

## Osmaniye'de Yetişen Yer Fıstığının Radyasyon Aktivitesinin İncelenmesi

Muhammet KARATAŞLI\*<sup>1</sup>, Tahsin ÖZER<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Çukurova Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, 01330, Adana.

<sup>2</sup>Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Bahçe Meslek Yüksekokulu, Bilgisayar Teknolojileri, 80500, Osmaniye

(Alınış / Received: 18.11.2016, Kabul / Accepted: 03.05.2017, Online Yayınlanma / Published Online: 06.06.2017)

### Anahtar Kelimeler

Yer fıstığı,  
Radyoaktivite,  
Gama spektrometresi,  
HPGe,  
Yıllık etkin doz

**Özet:** Son zamanlarda birçok ülkede çevresel örneklerdeki (toprak, su, gıda vs.) radyonüklit miktarı hakkında araştırmalar yapılmıştır. Bu çalışmanın amacı, HPGe detektörlü yüksek çözünürlüklü gama spektrometresi kullanılarak Osmaniye ili ve çevresindeki farklı yerlerden toplanan yer fıstığı örneklerinde Karasal;(Ra-226, Th-232 ve K-40) ve antropojenik (Cs-137) radyonüklitlerin aktivite konsantrasyonu ölçmektir. Fıstık örneklerindeki Ra-226, Th-232 ve K-40 aktivite konsantrasyonları(Bq/Kg) sırasıyla,  $3.1 \pm 1.0$ 'den,  $7.6 \pm 1.0$ 'e,  $3.2 \pm 1.0$ 'den  $6.6 \pm 1.8$ 'e,  $256 \pm 2.9$ 'den  $304.5 \pm 7.2$ 'ye arasında değişmektedir. Cs-137 aktivite konsantrasyonu MDA değerinin altında kalmıştır.

## Investigation of Radiation Activity Growing Peanuts in Osmaniye

### Keywords

Peanut,  
Radioactivity,  
Gama spectrometry,  
HPGe,  
Annual effective dose

**Abstract:** In recent years a lot of reviews on radionuclide that environmental samples contained soil, water, nourishment and et al were done in many countries. Aim of this study is to determine the specific activities of important natural and artificial radionuclides such as Ra-226, Th-232, K-40, and Cs-137 peanut that gathered from Osmaniye and various locations around. The specific activities of Ra-226, Th-232, and K-40 ranged from  $3.1 \pm 1.0$  to  $7.6 \pm 1.0$  Bq/Kg, from  $3.2 \pm 1.0$  to  $6.6 \pm 1.8$  Bq/Kg, from  $256 \pm 2.9$  to  $304.5 \pm 7.2$  Bq/Kg, respectively. The specific activities of Cs-137 were generally remained below detection limits (MDA).

### 1. Giriş

Çevresel radyoaktivite; yeryüzünün oluşumundan itibaren var olan doğal radyoaktivite, nükleer silah denemeleri, nükleer santral kazaları, nükleer santral atık salım ve sızıntılar sonucu ortaya çıkan yapay radyoaktiviteyi içermektedir. İnsanların maruz kaldığı yıllık etkin dozun ( $2.8\text{mSv}$ ) yaklaşık %86'sı doğal radyoaktiviteden kaynaklanmaktadır. Çevresel radyasyon ölçümlerinin temel amacı insanoğlunun çevresindeki unsurlardan aldığı radyasyonun belirlenmesi ve oluşturabileceği sağlık riskinin değerlendirmesidir [1].

Yer kabuğunda bulunan radyoaktivite konsantrasyonunun farklı olması, radyasyon düzeyini etkileyen en önemli faktörlerin başında yer alır. Radyoaktivite konsantrasyonunun farklı olması bölgenin coğrafik ve jeolojik yapısına, kaya ve topraklarının mineralojik yapısına ve deniz seviyesinden yüksekliğe bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Volkanik kayalardaki radyoaktivite konsantrasyonu tortul kayalardaki radyoaktivite konsantrasyonundan daha yüksek olması,

ekvatoradan kutuplara gidildikçe yâda deniz seviyesinden yüksekliklere çıkıldıkça kozmik ışınların şiddetinin artması örnek olarak verilebilir[2].

Radyonüklitlerin topraktan bitkilere transferi, farklı toprak ve bitki türlerinde oldukça geniş bir spektruma sahiptir. İnsanlar yaşamı boyunca besin ihtiyaçlarının çoğunu bitkiler vasıtasıyla temin eder. Havadan temin edilen oksijen ve karbon elementleri hariç, besinleri oluşturan elementlerin çoğu toprağın ekolojik yapısında mevcuttur. Toprakta mevcut olan bu besinleri, insanlar bitkiler vasıtasıyla vücutlarına alırlar. Bu mekanizma insanlığın oluşumundan beri işlemektedir [3].

Bunlara ilaveten, çiftçilik (toprağı sürme), kireçleme, gübreleme ve sulama gibi toprağı işleme pratikleri, kökler vasıtasıyla alımı önemli derecede etkiler. Bitki kökleri vasıtasıyla topraktan bitkiye radyonüklit transferini, toprak karakteristikleri etkiler. Bu karakteristikler, toprağın kil ve organik madde içeriği, pH ve katyon değiş-tokuş kapasitesidir [1].

Ayrıca topraktaki yüksek kil içeriği, sezyumun bağlanması (tutulumu) sağlar ve kökler tarafından alınmasını düşürür. Yüksek organik madde içeriği sıklıkla sezyumun kökler tarafından alınımını artırır, fakat zıt bir etki de yapabilir. Cs-137'nin kökler tarafından alınımı genellikle zaman ile azalır (başlangıçta çok hızlı, daha sonra yavaş). Azalma özellikle killi topraklarda görülür. Organik topraklardaki azalma ise, sezyumun tekrar dağılımından ve kök bölgesinin dışarısına taşınımından dolayıdır [1].

Bir yerin doğal radyoaktivitesini belirlemek demek, o yerin havasındaki, suyundaki, gıdasındaki ve toprağındaki doğal radyoaktiviteyi belirlemek demektir. Literatür taramalarında görülen çalışmalarda, genellikle ya toprakta, ya sulara, ya da gıdalarda bulunan doğal radyonüklitlerin belirlenmesi yapılmıştır. Bazen de ikisini, üçünü kapsayacak çalışmalar yapılmıştır [3].

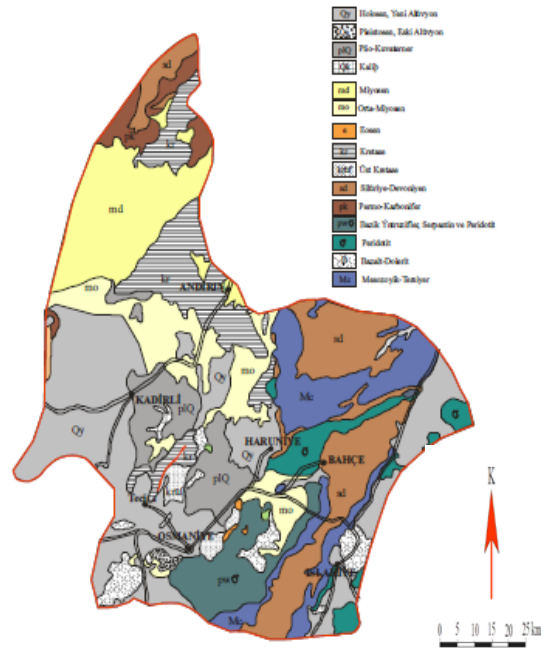
Osmaniye ili Türkiye'nin önemli tarım alanlarından biri olan Çukurova bölgesinde yer alır. İklimi ve sulama olanağı yer fıstığı ve buğday gibi birçok tarım ürününün yetişmesine imkân sağlar. Yer fıstığı 40 derece kuzey ve 30 derece güney paralelleri arasında geniş bir ekim alanına sahiptir. Değerli bir yağ bitkisi olup, baklagiller familyasındadır. Bitki kısımları değerli bir hayvan yemidir. Süt sığırcılığında yer fıstığı sapları yaygın olarak kullanılmaktadır[4].

Yer fıstığı yeşil olarak doğrudan hayvanlara verilebilir. Ayrıca kurutulmuş balya da yapılabilir. Yağı çıkarıldıktan sonra geriye kalan kısım değerli bir yem katkı maddesidir. Birçok ülkede karma yemlerin yapımında yer fıstığı küspesi kullanılmaktadır. Yerfıstığı insan ve hayvanlar için önemli bir besin maddesidir. Yerfıstığı meyvesinden tohum çıkarıldıktan sonra geriye kalan kabuk da; %6-7 ham protein, %1-2 yağ, % 60-67 ham lif, %35-45 selüloz, %27-33 lignin ve %2-4 kül bulunmaktadır. Yerfıstığı kabukları birçok alanda kullanılmaktadır. Kullanım alanları olarak; mantar yetiştiriciliği, sunta yapımı, yapay kömür yapımı, yakacak, yapay odun yapımı, yem dolgu maddesi, sığır yetiştiriciliğinde kaba yem ve kümes hayvanları yetiştiriciliğinde altlık sayılabilir[4].

2013 yılı itibari ile tüm dünya genelinde üretilen 45,7 milyon ton yer fıstığının %0,3'ü Türkiye'de üretilmiştir. 2014 yılı itibari ile Türkiye yer fıstığı üretiminin %57,5 Adana, %28,5 Osmaniye illerinde gerçekleşmiştir[4].

Osmaniye ili ve çevresinde yer fıstığında radyoaktivite seviyesinin belirlenmesi, burada yaşayan insanların çevresel doğal radyasyonların çeşitli nükleer uygulamalardan kaynaklanan radyasyonlara da hangi oranlarda maruz kaldıklarının tespiti açısından önemlidir [3].

Son zamanlarda gıda güvenliği ve radyasyondan korunmaya yönelik çalışmaların[5] yanında gıda örneklerindeki radyonüklitlerin aktivite konsantrasyonları hakkında bir çok çalışma literatürde yer almıştır [3,6-17]. Ancak literatürde Osmaniye ilinde yetiştirilen yer fıstığı ile ilgili herhangi bir radyoaktif çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu çalışma ile Osmaniye ili merkez ve çevresindeki farklı yerleşim bölgelerinde yetiştirilen ürünlerden toplanan yer fıstığı örneklerinde Karasal; (Ra-226, Th-232 ve K-40) ve antropojenik (Cs-137) radyonüklitlerin aktivite konsantrasyonu ölçülmesi amaçlanmıştır. Çalışmada kullanılan örneklerin toplandığı yerleşim bölgelerinin jeoloji haritası Şekil 1.' de gösterilmiştir.



Şekil 1. Osmaniye İli Jeoloji Haritası (MTA 1/ 500 000 ölçekli Türkiye jeoloji haritasından sadeleştirilmiştir) [18]

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. İnceleme alanı

İnceleme alanı olan Osmaniye ili, Türkiye'nin Akdeniz Bölgesi'nin doğusunda, Çukurova bölgesinde ve 35 52' ve 36 42' Doğu Meridyenleri, 36 57' ve 37 45' Kuzey paralelleri arasında yer alır.

Şekil 1.'de görüldüğü gibi Osmaniye; batısında Adana, doğusunda Gaziantep, güneyinde Hatay ve kuzeyinde Kahramanmaraş'ın bulunduğu, batından kuzeye doğru Orta Toroslar, güneydoğu ve doğu kesiminde Amanoslar ile çevrili denizden yüksekliği 120 metre, yüzölçümü 3125 kilometrekare olan, arazi güneyden kuzeye ve doğu tarafa gittikçe yükselen Türkiye'nin bir ilidir [19].

Toros kuşağı içerisinde bulunan Osmaniye ili Amanos dağları ile Yumurtalık fayı arasında kalan bir alanı kapsar. Osmaniye ili ve çevresinin stratigrafisi alt

paleozoikten başlayıp, üst kretese, eosen, miyosen ve pliyokuvaternere kadar devam eden bir istif sunmaktadır. Doğuda Amanos dağlarından başlayarak batıya doğru alt paleozoikten, üst kretese ye kadar devamlı sayılabilecek bir istif sunmaktadır. İnceleme alanında üst kretese de ofiyolitüzerlemesi bulunmakta ve yer yerde eosen yüzeylemeleri gözlenmektedir. Tüm bunların üzerine Helvesiyen-Tortoniyen yaşındaki sığ deniz fasiyesi özelliklerini kapsayan çökeller gelmektedir [18, 20].

Analiz örneklerinin toplandığı Osmaniye vilayetinde asbest, barit, krom, demir, magnezit, nikel, fosfor, pomza ve kükürt madenleri bulunmaktadır[21].

## 2.2. Radyonüklitlerin konsantrasyonun ölçümü için örnek hazırlama

Osmaniye ili ve çevre ilçelerde yetişen yerfıstığı numuneleri hasat zamanı doğrudan üreticiden temin edilmiştir. Laboratuvara gönderilmeden önce alınan numuneler her biri yaklaşık 1-1.5 Kg arasında plastik poşete konularak toplanan yerin mevkiine göre düzgün bir şekilde kodlandı. Fıstık numuneleri yaklaşık 48 saat oda sıcaklığında bekletildi. Daha sonra numune nem tamamen kaldırılana kadar 10-15 saat boyunca 110 °C’de kontrollü bir şekilde fırında kurutuldu. Kuruyan örnekler desikatör cihazında numunelerin nemi alınarak kurutma işlemi tamamlandı. Kuruyan numuneler toz haline getirilerek 1mm örgü genişliğine sahip eleklerle elendi. Elekten geçirilen homojen örnekler, hassas terazi ile tartıldı ve hava geçirmez bir şekilde kapatılmış 5x6 cm geometriye sahip plastik kaplar içine yerleştirildi. Kapların içine yerleştirildikten sonra yine örneklerin net kütleleri belirlenmesi için hassas terazide tekrar tartıldı. Daha sonra her bir numune dört hafta boyunca Ra-226 ve onun ürün çekirdeği olan Rn-22 arasındaki kalıcı dengeyi oluşturmak için bekletildi. Bu işlemlerden sonra numuneler ölçme işlemine hazır hale gelmiş oldu.

### 2.2.1. Gama-ışını ölçüm sistemi

Yer fıstığı numunelerindeki radyometrik analizler, Çukurova Üniversitesi Fizik Bölümündeki Gülten Günel Nükleer Fizik Araştırma Laboratuvarında bulunan yüksek çözünürlüklü gama-ışını spektrometresi tarafından yapılmıştır.

Şekil 2.’den de görülebileceği gibi gama ışını spektrometresi, bağıl verimi yüzde 50 eş eksenli bir p tipi HPGe detektör (Canberra GX5020) ile donatılmıştır. Bu gama dedektör yer fıstığı örneklerindeki U-238, Th-232, K-40 ve Cs-137’in aktivite konsantrasyonları ölçmek için kullanıldı. Gama spektrometresi eş eksenli bir p-tipi HPGe dedektör, 16 K’lık çok kanallı analizör özellikli ve gelişmiş sinyal işleme tekniğini DSP içeren sayısal spektrum analizör DSA-100 ve Genie-2000 gama spektroskopisi yazılımının yüklü olduğu masa üstü

bilgisayardan oluşmaktadır. Dedektör ortamın doğal fon radyasyonunun en aza indirmek için çelik iskelet içinde 100 mm kalınlığında kurşundan oluşan zırh ile zırhlanmıştır. Saçılan radyasyonu en aza indirmek için dedektör zırhın merkezine yerleştirilmiştir. Sistemi soğutması için çift duvarlı 50 lt hacminde bir azot kabı kullanılmıştır[22].



Şekil 2. Ölçümlerde kullanılan gama ışın spektrometresi

### 2.2.2. HPGe detektörünün enerji kalibrasyonu

Numunede mevcut olan radyoaktif çekirdek türlerini bulmak için fotoelektrik olayı neticesinde soğurulan fotonların meydana getirdiği darbeler, çok kanallı analizörün veya bilgisayarın hafızasında yüksekliklerine karşılık gelen kanal numarasında toplanmaktadır. Hangi kanal numarası, hangi enerji aralığına karşılık geldiğinin bilinmesi, bilgisayar hafızasında toplanan gama spektrumların analiz edilmesi için gereklidir. Enerji kalibrasyonu belirlemek için genelde gama enerjileri bilinen Co-60, Cs-137, Am-241 vb. radyonüklitlerden oluşan noktasal standartlar kullanılmaktadır. Gama spektromede belli bir süre standart kaynaklar sayılarak fotopikler elde edilir. Sayılan bu fotopiklerin azami değerine karşılık gelen kanal numaraları tespit edilerek kaydedilir. Daha sonra gama enerjisi ile kanal arasındaki ilişki, elde edilen değerler birinci dereceden bir doğru denklemine yada ikinci üçüncü dereceden bir polinoma fit edilerek bulunur.

Bu çalışmada ise Co-60, Am-241, Cs-137 ve K-40 standart kaynakları kullanılarak enerji kalibrasyonu yapılmış ve elde edilen verilerle birinci dereceden bir doğru denklemine uydurulmuştur. Tablo 1.’de genel olarak kalibrasyon için kullanılan standart kaynaklara ait bilgiler verilmektedir.

**Tablo 1.** Standart Kalibrasyon Kaynaklarının Özellikleri[23, 24]

| Gama Enerjisi (keV) | Radyonüklit | Yarı Ömür         | Yayınlanma Olasılığı (%) | Aktivite (μCi) | Saniyedeki Gama Çıkışı | Toplam Belirsizlik (%) |
|---------------------|-------------|-------------------|--------------------------|----------------|------------------------|------------------------|
| 88                  | Cd-109      | 462.6±0.7 gün     | 3.63                     | 1.437          | 1.930                  | 3.1                    |
| 122                 | Co-57       | 271.79±0.09 gün   | 85.6                     | 0.05533        | 1.752                  | 3.0                    |
| 159                 | Te-123m     | 119.7±0.1 gün     | 84.00                    | 0.06398        | 1.988                  | 3.0                    |
| 320                 | Cr-51       | 27.706±0.007 gün  | 9.86                     | 1847           | 6.738                  | 3.1                    |
| 392                 | Sn-113      | 115.09±0.04 gün   | 64.89                    | 0.2767         | 6.643                  | 3.0                    |
| 514                 | Sr-85       | 64.849±0.004 gün  | 98.4                     | 0.3899         | 14.200                 | 3.0                    |
| 662                 | Cs-137      | 30.17±0.16yıl     | 85.1                     | 0.2438         | 7.677                  | 3.0                    |
| 898                 | Y-88        | 106.630±0.025 gün | 94.0                     | 0.5472         | 19.030                 | 3.0                    |
| 1173                | Co-60       | 5.272±0.001 yıl   | 99.86                    | 0.3055         | 11.290                 | 3.0                    |
| 1333                | Co-60       | 5.272±0.001 yıl   | 99.98                    | 0.3055         | 11.300                 | 3.0                    |
| 1836                | Y-88        | 106.630±0.025 gün | 99.36                    | 0.5472         | 20.120                 | 3.0                    |

### 2.2.3. HPGe detektörünün mutlak verim kalibrasyonu

Bu çalışmada kullanılan HPGe detektörün mutlak verim kalibrasyonu, yayınlanan gama ışınlarının soğurulma etkilerini, toplam çakışma yani koinsidans etkileri ve gama ışını şiddetindeki belirsizliği en az seviye indirmek için radyonükliteye özgün verim kalibrasyon yöntemleri kullanılarak elde edilmiştir [25, 26].

Bu yöntem ile mutlak verim kalibrasyonunda kullanılan gama fotopikleri, analiz edilecek numunedeki toryum, radyum ve radyoaktif potasyumun aktivite derişiminde kullanılan gama fotopikleri ile aynı olacak şekilde seçilir. Böylece aynı gama fotopikleri seçildiği için toplam koinsidans etkileri, gama ışınlarının etkileri ve gama yayınlama belirsizliği ihmal edilir. %50 bağıl verimli HPGe detektörünün mutlak verim kalibrasyonunda, ölçülecek numunelerle aynı geometri ve yoğunluğa sahip olan IAEA'dan elde edilen referans malzemeleri Soil-375, RGTh (toryum cevheri), RGU (uranyum cevheri) ve RGK (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) kullanılmıştır. Bu referans malzemeler gama detektörün tepesine yerleştirilip, belli bir süre sayılarak spektrumları elde edilmiştir. Tablo 2.'de standartların kütle ve sayım süreleri verilmiştir.

**Tablo 2.** Standartların Kütle ve Sayım Süreleri[23]

|                  | IAEA<br>RGU-1 | IAEA<br>RGTH-1 | IAEA<br>RGK1 | IAEA<br>Soil-375 |
|------------------|---------------|----------------|--------------|------------------|
| Sayım Süresi (s) | 24154.3       | 25804.65       | 5331.525     | 1309.37          |
| Kütle (g)        | 130.1         | 133.6          | 178.6        | 172.7302         |

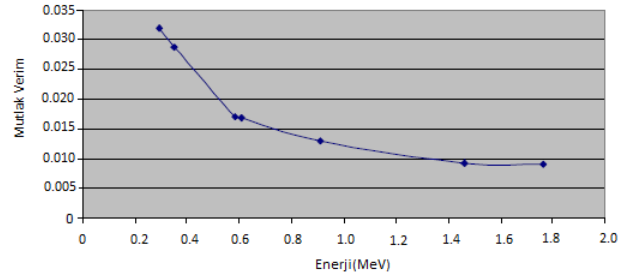
%50 verimli HPGe detektöründe, standart ile değişik mesafelerde ölçümler yapılarak her mesafe için ortalama verim bulunmuştur (Tablo 3). Şekil 3.'de deneysel olarak bulunan değerler eğriye uyarlanarak detektörün mutlak verim eğrisi elde edilmiştir. Deneysel dotalar uygun bir fonksiyona uyarlanırsa;

$$Y = \exp(a + b \times \ln(x) + c \times \ln(x)^2 + d \times \ln(x)^3) \quad (1)$$

elde edilir. Fonksiyondaki sabitlerin değerleri ise; a=-4.53 b=-6.50 x 10<sup>-1</sup> c=5.13 x10<sup>-1</sup> d=2.54 x10<sup>-1</sup> dir

**Tablo 3.** Verim Kalibrasyonu Verileri

| Radyoizoto | Enerji (keV) | Deneysel | Verim Fit |
|------------|--------------|----------|-----------|
| Pb-214     | 295.207      | 0.03197  | 0.03236   |
| Pb-214     | 351.925      | 0.02870  | 0.02796   |
| Tl-208     | 583.191      | 0.01709  | 0.01714   |
| Bi-214     | 609.318      | 0.01689  | 0.01642   |
| Ac-911     | 911.160      | 0.01300  | 0.01155   |
| K-60       | 1460.830     | 0.00929  | 0.00924   |
| Bi-214     | 1764.515     | 0.00900  | 0.00925   |

**Şekil 3.** % 50 Bağıl verimli HPGe detektörün mutlak verim eğrisi[23]

### 2.2.4. Aktivite ölçümü

Her bir fıstık örnekleri dedektöre yerleştirildi ve 86400 saniye için sayıldı. Background (fon) ölçümleri, örnek ölçümlerinde aynı koşullar altında alındı ve her örnek için net sayımları almak amacıyla çıkartıldı. Aktivite konsantrasyonları, U-238 ve Th-232 bozunum serilerindeki varsayılan farklı enerjideki kalıcı dengedeki gama ışın foto piklerden gelen ortalamaları alındı. Bi-214' den 609.3 keV' lik ve Pb-214' den 351.9 keV gama ışın çizgisi, U-238' nin aktivite konsantrasyonunu hesaplamak için kullanıldı. Tl-208' den 583.2keV ve Ac-228' den 911.2 keV gama ışın çizgisi Th-232'nin aktivite konsantrasyonu belirlenmek için kullanıldı. Ra-226, Pb-214' den 351.9keV ve Bi-214' den 609.3 keV' lik gama ışın hattının aktivitelerinin ortalamasından türetildi. K-40 ve Cs-137' in aktivite konsantrasyonları sırasıyla, 1460.8 ve 6.61 keV doğrudan gama ışını çizgilerinden ölçüldü.

Aktivite konsantrasyonunun birleştirilmiş standart belirsizliği, aşağıdaki formülle hesaplanır [27-30].

$$\Delta A = A \times \sqrt{\left(\frac{\Delta C_R}{C_R}\right)^2 + \left(\frac{\Delta I}{I}\right)^2 + \left(\frac{\Delta \varepsilon}{\varepsilon}\right)^2 + \left(\frac{\Delta M}{M}\right)^2} \quad (2)$$

Burada A ve  $\Delta A$  aktivite konsantrasyonu ve onun belirsizliği  $C_R$  ve  $\Delta C_R$  sayım oranı ve belirsizliği I ve  $\Delta I$  gama yayınlama olasılığı ve belirsizliği  $\varepsilon$  ve  $\Delta \varepsilon$  detektörün mutlak verimliliği ve belirsizliği M ve  $\Delta M$  kütle ve belirsizliğidir.

% 95 güvenirlilik seviyesinde gama ışını ölçüm sisteminin minimum dedekte edilebilir (ölçülebilir) aktivitesi (MDA) aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır [28, 30, 31].

$$MDA(Bq/Kg) = \frac{F_C \cdot \sigma_{NB}}{\varepsilon \cdot P \cdot t \cdot W} \quad (3)$$

Eşitlikte geçen;  $F_C$ : İstiksel kapsama faktörü (%95 güvenirlilik seviyesinde, 1.64 olarak alınmıştır),  $\sigma_{NB}$ : doğal fon spektrumunda ilgilenilen gama foto pikindeki sayımın karekökü ile verilen standart sapmayı,  $\varepsilon$ : detektörün mutlak verimliliğini, P: gama yayınlama olasılığını, t: ölçme süresi(s)’ni ve W: örneğin kütlesi(Kg)’ni göstermektedir. Ra-226, Th-232 ve K-40 için minimum dedekte edilebilir (ölçülebilir) aktivite (MDA) ortalama değeri sırasıyla 0.5, 0.5 ve 5.2 Bq/Kg olarak bulundu.

### 3. Bulgular

Bu çalışma kapsamında Osmaniye merkez ve çevre yerleşim birimlerinde üretilen fıstıklardan alınan numunelerin gama izotropik analiz sonuçları Tablo 4.’de verilmiştir. Tablo 4.’de parantez içerisinde verilen değerler minimum dedekte edilebilen aktivite (MDA) değerlerini göstermekte olup değerler Bq/Kg biriminde verilmiştir. Tablo 4.’den açıkça görüleceği üzere, fıstık örneklerinde Ra-226, Th-232 ve K-40 aktivite konsantrasyonları sırasıyla, 3.1±1.0’den, 7.6±1.0’e, 3.2±1.0’den 6.6±1.8’e, 256±2.9’den 304.5±7.2’ye arasında değişmektedir. Buna göre Radyum değerinin en küçük değeri Kadirli ilçesinde (3,1±1,0 Bq/kg) en büyük değer ise Osmaniye ilinin Düziçi ilçesinde (7,6±1,0 Bq/kg) görülmüş olup ortalama 5,13 Bq/kg’dır. Th-232 en küçük değeri Düziçi ilçesinde (3,2 ± 1 Bq/ kg) alırken, en büyük değeri ise Aslanlı köyü (6,6±1,8 Bq/ kg) ile almış olup ortalama 5,16 Bq/kg’dır. K-40 değeri, en küçük 256±2,9 Bq/kg değeri ile Dereli Köyü alırken, en büyük değeri Toprakkale ilçesi (304,5±7,2 Bq/kg) almış olup ortalama 284,78’tir. Sezyum miktarları ise minimum dedekte edilebilir (ölçülebilir) aktivitesi (MDA) değerlerinden küçük olduğu için gama detektörü tarafından ölçülememiştir.

İnsan sağlığı için mümkün olan radyoaktif risk değerini belirleyebilmek için yıllık etkin doz

hesaplanmıştır. Yetişkin için yıllık etkin doz hesabı aşağıdaki eşitlik [32] ile yapılmıştır.

$$H = A.F.C.r \quad (4)$$

Eşitlikte geçen H: Yıllık etkin doz miktarı (Sv), A: radyonüklit aktivite konsantrasyonu (Bq/Kg), F: etkin doz dönüşüm faktörü (Sv/Bq), C: yaş kuru kütle oranı, r: yıllık tüketim miktarı (Kg) göstermektedir. Her bir radyonüklit aktivite konsantrasyonu Tablo 4.’den, etkin doz dönüşüm faktörü olarak Ra-226, Th-232, K-40 için sırası ile  $2.80 \times 10^{-7}$ ,  $2.30 \times 10^{-7}$ ,  $6.20 \times 10^{-9}$ [33], yaş kuru kütle oranı için 0.85, Türk toplumunun yaklaşık yıllık tüketim miktarı 1.7Kg olarak alınmıştır [4, 34]. Yıllık etkin doz hesaplaması Tablo 5.’de verilmiştir.

**Tablo 4.** Fıstık örneklerinde radyonüklitlerin aktivite konsantrasyonları (Bq/Kg biriminde verilmiştir)

| ÖrnekTanımı | Ra-226           | Th-232           | K-40               | Cs-137 |
|-------------|------------------|------------------|--------------------|--------|
| Sumbas      | 4.7±1.3<br>(0.5) | 4.6±1.3<br>(0.5) | 289.0±6.9<br>(4.9) | <MDA   |
| Araplı      | 4.4±0.9<br>(0.5) | 5.3±1.5<br>(0.5) | 291.5±5.2<br>(5.2) | <MDA   |
| Aslanpınarı | 3.5±0.6<br>(0.5) | 4.3±1.6<br>(0.5) | 266.7±3.3<br>(5.1) | <MDA   |
| Dereobası   | 5.9±1.5<br>(0.5) | 6.2±1.5<br>(0.5) | 298.5±6.3<br>(5.2) | <MDA   |
| Dereli      | 6.8±2.0<br>(0.5) | 5.6±1.0<br>(0.5) | 256±2.9<br>(5.3)   | <MDA   |
| Toprakkale  | 6.1±1.3<br>(0.5) | 6.5±1.9<br>(0.5) | 304.5±7.2<br>(5.4) | <MDA   |
| Kadirli     | 3.1±1.0<br>(0.5) | 4.2±1.6<br>(0.5) | 264.5±6.6<br>(5.3) | <MDA   |
| Aslanlı     | 4.1±1.8<br>(0.5) | 6.6±1.8<br>(0.5) | 302.7±6.5<br>(5.4) | <MDA   |
| Düziçi      | 7.6±1.0<br>(0.5) | 3.2±1.0<br>(0.5) | 289.6±5.5<br>(5.0) | <MDA   |

**Tablo 5.** Yıllık etkin doz (Sv×10<sup>-6</sup>)

| No | Yer         | <sup>40</sup> K | <sup>226</sup> Ra | <sup>232</sup> Th |
|----|-------------|-----------------|-------------------|-------------------|
| 1  | Sumbas      | 2.696           | 1.980             | 1.592             |
| 2  | Araplı      | 2.719           | 1.854             | 1.834             |
| 3  | Aslanpınarı | 2.488           | 1.474             | 1.488             |
| 4  | Dereobası   | 2.784           | 2.485             | 2.146             |
| 5  | Dereli      | 2.388           | 2.865             | 1.938             |
| 6  | Toprakkale  | 2.840           | 2.570             | 2.250             |
| 7  | Kadirli     | 2.467           | 1.306             | 1.453             |
| 8  | Aslanlı     | 2.824           | 1.727             | 2.284             |
| 9  | Düziçi      | 2.701           | 3.202             | 1.107             |
|    | Ortalama    | 2.657           | 2.163             | 1.788             |
|    | Enküçük     | 2.388           | 1.306             | 1.107             |
|    | En Büyük    | 2.840           | 3.202             | 2.284             |

Yapılan hesaplamalar sonucunda yetişkin bir insan ortalama 2.657, 2.163 ve 1.788  $\mu$ Sv sırası ile K-40, Ra-226 ve Th-232 maruz kaldığı görülmüştür. En küçük



değer 2.388, 1.306 ve 1.107 olurken en büyük değer 2.840, 3.202 ve 2.284 sırası ile K-40, Ra-226 ve Th-232 olduğu Tablo 5'den açıkça görülmektedir. Cs-137 değerleri minimum dedekte edilebilir (ölçülebilir) aktivitesi (MDA) değerlerinden küçük olduğu için gama detektörü tarafından ölçülemediğinden dolayı yıllık etkin doz hesaplanması yapılamamıştır. Literatürde fıstık üzerine yapılmış bir çalışmaya rastlanılmadığı için karşılaştırma yapılamadı.

#### 4. Tartışma ve Sonuç

Doğu Akdeniz bölgesi ve Çukurova yöresinde kalan Osmaniye ili merkez ve çevre yerleşim bölgelerinde üretilen yerfıstığı numuneleri üzerinde gama izotropik analizleri yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda fıstık örneklerinde Ra-226, Th-232 ve K-40 aktivite konsantrasyonları sırasıyla,  $3.1 \pm 1.0'$ den,  $7.6 \pm 1.0'e$ ,  $3.2 \pm 1.0'den$   $6.6 \pm 1.8'e$ ,  $256 \pm 2.9'den$   $304.5 \pm 7.2'ye$  arasında değişmektedir. Hesaplamalar sonucunda yetişkin bir insan ortalama 2.657, 2.163 ve 1.788  $\mu$ Sv sırası ile K-40, Ra-226 ve Th-232 maruz kaldığı görülmüştür. Hesaplamalar sonunda elde edilen değerler Uluslararası Radyasyondan Korunma Komisyonunun (ICRP-2007) belirttiği ışınlama sınır değeri [35] yıllık 1000  $\mu$ Sv seviyesinin çok altındadır.

#### Kaynakça

- [1] UNSCEAR, 2000. Sources and effects of ionizing radiation. Report of the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation to the General Assembly, with scientific annexes, United Nations, New York.
- [2] Eisenbud, M., 1987. Environmental Radioactivity, Third Edition, ISBN. 0-12-235153, Academic Pres, Inc., London.
- [3] Karahan G., 1997. İstanbul'un çevresel doğal radyoaktivitesinin tayini ve doğal radyasyonların yıllık etkin doz eşdeğerleri. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 118s, İstanbul.
- [4] Akdere, U., 2015. Doğu Akdeniz Kalkınma Ajansı (DOĞAKA) TR63 Bölgesi Yerfıstığı Sektör Raporu.
- [5] Tilki, T., Karabulut, O., Yavuz, M., Kaplan, A., Cabuk, M., Takanoglu, D., 2012. Irradiation effects on transport properties of poly aniline and poly aniline/ bentonite composite, Mater. Chem. Phys. 135 (2-3) 563-568.
- [6] Keser R., Korkmaz F., Akçay N., Okumusoglu N.T., 2010. Radionuclide concentration in tea, cabbage, orange, kiwi and soil and lifetime cancer risk due to gamma radioactivity in Rize, Turkey, Journal of Science of Food and Agriculture, 91, 987-991.
- [7] Canbazoglu C., Dogru M., 2012. A Preliminary Study on 226Ra, 232Th, 40K and 137Cs Activity Concentrations in Vegetables and Fruits Frequently Consumed by Inhabitants of Elazığ Region, Turkey, J. Radional Nucl Chem, 295:1245-1249.
- [8] Badran H.M., Elnimer T., Sharshar T., 2003. Levels of 137Cs and 40K in Edible Parts of Some Vegetables Consumed in Egypt, Journal of Environmental Radio activity, 67:181-190.
- [9] Cevik, U., Celik, N., Celik, A., Damla, N., Coskuncelebi, K., 2009. Radioactivity and heavy metal levels in hazelnut growing in the Eastern Black Sea Region of Turkey. Food and Chemical Toxicology 47: 2351-2355.
- [10] Görür, F.K., Keser, R., Akçay, N., Dizman, S., Okumuşoğlu, N.T., 2011. Radionuclides and heavy metals concentrations in Turkish market tea. Food Control 22: 2065-2070.
- [11] Duffy, S., Simon, S.L., Whicker, F.W., 1999. 137Cs contamination of plants used for traditional medicine and implications for human exposure. Journal of Environmental Radioactivity 46: 27-44.
- [12] Willem, G. R., Teunis D. B., 1992. Radioactive Contamination of Food Sampled in the Areas of the USSR Affected by the Chernobyl Disaster. Analyst, 117: 545-548.
- [13] Djingova, R., Kuleff, I., 2002. Concentration of Caesium-137, Cobalt-60 and Potassium-40 in Some Wild and Edible Plants Around the Nuclear Power Plant in Bulgaria. Journal of Environmental Radioactivity, 59: 61-73.
- [14] Green, N., Wilkins, B. T., Hammond, D. J., 1997. Transfer of Radionuclides to fruit. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 226: 195-200.
- [15] Yu, K. N., Mao, S. Y., Young, E. C. M., Stokes, M. J., 1997. A Study of Radio activities in Six Types of Fish Consumed in Hong Kong. Applied Radiation and Isotopes, 48: 515-519.
- [16] Al-Kharouf, S. J., Al-Hamarneh, I. F., Dababneh, M., 2008. Natural Radioactivity, Dose Jordan. Journal of Environmental Radioactivity, 99: 1192-1199.
- [17] Ryan, B., Martin, P., Iles, M., 2005. Uranium-series radionuclides in native fruits and vegetables of northern Australia. Journal of Radio analytical and Nuclear Chemistry, 264: 407-412.
- [18] MTA, Osmaniye Jeolojik Özellikleri, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Doğu Akdeniz Bölge Müdürlüğü <http://www.mta.gov.tr/v3.0> (Erişim Tarihi: 14.10.2016).
- [19] TUIK 2013, Seçilmiş Göstergelerle Osmaniye, Türkiye İstatistik Kurumu Matbaası, Ankara.
- [20] Osmaniye Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Osmaniye İl Çevre Durum Raporu, 2011.

- [http://www.csb.gov.tr/turkce/dosya/ced/icdr2011/osmaniye\\_icdr2011.pdf](http://www.csb.gov.tr/turkce/dosya/ced/icdr2011/osmaniye_icdr2011.pdf) (Erişim Tarihi: 13.10.2016).
- [21] Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü veri tabanları, 2017.  
<http://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/hizmetler/maden-haritalari/osmaniye.pdf>(Erişim Tarihi: 14.02.2017).
- [22] Canberra, 1986. MCA Series 95 User's Manual, Canberra Industries, Meriden, CT, U.S.A.
- [23] Karataşlı, M., 2013. Akdeniz bölgesinde çevre ve deniz ürünlerinde radyonüklid metrolojisi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, 199s, Adana.
- [24] Gezer, F., 2011. Fosfojips’in doğal radyoaktifliğinin belirlenmesi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 77s, Adana.
- [25] Nir-El, Y., 2000, Isotopic Analysis of Uranium in U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> by Passive Gamma-Ray Spectrometry, Applied Radiation and Isotopes, 52, 753-757.
- [26] Stoulos, S., Manolopoulou, M., Papastafanou, C., 2003, Assessment of natural radiation exposure and radon exhalation from building materials in Greece, Journal of Environmental Radioactivity, 69, 225-240.
- [27] Ugur, F.A., Turhan, S., Goren, E., Gezer, F., Yegingil, Z., Sahan, H., Sahan, M., Tel, E., Karahan, G. 2012. A Survey of distribution of terrestrial radionuclides in surface soil samples in and around Osmaniye province. Turkey. Radiat. Prot. Dosim. 154, 483-489.
- [28] Canbazoglu, C., Turhan, S., Bakkal, S., Ugur, F.A., Goren, E., 2013. Analysis of gamma emitting radionuclides (terrestrial and anthropogenic) in soil samples from Kilis province in South Anatolia, Turkey. Annals of Nuclear Energy 62,153-157.
- [29] Righi, S., Bruzzi, L., 2006, Natural radioactivity and radon exhalation in building materials used in Italian dwellings. J.Environ. Radioact. 88, 158-170.
- [30] Karatasli, M., Turhan, S., Varinlioglu, A., Yegingil, Z., 2016, Natural and fallout radioactivity levels and radiation hazard evaluation in soil samples, Environ Earth Sce 75, 424.
- [31] Currie, L.A., 1968. Limits for qualitative detection and quantitative determination. Anal. Chem. 40, 586-593.
- [32] Turhan S., Köse A., Varinlioglu A., 2007. Radioactivity levels in Some Wild Edible Mushroom Species in Turkey, Isotopes in Environmental and Health Studies, 43, 3, 249-256.
- [33] Clement, C.H., 2012. Annals of the ICRP Published on behalf of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 119, volume 1, supplements 1.
- [34] Türkiye istatistik Kurumu Veri tabanları, 2016.  
<https://biruni.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zu> (Erişim Tarihi: 14.10.2016).
- [35] ICRP (International Commission for Radiation Protection) (2007).The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP publication 103. Ann ICRP 37(5-6): 1-332. ICRP (International Commission for Radiation Protection) (2007).The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP publication 103. Ann ICRP 37(5-6): 1-332.