatya ilindeki toprakların radyoaktivite ölçümlerinde değerler 6.8 ile 55.6 Bq kg⁻¹ aralığında bulunmuştur (TAEK 2009).

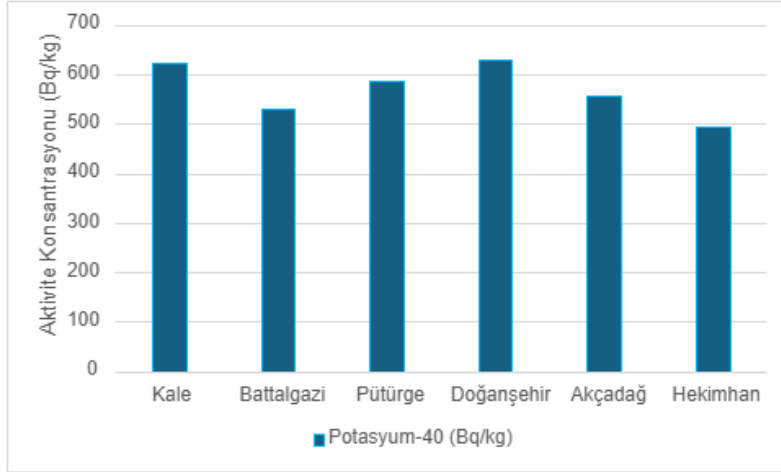
• Tablo 2 de farklı yaş gruplarının gıdaların içeriğindeki farklı radyoizotoplardan beslenme yoluyla etkin doz değerlerinin hesaplanmasına yarayan faktörler verilmiştir. Yukarıda verilen aktivite konsantrasyonları bağlamında örneğin bir yetişkin yılda Kale ilçesinde

yetiştirilen kuru kayıslardan yılda 2 Kg tüketiyorsa vücudu yılda ⁴⁰K aktivitesinden 624 Bq kg⁻¹ x 6.2 nSv. Bq⁻¹ x 2 kg yıl⁻¹ = 7738 nSv yıl⁻¹ etkin doza maruz kalmaktadır. Yine aynı numuneden benzer bir hesapla ²³⁸U aktivitesinden 10360 nSv yıl⁻¹ etkin doza ve ²³²Th aktivitesinden 1564 nSv yıl⁻¹ etkin doza maruz kalmaktadır. Şekil 4'den görüldüğü gibi Kale ilçesinden alınan kayısı ürünleri en yüksek aktivite değerlerine sahiptir. Diğer taraftan Hekimhan ilçesinden alınanlar ise nispeten en düşük aktivite değerlerine haizdir. Bir yetişkin yılda ortalama 2.4 mSv etkin doza maruz kalır (UNSCEAR, 2000). Bu da 2.4x10⁶ nSv yıl⁻¹ etkin doza karşılık gelir. İnsanlar bu değerlerin çok küçük bir kısmını (yaklaşık %10-15) gıdalardan alır (Abojassim ve ark., 2016).

Tablo 2. Farklı radyoizotoplar için nSv. Bq⁻¹ biriminde doz dönüşüm faktörleri (Abojassim ve ark.)

| Yaş Grupları | ⁴⁰ K | ²³⁸ U | ²³² Th |
|---------------------------|-----------------|------------------|-------------------|
| Yetişkinler | 6.2 | 280 | 230 |
| 10 yaş altı çocuklar | 13 | 800 | 290 |
| 2 yaş altı küçük çocuklar | 42 | 960 | 960 |





Şekil 5. Malatya ilçelerinin kayısı numunelerindeki uranyum, toryum ve potasyum radyoaktivite konsantrasyon karşılaştırılmalı sütun grafikleri

4. Sonuç

- Potasyum-40 aktivitesi tüm numunelerde ortalama değerden yüksektir ancak bitkisel gıda maddeleri için doğal seviyelere uygundur çünkü ^{40}K bitkiler tarafından doğal olarak emilen bir izotopdur.
- Uranyum-238 ve Toryum-232 değerleri bölgelere göre değişkenlik göstermekle birlikte tüm numunelerde düşük seviyededir. Akçadağ, Kale ve Battalgazi bölgelerinden alınan örneklerde bu radyoizotopların aktivitesi kendi aralarında görece daha yüksek değerlere sahiptir (Şekil 5). Bu radyonüklidlerin düşük değerlerde çıkması önemlidir. Çünkü bu doğal radyoaktif serileri içerisinde canlı doku içerisindeki ışımada en zararlı alfa parçacığı salınımıdır. Alfa parçacığı yüklü olduğundan menzili kısa olup tüm enerjisini çevresindeki dokuya aktarır. Bu da hücre çekirdeğinde DNA zincirlerinde hasara yol açar. Hekimhan bölgesi hem ^{40}K hem de diğer izotoplar için en düşük radyoaktivite seviyelerine seviyesindedir.

Bu sonuçlar, tarımsal ürünlerin yetiştirildiği toprağın jeokimyasal özelliklerinin ve radyoaktivite seviyelerinin kayısların radyoaktif izotop içeriğini etkileyebileceğini göstermektedir. Gıda maddelerinde bulunan doğal radyonüklidlerin aktivite konsantrasyonları, yetiştirildikleri bölgenin jeolojik özelliklerinden etkilenmektedir. Ancak bundan daha önemli bir faktörün tarımda

kullanılan gübreler ve ilaçlar da gıdalarda radyonüklid birikimini artırdığıdır. Gübrelerdeki radyoizotopların tayini ve bu izotopların bitkiye geçişi hakkında ülkemizde birçok çalışma mevcuttur (Cengiz ve ark. 2019, Otu, 2021, Koşal ve ark. 2022) İnsan sağlığı açısından, gıda ürünlerinin düşük karasal radyasyon seviyelerine sahip bölgelerde ve uygun gübreleme yöntemleriyle üretilmesi büyük önem taşımaktadır.

Yazarların Katkı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit katkıda bulduklarını, makalenin yayına hazır son halini gördüklerini/okuduklarını ve onayladıklarını beyan ederler.

Çıkar Çatışması Beyanı

Tüm yazarlar, bu çalışma için herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Açıklama

Bu çalışma “Malatya’da Yetişen Kayıslarda Doğal Radyasyon Miktarı Tayini” isimli Yüksek Lisans tezinden türetilmiştir.

Kaynaklar

Abojassim, A.A., Hady, H.N., Mohammed, Z.B., 2016. Natural radioactivity levels in some vegetables and fruits commonly used in Najaf Governorate, Iraq. *Journal of Bioenergy and Food Science*, 3(3): 113-123.

- Aitken, M.J., 1985. Thermoluminescence Dating. Academic Press.
- Al-Hamzawi, A., 2017. Natural radioactivity measurements in vegetables at al-diwanayah governorate, Iraq and evaluation of radiological hazard. *Journal of Al-Nahrain University*, 20(4): 51-55.
- Cengiz, G.B., Çağlar, İ., 2019, Doğu Anadolu'da kullanılan bazı gübrelerin doğal radyoaktivite konsantrasyonlarının belirlenmesi. *Caucasian Journal of Science*, 6(2): 147-155.
- Changizi, V., Shafie, E., Zareh, M.R., 2013, Measurement of ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{137}Cs and ^{40}K activities of wheat and corn products in ilam province – Iran and resultant annual ingestion radiation dose. *Iranian Journal of Public Health*, 42(8): 903–914.
- Gilmore, G.R., 2008. Practical Gamma-ray Spectrometry. 2nd Edition, Gordon R. Gilmore Nuclear Training Services Ltd Warrington, UK, 387 p.
- Gürkan, Ş., 2019. Nevşehir bölgesinde farklı tipte yetiştirilen fasulye bitkisinin doğal radyoaktivitesinin gama spektrometresi yöntemiyle belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Nevşehir.
- Kacar, B., Tarımda Potasyumun Yeri ve Önemi Çalıştayı, 2005- ipipotash.org.
- Koşal, M., Açık, M., 2022, Güneydoğu Anadolu bölgesinde kullanılan yapay gübrelerdeki doğal radyoaktivite ölçümü ve topraktaki etkisi. *Journal of Applied Sciences*, Özel Sayı (7): 1323-1330.
- Kabamaklı, B., 2019. Çernobil'den 30 Yıl sonra Rize ili ve ilçelerindeki çay örneklerinde doğal ve yapay radyoaktivite düzeylerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Rize.
- Kabul, M., 2021, Şanlıurfa'da yetişen kırmızı acı biberde (isot) doğal radyasyon miktarı tayini, Yüksel Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.
- TAEK, 2010. Türkiye'deki Çevre Radyoaktivitesinin İzlenmesi Teknik Raporu, <https://kurumsalarsiv.tenmak.gov.tr> (Erişim tarihi: 10.06.2024).
- Tarımsal Ürün ve Politika Geliştirme Enstitüsü (TEPGE) Kayısı Ürün Raporu 2023 Raporu.
- Otu, D., 2021, Çeşitli gübrelerden bitkilere geçen radyonüklidlerin gama spektroskopi yöntemi ile incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.

Atf Şekli: Koşal, M., Babur, Y., Şa, A., 2024. Malatya'da Yetişen Kayıslardaki Doğal Radyasyon Miktarının Tayini. *MAS Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 9(4): 1186–1194.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14544697>.

To Cite: Koşal, M., Babur, Y., Şa, A., 2024. Determination of Natural Radiation Amount in Apricots Growing Up in Malatya. *MAS Journal of Applied Sciences*, 9(4): 1186–1194.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14544697>.
