

**T.C.
KİLİS 7 ARALIK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ANTİKANSEROJEN AKTİVİTESİ BİLİNEN BAZI ŞIFALI
BİTKİLERDEKİ RADYOAKTİVİTE KONSANTRASYON'UNUN
BELİRLENMESİ**

SUNA İLTER

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
FİZİK ANA BİLİM DALI**

DANIŞMAN: Yrd. Doç. Dr. Cumhuri CANBAZOĞLU

**OCAK 2014
KİLİS**

**T.C.
KİLİS 7 ARALIK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ANTİKANSEROJEN AKTİVİTESİ BİLİNEN BAZI ŞIFALI
BİTKİLERDEKİ RADYOAKTİVİTE KONSANTRASYON'UNUN
BELİRLENMESİ**

SUNA İLTER

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
FİZİK ANA BİLİM DALI**

DANIŞMAN: Yrd. Doç. Dr. Cumhuri CANBAZOĞLU

**OCAK 2014
KİLİS**

Her Hakkı Saklıdır

TEZ ONAYI

Yrd. Doç. Dr. Cumhur CANBAZOĞLU danışmalığında, Suna İLTER tarafından hazırlanan “Antikanserojen Aktivitesi Bilinen Bazı Şifalı Bitkilerdeki Radyoaktivite Konsantrasyon’unun Belirlenmesi” adlı tez çalışması/...../201.. tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy..... ile Kilis 7 Aralık Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	Unvanı, Adı Soyadı	İmza
Başkan	Prof.Dr. Ahmet Necmeddin YAZICI Gaziantep Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Fizik ABD	
Üye	Yrd.Doç.Dr. Cumhur CANBAZOĞLU Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik ABD	
Üye	Yrd.Doç.Dr. Burhanettin Göker DURDU Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri MYO, Fizik ABD	

Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun/...../201.. tarih ve/..... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Tez No:.....

Bu tez çalışması Kilis 7 Aralık Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeler (BAP) Birimi tarafından 2012/04 nolu proje ile desteklemiştir.

Doç. Dr. Şükrü ÇAKMAKTEPE
Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ANTİKANSEROJEN AKTİVİTESİ BİLİNEREN BAZI ŞİFALI BİTKİLERDEKİ RADYOAKTİVİTE KONSANTRASYON'UNUN BELİRLENMESİ

Suna İLTER

Kilis 7 Aralık Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Fizik Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Cumhuri CANBAZOĞLU

Yıl: 2014 Sayfa: 39

Gıdalarda radyoaktivite seviyesinin belirlenmesi, insan sağlığının korunması için oldukça önemlidir. Bununla beraber Türkiye'de şifalı bitkilerde radyoaktivite seviyesinin belirlenmesi ile ilgili pek az sayıda araştırma yapılmıştır. Bu çalışmada, anti kanserojen aktivitesi bilinen bazı şifalı bitkilerde ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{137}Cs aktivite konsantrasyonları gama spektroskopik sistem kullanılarak ölçüldü. Çalışılan şifalı bitkilerdeki ortalama aktivite konsantrasyonu; ^{238}U için $10,87 \pm 1,61 \text{ Bq kg}^{-1}$, ^{232}Th için $18,02 \pm 2,06 \text{ Bq kg}^{-1}$, ^{40}K için $1025,75 \pm 15,53 \text{ Bq kg}^{-1}$ ve ^{137}Cs için $1,14 \pm 0,36 \text{ Bq kg}^{-1}$ olarak hesaplandı. Toplam etkin doz değeri çalışılan bu şifalı bitkiler için $55,04 \mu\text{Sv y}^{-1}$ olarak belirlendi.

Anahtar Kelimeler: Radyoaktivite, Şifalı bitki, Radyasyon dozu

ABSTRACT

MSc. Thesis

DETERMINATION OF RADIOACTIVITY CONCENTRATION IN SOME MEDICINAL PLANTS WHICH HAVE ANTI-CARCINOGENIC ACTIVITY

Suna İLTER

Kilis 7 Aralık University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Physics

Supervisor: Asist.Prof.Dr. Cumhur CANBAZOĞLU

Year: 2014 Page: 39

Determining radioactivity levels in foodstuffs is of great importance for the protection of human health. In addition, the literature includes few studies related to this subject in Turkey. In this study, gamma spectroscopic system was used in order to measure ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K and ^{137}Cs activity concentrations in some anti-carcinogenic medicinal plants. The average activity concentrations in studied anti-carcinogenic medicinal plants was calculated as $10,87 \pm 1,61 \text{ Bq kg}^{-1}$ for ^{238}U , $18,02 \pm 2,06 \text{ Bq kg}^{-1}$ for ^{232}Th , $1025,75 \pm 15,53 \text{ Bq kg}^{-1}$ for ^{40}K , and $1,14 \pm 0,36 \text{ Bq kg}^{-1}$ for ^{137}Cs . Total committed effective dose value was determined as $55,04 \mu\text{Sv y}^{-1}$ for studied anti-carcinogenic medicinal plants.

Key Words: Radioactivity, medicinal plant, radiation dose.

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının yapılmasında ve sonuçlandırılmasında bana yardımcı olan Kilis 7 Aralık Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü Öğretim Üyesi ve danışman hocam Yrd.Doç.Dr. Cumhur CANBAZOĞLU'na teşekkür ederim.

Radyoaktivite analizlerinin yapıldığı, Bitlis Eren Üniversitesi Nükleer Fizik Araştırma Laboratuvarı imkanlarından faydalanmamızı sağlayan Bitlis Eren Üniversitesi Rektörü Sayın Prof.Dr. Mahmut DOĞRU hocamıza sonsuz şükranlarımızı sunarız.

Radyoaktivite ölçümlerinin yapılması esnasında emeği geçen Bitlis Eren Üniversitesi Fizik Bölümü Öğretim Üyesi Yrd.Doç.Dr. Sultan ŞAHİN BAL'a, Öğretim Elemanı Arş. Gör. Şule KARATEPE'ye ve Uzman Yavuz GÜRBÜZ'e çok teşekkür ederiz.

Çalışmalarımız esnasında bizlere yardımcı olan Kilis 7 Aralık Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü Öğretim Elemanı Arş. Gör. Muhittin KULAK'a teşekkür ederiz.

Bu çalışmanın gerçekleşmesinde 2012/04 nolu proje ile destek sağlayan Kilis 7 Aralık Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeler (BAP) Birimine teşekkür ederiz.

Son olarak her türlü desteğini yaşamım boyunca benden esirgemeyen sevgili aileme sonsuz teşekkür ederim.

Suna İLTER

Kilis, 2014

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
RESİMLER DİZİNİ	ix
1 GİRİŞ	1
1.1 Doğal Radyasyon Kaynakları ve İnsanda Oluşturduğu Doz Değerleri.....	2
1.2 Gıda ve Su Tüketimi.....	3
1.3 Doğadaki Radyonüklitlerin Bitkiler Tarafından Depolanması	4
1.4 Önceki Çalışmalar	5
1.5 Aktivite Konsantrasyonu Belirlenen Şifalı Bitkilerin Özellikleri	8
1.6 Radyasyon ve Algılanması.....	13
1.7 Yarıiletken Detektörler	13
1.8 Gama Işınları ve Madde İle Etkileşimi.....	14
1.8.1 Fotoelektrik Soğurma.....	15
1.8.2 Compton Olayı	16
1.8.3 Çift Oluşumu.....	17
2 MATERYAL VE METOD	18
2.1 Materyal.....	18
2.2 Gama Spektrometrik Sistem.....	18
2.3 Yüksek Saflıkta Germanyum Yarıiletken Detektörler	19
2.4 Gama Spektrometrik Analizlerde Kullanılan Detektör Sistemi	19
2.5 Yöntem	21
2.5.1 Örneklerinin Analize Hazırlanması	21
2.5.2 Ölçme İşlemi	21
2.5.3 Spektrum İçin Pik Alanı Hesaplanması	21
2.5.4 Aktivite Konsantrasyonunun Hesaplanması	23
2.5.5 Doz Tahmini.....	24
3 BULGULAR VE TARTIŞMA	25
4 SONUÇLAR	33
5 KAYNAKLAR	34

ÖZGEÇMİŞ	39
-----------------------	----

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler:

Bq:	Becquerel, Radyoaktivite Birimi
I:	Gama Işını Şiddeti
Sv:	Sievert, Eşdeğer Doz Birimi
μ:	Mikro, alt birim (10^{-6})

Kısaltmalar:

ADC:	Analog Sayısal Dönüştürücü
HPGe:	Yüksek Saflıkta Germanyum
IAEA:	International Atomic Energy Agency
ICRP:	International Commission on Radiological Protection
MDA:	Minimum Dedekte Edilebilir Aktivite.
TAEK:	Türkiye Atom Enerjisi Kurumu
UNSCEAR:	United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiations

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Dünya genelinde doğal radyasyon kaynaklarından maruz kalınan.....	3
Şekil 1.2 Fotoelektrik olay, compton olayı ve çift oluşumunun baskın olduğu bölgeler (Krane, 2001)	15
Şekil 1.3 Fotoelektrik olayın şematik gösterimi.	16
Şekil 1.4 Compton saçılması.....	16
Şekil 1.5 Çift oluşumunun şematik diyagramı.....	17
Şekil 2.1 Gama spektrometrik sistemin basit şematik gösterimi.	18
Şekil 2.2 HpGe n tipi detektör yapısı (Baykal, 2007).....	19
Şekil 2.3 Pik alanı hesabı (Solmaz, 2008).	23
Şekil 3.1 Şifalı bitki örneklerinin ²³⁸ U aktivite konsantrasyonları.....	27
Şekil 3.2 Şifalı bitki örneklerinin ²³² Th aktivite konsantrasyonları.	27
Şekil 3.3 Şifalı bitki örneklerinin ⁴⁰ K aktivite konsantrasyonları.	28
Şekil 3.4 Şifalı bitki örneklerinin ¹³⁷ Cs aktivite konsantrasyonları.	28
Şekil 3.5 Şifalı bitkilerin kullanılan kısımlarına göre ortalama ²³⁸ U konsantrasyonu.	30
Şekil 3.6 Şifalı bitkilerin kullanılan kısımlarına göre ortalama ²³² Th konsantrasyonu...	31
Şekil 3.7 Şifalı bitkilerin kullanılan kısımlarına göre ortalama ⁴⁰ K konsantrasyonu.	31
Şekil 3.8 Şifalı bitkilerin kullanılan kısımlarına göre ortalama ¹³⁷ Cs konsantrasyonu...	32

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1 Dünya genelinde doğal radyasyon kaynaklarından maruz kalınan ortalama radyasyon doz değerleri.	4
Çizelge 2.1 Ortec marka koaksiyal HPGe detektörün özellikleri (Ortec, 2010).....	20
Çizelge 3.1 Şifalı Bitki Örneklerinin ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{137}Cs aktivite konsantrasyonları	26
Çizelge 3.2 ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{137}Cs için doz katsayıları ve hesaplanan efektif doz değerleri.....	29

RESİMLER DİZİNİ

Resim 2.1 Ölçümlerde kullanılan Ortec marka koaksiyal HPGe detektör.....	20
Resim 2.2 Ölçümlerde kullanılan gama spektrometrik sistem.	22

1 GİRİŞ

Çevresel örneklerdeki doğal radyonüklit konsantrasyonları coğrafik ve jeolojik faktörlere bağlı olarak farklılık gösterir (Badran et al., 2003). Çevredeki radyoaktivitenin doğal kaynakları karasal ve kozmik orijinli olmak üzere iki gruba ayrılır ve NORM (tabiattaki doğal radyoaktif maddeler) olarak adlandırılır (Kathren, 1998). İnsanlar bu doğal kaynaklardan hem dahili hem de harici olarak radyasyon dozuna maruz kalırlar. Dahili maruz kalmalar karasal radyonüklitlerin vücut içerisine soluma ve yeme yolu ile alınmasından meydana gelir. Soluma ile maruz kalınan doz, ^{238}U ve ^{232}Th bozunma serilerine ait radyonüklitleri içeren havadaki toz parçacıklarının varlığından kaynaklanır. Soluma ile maruz kalmaya en büyük katkı radonun kısa yarı ömürlü bozunma ürünlerinden ileri gelir. Yeme ile maruz kalınan doz, çoğunlukla yiyeceklerde ve içme sularındaki ^{238}U ve ^{232}Th serisi radyonüklitler ve ^{40}K 'dan dolaydır. Bunların yanı sıra; nükleer aktiviteler sonucu çevreye yayılan fisyon ürünleri içerisinde en önemlisi ^{137}Cs 'dir. Çünkü bu radyonüklit yiyeceklere çok hızlı geçer ve doz etkisi meydana getirir (UNSCEAR, 2000).

İnsanlar tarafından tıbbi bitkiler kültürler dahilinde ve bütün kıtalar üzerinde yüzyıllardır hastalıkların tedavisinde kullanılmaktadır. Son zamanlarda, tıbbi bitki çalışmaları, tıbbi bitkilerin çeşitliliği ve ilaç üretiminde geniş bir potansiyele sahip olması nedeniyle bütün dünyada kapsamlı çalışmaların yapılmasına olanak sağlamıştır. Genellikle, tedavisel bitkilerle alakalı çalışmalar, bitkilerin aktif bileşenlerini karakterize etmeyi amaçlar. Bununla birlikte, böyle bitkilerdeki ^{238}U ve ^{232}Th doğal radyonüklit serilerinin dağılımı ile ilgili çalışmalar azdır. İnsanlık olarak, değişik hastalıkların tedavisi için geleneksel bitkisel ilaçların kullanımı, böyle bitkilerdeki radyonüklit konsantrasyonlarının belirlenmesine yönelik çalışmaları oldukça önemli kılar (Desideri et al., 2010; Sussa et al., 2013).

Bu çalışmada anti kanserojen aktivitesi bilinen ve halk tarafından sıklıkla tüketilen bazı şifalı bitkilerdeki ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{137}Cs radyonüklit konsantrasyonları ve maruz kalınan radyasyon dozu belirlenmiştir. Yapılan çalışma; herhangi bir nükleer kaza (Chernobil nükleer kazasında olduğu gibi) ya da nükleer serpinti durumunda

kontaminasyon derecesinin belirlenmesi ve daha sonra yapılacak olan çalışmalara veri teşkil etmesi bakımından önem taşımaktadır.

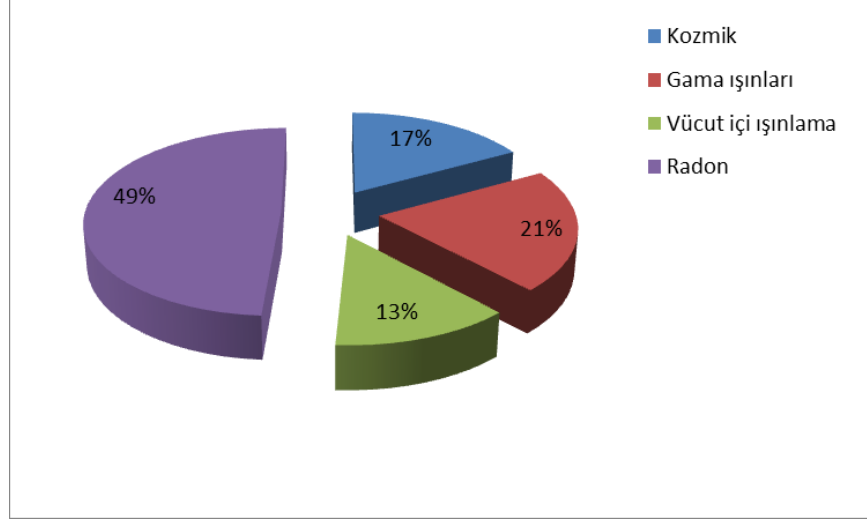
1.1 Doğal Radyasyon Kaynakları ve İnsanda Oluşturduğu Doz Değerleri

Bütün canlılar her zaman doğal olarak bulunan iyonize edici radyasyonlara sürekli olarak maruz kalırlar. Bu maruz kalmanın kaynakları, dünya yüzeyinde, bina yapı malzemelerinde, su, gıda ve insan vücudunda var olan karasal radyonüklitler ve güneş yüzeyinden ve dış uzaydan gelen kozmik ışınlardır. Şekil 1.1’de dünya genelinde doğal radyasyon kaynaklarından maruz kalınan radyasyon dozlarının oransal değerleri verilmiştir (TAEK).

Vücudumuza solunum ve sindirim yollarıyla, hava, su, tüm bitkisel ve hayvansal besinlerde az da olsa bulunan radyoaktif maddeler alınmakta, bunlarda zamanla çeşitli organlarda birikmektedir. Buna ek olarak kozmik ışınlardan ve yerkürede bulunan doğal radyoaktif maddelerden etkilendiğimiz de düşünüldüğünde, insan vücudu hem iç hem de dış radyasyon ışınlanmasına doğal olarak maruz kalmaktadır (TAEK).

İnsan vücudunun radyasyona maruz kalmasının açıklanması için kullanılan temel nicelik, birimi Gray olan absorplanmış dozdur. Bununla birlikte, absorplanmış dozun her biriminin etkisi, radyasyona maruz kalan vücut kısmı ve radyasyon türü ile değişir. Bu değişimleri hesaba katmak için, birimi Sievert olan ve efektif doz olarak isimlendirilen ağırlıklı nicelik kullanılır.

Doğal radyasyondan kaynaklanan ışınlanma; uzaydan dünya atmosferine gelen yüksek enerjili kozmik ışınlarla ait parçacıklardan ve yer kabuğunda (toprak, hava, su, bitkiler ve diğer canlılar) bulunan doğal radyoaktif izotoplardan olmak üzere iki ana nedenden kaynaklanır. Doğal radyasyon yolu ile alınan ortalama yıllık etkin doz 2,4 mSv civarındadır. Bununla birlikte, bazı ülkelerde bu miktar 10 mSv'in üzerindedir. Çizelge 1.1’de dünya genelinde doğal radyasyon kaynaklarından maruz kalınan ortalama radyasyon doz değerleri verilmiştir (TAEK).



Şekil 1.1 Dünya genelinde doğal radyasyon kaynaklarından maruz kalınan radyasyon dozlarının oransal değerleri (TAEK).

1.2 Gıda ve Su Tüketimi

Doğal radyonüklitlerin yeme yolu ile vücut içine alınması, yiyecek ve içeceklerin tüketim hızına ve içerdikleri radyonüklit konsantrasyonlarına bağlıdır. Besinlerdeki doğal radyonüklitlerin konsantrasyonları; tarımsal şartlar, iklim ve farklı background seviyelerinden dolayı oldukça değişkendir (UNSCEAR, 2000).

Bireyler tarafından su ve gıda tüketimi, iklime, gıdaların bulunma durumuna ve kültürel beslenme alışkanlıklarına bağlı olarak dünyada geniş değişiklikler gösterir. Yöresel üretilen gıdalar, büyük oranda diğer bölgelerden ithal edilen yiyecekler ile takviye edilirler. Üstelik, bu durum gıda tüketiminin doğru tahminini zorlaştırır. Ülkelerdeki ortalama gıda tüketim hızı, ithalatlar, ihracatlar ve yerel üretim miktarları hesaba katılarak gıda denge analizi ile belirlenebilir (UNSCEAR, 2000).

Birleşmiş Milletler Bilimsel Komitesi (UNSCEAR) gıda tüketim bilgisine ihtiyaç duyduğu zaman, birkaç ülkeden rapor edilmiş değerleri kullanır. Yıllık gıda tüketimi UNSCEAR tarafından ortalama 500 kg olarak kabul edilir. Mantar ve av eti tüketimi ise yıllık 5-10 kg'dır ve toplam tüketimin küçük bir dilimini oluşturur. Su ve içecek (meşrubat) tüketimi ise yetişkinler için yıllık 500 L, çocuklar için 350 L ve bebekler için ise 150 L olarak kabul edilmiştir (UNSCEAR, 2000).

Çizelge 1.1 Dünya genelinde doğal radyasyon kaynaklarından maruz kalınan ortalama radyasyon doz değerleri.

İşinlanma Kaynağı	Yıllık Etkin Doz Değeri (mSv)	
Ortalama	Değişim Aralığı	
Kozmik Radyasyon		
• Foton bileşeni	0,28	0,3 – 1,0 (a)
• Nötron bileşeni	0,10	
Kozmojenik Radyoizotoplar	0,01	
Toplam	0,39	
Yeryüzü Kaynaklı Dış İşinlanma		
• Bina dışı	0,07	0,3 – 0,6 (b)
• Bina içi	0,41	
Toplam	0,48	
Solunum Yolu İle İşinlanma		
• Uranyum ve Toryum serileri	0,006	0,2 – 10 (c)
• Radon (Rn -222)	1,15	
• Toron (Rn -220)	0,10	
Toplam	1,26	
Beslenme Yolu İle İşinlanma		
• K-40	0,17	0,2 – 0,8 (d)
• Uranyum ve Toryum serileri	0,12	
Toplam	0,29	
Genel Toplam	2,4	1 – 10

(a) Deniz seviyesinden yüksekliğe bağlı

(b) Toprak ve yapı malzemelerinin karışımlarına bağlı

(c) Radon gazı konsantrasyonuna bağlı

(d) Yiyecek ve içme sularındaki radyoizotopların konsantrasyonlarına bağlı

1.3 Doğadaki Radyonüklitlerin Bitkiler Tarafından Depolanması

Bitkiler radyoaktif maddeleri iki temel yol ile bünyelerine alırlar. Bunlar direkt ve indirekt depolanmadır. Direkt depolanma, atmosferdeki radyonüklitlerin bitkinin toprağın yukarısındaki kısmına birikmesidir. İndirekt depolanma, bitkilerin kökleri ile topraktaki radyonüklitleri absorplamasıdır. Bitkilerde direkt depolanma iki tip olabilir. İlki, atmosfer yoluyla kaynaktan bitkilere direkt transferi içerir. İkincisi ise yerde halihazırda depolanmış olan aktivitenin yeniden havada asılı kalması sonucu, örneğin

rüzgar ile, transferini içerir. Bu yollar ile bitkilerde biriken radyonüklitler besin zinciri ile insanlara geçerler (UNSCEAR, 2000).

Radyoaktif kontaminasyondan sonra ilk periyotta, bitki yüzeyi üzerindeki direkt depolanma baskın yoldur fakat, uzun vadede yiyeceklerin kontaminasyonu bitki kökleri aracılığıyla absorpsiyona bağlıdır. Bitki köklerinin topraktan radyonüklitleri absorplaması sadece bitkinin fizyolojisine değil, aynı zamanda toprakta yapılan işlemlere de bağlıdır.

Radyonüklitlerin topraktan bitkilere transferi, farklı toprak ve bitki türlerinde oldukça geniş bir spektruma sahiptir. 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 (UNSCEAR, 2000).

Topraktaki yüksek kil içeriği, sezyumun bağlanmasını (tutulumunu) sağlar ve kökler tarafından alınmasını düşürür. Yüksek organik madde içeriği sıklıkla sezyumun kökler tarafından alınımını artırır fakat zıt bir etki de yapabilir. ¹³⁷Cs'nin kökler tarafından alınımı genellikle zaman ile azalır (başlangıçta çok hızlı, daha sonra yavaş). Azalma özellikle killi topraklarda görülür ve kil mineralleri ile sezyumun bağlılığından dolayıdır. Organik topraklardaki azalma ise, sezyumun tekrar dağılımından ve kök bölgesinin dışarısına taşınımından dolayıdır (UNSCEAR, 2000).

1.4 Önceki Çalışmalar

Bu başlıkta bitki örneklerindeki radyoaktivite seviyelerinin belirlenmesi ile ilgili çeşitli ülkelerde yapılmış çalışmalar özetlenmiştir.

Desideri, D., Meli, M.A., Roselli, C., (2010) tarafından yapılan çalışmada İtalya'da geleneksel olarak kullanılan seçilmiş 35 tıbbi bitkinin doğal ve suni radyoaktivite seviyeleri çalışılmıştır. ²³⁸U ve ²¹⁰Po radyonüklitleri alfa spektrometresi ile; ²¹⁴Pb-Bi, ²¹⁰Pb, ⁴⁰K ve ¹³⁷Cs radyonüklitleri ise gama spektrometresi kullanılarak belirlenmiştir.

^{238}U , ^{210}Po , $^{214}\text{Pb-Bi}$, ^{210}Pb , ^{40}K , ^{137}Cs radyoaktivite konsantrasyonlarının sırası ile <0.1 ve $7.32 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{kuru}}$, <0.1 ve $30.3 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{kuru}}$, <0.3 ve $16.6 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{kuru}}$, <3 ve $58.3 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{kuru}}$, 66.2 ve $3582.0 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{kuru}}$, <0.3 ve $10.7 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{kuru}}$ değerleri arasında dağılım gösterdiği tespit edilmiştir (Desideri et al., 2010).

Sussa, F.V., Damatto, S.R., Alencar, M.M., Mazzilli, B.P., Silva, Paulo S.C., (2013) tarafından yapılan çalışmada ise tıbbi bitki olarak kullanılan *Peperomia pellucida* bitki örneklerinde doğal radyasyon seviyeleri belirlenmiştir. ^{238}U , ^{232}Th , ^{230}Th , ^{226}Ra , ^{228}Ra ve ^{210}Pb konsantrasyonları hem bitki örneklerinde hem de etrafındaki toprakta alfa spektrometresi ve toplam alfa-beta sayım sistemleri kullanılarak ölçülmüştür. Radyonüklit aktivite konsantrasyonlarının sırası ile; $4.3 - 38 \text{ Bq kg}^{-1}$, $1.7 - 124 \text{ Bq kg}^{-1}$, $2.1 - 38 \text{ Bq kg}^{-1}$, $8.5 - 37 \text{ Bq kg}^{-1}$, $3.2 - 46 \text{ Bq kg}^{-1}$ ve $39 - 93 \text{ Bq kg}^{-1}$ aralığında değiştiği bulunmuştur (Sussa et al., 2013).

Çevik, U., Çelik, N., Çelik, A., Damla, N., Coskuncelebi, K., (2009) tarafından yapılan kapsamlı bir çalışma ile doğu karadeniz bölgesinde (Türkiye ve dünyada başlıca fındık üreticilerinden birisi olan ve 1986 Çernobil nükleer kazasından etkilenen) yetişen fındıklarda radyoaktivite seviyeleri belirlenmiştir. Halk tarafından tüketilen fındıktan dolayı maruz kalınan doz hesaplanmış ve insan sağlığı açısından tehdit oluşturmadığı tespit edilmiştir. Bunlara ek olarak örneklerde ağır metal analizleri yapılmış ve Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn ve Pb miktarları ölçülmüştür. Ağır metal konsantrasyonlarının uluslar arası organizasyonlar tarafından tavsiye edilen limitler aşağısında olduğu görülmüştür (Çevik ve ark., 2009).

Görür, F.K., Keser, R., Akçay, N., Dizman, S., Okumuşoğlu, N.T., (2011) tarafından yapılan çalışmada Türkiye’de önemli çay üretim merkezlerinden birisi olan doğu karadeniz bölgesinde yetişen çaylardaki radyasyon seviyeleri belirlendi. Türkiye’deki yerel marketlerden temin edilen 29 adet siyah ve 1 adet yeşil çayda ^{232}Th , ^{238}U , ^{40}K ve ^{137}Cs aktivite konsantrasyonları HpGe detektörlü gama spektrometrik sistem kullanılarak ölçüldü. ^{232}Th , ^{226}Ra , ^{40}K ve ^{137}Cs ’nin ortalama aktivite konsantrasyonları sırası ile $3.2 \pm 0.6 \text{ Bq kg}^{-1}$, $6.4 \pm 0.7 \text{ Bq kg}^{-1}$, $445.6 \pm 17.8 \text{ Bq kg}^{-1}$ ve $42 \pm 1.4 \text{ Bq kg}^{-1}$ bulundu. Bunlara ilaveten çay örneklerinde Fe, Mn, Zn, Cu ve Pb konsantrasyonları

ICP/OES (inductively coupled plasma spectroscopy) cihazı ile belirlendi (Görür ve ark., 2011).

Desideri, D., Meli, M.A., Roselli, C., Feduzi, L., (2011) tarafından yapılan araştırmada; 18 çeşit markalı çay, 16 çeşit markalı bitkisel çay ve 5 çeşit papatya İtalyan marketlerinden temin edildi. Örneklerin doğal ve suni radyoaktivitesi çalışıldı. ^{210}Po alfa spektrometresi ile belirlendi. ^{228}Ac , ^{214}Pb , ^{214}Bi , ^{210}Pb , ^{40}K ve ^{137}Cs radyonüklit seviyeleri ise gama spektrometresi kullanılarak ölçüldü. ^{228}Ac , ^{210}Po , ^{214}Pb ve ^{214}Bi , ^{210}Pb , ^{40}K , ^{137}Cs konsantrasyonlarının sırası ile $0.6 - 9 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{kuru}}$, $1.9 - 36.1 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{kuru}}$, $0.7 - 4.9 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{kuru}}$, $<10 - 58.9 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{kuru}}$, $463 - 936 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{kuru}}$, $<0.3 - 2.6 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{kuru}}$ aralığında değiştiği gözlemlendi (Desideri et al., 2011).

Karadeniz, Ö., Yaprak, G., (2007) tarafından yapılan çalışmada ise İzmir ormanlarındaki çam iğnelerinde ^7Be , ^{137}Cs , ^{40}K ve ^{226}Ra aktivite konsantrasyonları yüksek çözünürlüklü gama spektrometrik sistem kullanılarak belirlendi. Bu radyonüklitlerin aktiviteleri sırası ile $24.6 - 210 \text{ Bq kg}^{-1}$, $0.61 - 2.29 \text{ Bq kg}^{-1}$, $23.5 - 287 \text{ Bq kg}^{-1}$ ve $0.44 - 12.3 \text{ Bq kg}^{-1}$ olarak bulundu. Elde edilen sonuçların limitler dahilinde kaldığı rapor edildi (Karadeniz ve Yaprak, 2007).

Duffy, S., Simon, S.L., Whicker, F.W., (1999) tarafından yapılan çalışmada Marshall Adaları'nda yetişen ve geleneksel ilaç olarak kullanılan 5 tür tıbbi bitkide ^{137}Cs radyasyon seviyesi belirlenmiştir. 295 adet bitki örneğinde ^{137}Cs konsantrasyonu ölçülmüştür. En yüksek ^{137}Cs konsantrasyonu '*Polypodium scolopendria*' türünde gözlemlenmiştir. Diğer türlerin ^{137}Cs konsantrasyonları bariz farklılıklara sahip değildir. Tıbbi amaçlı kullanılan bu bitkilerin tüketilmesi ile maruz kalınan dozun toplumun maruz kaldığı toplam doza kayda değer bir katkı sağlamadığı rapor edilmiştir (Duffy et al., 1999).

Şahin, S., (2004) tarafından yapılan yüksek lisans çalışmasında, 49 adet şifalı bitki örneğinin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri belirlenmiştir. Çalışılan şifalı bitki örneklerinin toplam alfa radyoaktivite seviyelerinin $0,0428 \pm 0,0284 \text{ Bq/g}$ ile $0,6420 \pm 0,0479 \text{ Bq/g}$ değerleri arasında, toplam beta radyoaktivite seviyelerinin de

0,0316±0,0102 Bq/g ile 1,0327±0,0101 Bq/g değerleri arasında değiştiği tespit edilmiştir (Şahin, 2004).

1.5 Aktivite Konsantrasyonu Belirlenen Şifalı Bitkilerin Özellikleri

Çalışılan şifalı bitki örneklerinin özellikleri aşağıda verilmiştir (Healthy Lifestyle Habits with Alternative Medicine, 2013):

Anason (*Pimpinella anisum*): Anason bitkisi anti kanser, kalp koruyucu ve antioksidan özellik gösterir. Mutfaklarda lezzet verici olarak kullanılır. Bir Akdeniz türüdür ve kanserlerin bazılarına karşı engelleyici olarak bilinen limon özü içerir. Anason aynı zamanda trombosit agregasyonunu engelleyen ögenol maddesi de içerir. Kalp krizi ve felç gibi kardiyovasküler vakaları engellemede değerli bir türdür.

Reyhan (*Ocimum basilicum*): Reyhan bitkisi anti viral, antioksidan ve kalp koruyucu özelliklere sahiptir. Reyhan bitkisinin yaprakları batı ve doğu mutfağının her ikisinde de geniş ölçüde baharat olarak kullanılır. Mutfak dışında ise geleneksel olarak bir antiseptik ve sindirimi kolaylaştırıcı olarak kullanılır. Reyhan yoğun bir şekilde anti mikrobiyal bileşikler içerir. Bu bileşikler soğuk algınlığı, kuş palazı ve diğer solunum infeksiyonlarına karşı mücadeleye yardım eder. Antioksidan ögenol ise trombosit agregasyonunu engeller ve böylece felç ve kalp hastalıklarına karşı koruma sağlar.

Defne Yapağı (*Laurus nobilis*): Defne yapağı anti kanser, antioksidan, anti inflamatuvar ve kalp koruyucu özelliklere sahiptir. Özellikle et yemeklerine tat vermek için kullanılır. Bu türden elde edilen esanslı yağ, şekerleme ve parfüm endüstrisinde kullanılır. Defne yapağının içerdiği bileşikler, özellikle serviks kanserinin çoğalmasını engelleyici özelliktedir. Buna ilave olarak kardiyovasküler hastalıklara karşı koruyucu özellik gösterir. Defne yapağı geleneksel olarak eklem iltihabı ve diğer iltihaplı durumlar için iyileştirici olarak kullanılır.

Karabiber (*Piper nigrum*): Anti kanser ve antioksidan özellik gösterir. Güney Hindistan ve Srilanka'da yetişen bir tür asma filizinin meyvelerinden elde edilir. Dünya

genelinde kullanılan en ortak baharatlardan biridir. Geleneksel sağlık uygulamalarında hint hekimleri tarafından kullanılır. Başlıca fitokimyasal maddesi piperin'dir. Karabiberin anti tümörjenik özelliği, bazı kanser türlerinin oluşumunu ve gelişimini engeller.

Kırmızı Biber (*Capsicum species*): Kırmızı biber anti kanser, antioksidan ve ağrı kesici özelliklere sahiptir. Biberler (paprika ve kırmızı biberler) kapsikumlardır. Kapsikumlarda bulunan değişik fitokimyasalların miktarları, değişik türler arasında oldukça değişkendir. Kapsaisin, acı biberde oldukça yüksek miktarda bulunan bir antioksidan fitokimyasaldır ve önemli anti tümörjenik özellikler sergiler. Özellikle karaciğer kanser hücrelerindeki apoptozun (programlı hücre ölümü) güçlü bir indükleyicisidir. Son zamanlarda yapılan çoğu çalışma, kapsaisinin hem akciğer hem de prostat kanserine karşı koruyucu etkisinin olduğunu göstermiştir. Bunlara ilave olarak kapsaisin metabolizma hızını artırır ve yağ yakımını fazlalaştırır. Yapılan çalışmalarda, kapsikumların akut ve kronik acının (özellikle zona hastalığı ve eklem iltihabı kaynaklı ağrılarda) iyileştirilmesinde çok efektif oldukları gösterilmiştir.

Kişniş (*Coriandrum sativum*): Anti kanser, antioksidan, anti diyabetik ve kalp koruyucu özellikler gösterir. Başta akdeniz olmak üzere asya ve güney Amerika mutfaklarında geniş olarak kullanılır. İştah açıcıdır. Endüstriyel olarak da parfüm sanayiinde kullanılır. Kişnişin anti tümörjenik özelliklerinin kolon kanseri ile ilişkisi olduğu ispatlanmıştır. Kişnişin anti tümörjenik özelliği, habis tümörlerle ilgili lipid oksidasyonunun zararlı (yıkıcı) etkilerine karşı koruyucudur. Kişnişin düşük kolesterol ve trigliserit seviyeleri, kalp krizi ve felç risklerini azaltır.

Kimyon (*Cuminum cyminum*): Anti kanser, antioksidan ve anti enflamatuvar özelliklere sahiptir. Doğu Akdeniz'de yetişen bir baharat tohumudur. Ortadoğu, Hindistan, Kuzey Afrika ve Güney Amerika mutfaklarında geniş ölçüde kullanılır. Geleneksel tıbbi uygulamalarda ise hem ağrı kesici hem de hazımsızlığı gidermek için kullanılır. Bu baharatın tıbbi özellikleri ile ilgili olarak yapılan çalışmalar kısıtlı olmasına rağmen, kimyonun etkili antioksidanlar içerdiği bilinir. Bu efektif antioksidanların bazıları, umut verici anti kanser ve anti enflamatuvar karakteristikler

gösterir. Kimyon, anti tümörjenik özellik gösterir. Kimyon'un bu özelliği, içerdiği limon özü gibi antioksidanlar ve diğer anti kanser bileşiklerden dolayıdır.

Rezene (*Foeniculum vulgare*): Anti kanser ve antioksidan'dır. Rezene tohumlarının güçlü aroması pek çok Avrupa yemeklerinde, özellikle balıklara lezzet katmak için kullanılır. Anti kanser özelliklere sahip önemli antioksidan çeşitlerini (limon özü gibi) içerir.

Sarımsak (*Allium sativa*): Anti kanser, antioksidan, kalp koruyucu ve anti diyabetiktir. Sarımsak, Himalaya ve Sibirya'da yetişen bir bitkinin çiçek soğanıdır. Hem mutfak hem de tıbbi kullanım açısından dünyanın önemli baharatları arasındadır. Dünya genelinde pek çok toplum tarafından mutfaklarda yemeklere tat katmak için ve tıbbi amaçlı (bir antiseptik, anti astmatik ve anti romatizmal olarak) geleneksel olarak kullanılır. Bunların yanı sıra, öksürük ve soğuk algınlığını iyileştirmek için de kullanılır. Ayrıca, yüzyıllar boyunca cüzzam, veba ve çiçek hastalığı gibi illet hastalıklara karşı da kullanılmıştır. Sarımsağın düzenli tüketimi; kolon kanserlerini, göğüs kanserlerini, mesane kanserlerini, karaciğer kanserlerini, prostat kanserlerini, akciğer kanserlerini ve kan kanserini içine alan farklı pek çok tümörlere karşı koruyucu bir etkiye sahiptir. Sarımsak aynı zamanda midenin 'helicobacter pylori' infeksiyonunu da engeller. Bu bakterinin sebebiyet verdiği ülseri önler ve mide kanseri riskini düşürür. Vücut içerisine alınan bazı zararlı toksinlere karşı koruyucu etkilerinden dolayı anti tümörjenik özelliklere sahiptir. Sarımsak, antimikrobiyal potansiyeli olan baharatlardan birisidir. Sarımsağın pek çok bakteri, mantar ve virüsü öldürebilme yeteneği vardır. Pek çok etkili viral hastalıklara karşı etkili olarak kullanılır.

Zencefil (*Zingiber officinale*): Anti alzaymır, kalp koruyucu, anti diyabetik, anti kanser, antioksidan ve anti enflamatuvar özellikler gösterir. Zencefil Asya'da yetişen bir bitkinin köküdür ve baharatlar içerisinde en popüler olanlardan biridir. Dünya genelinde, yemeklere lezzet vermek için kullanılır. Özellikle Çin, Hindistan, Japon ve Tayland mutfaklarının ayrılmaz bir parçasıdır. Bunlara ilaveten parfüm ve kozmetik sanayinde de kullanılır. Değerli bir tıbbi bitkidir. Grip ve soğuk algınlığını iyileştirmek için halk tarafından ilaç olarak kullanılır. Zencefil etkili bir anti emetizandır. Hem

hareket hastalıklarında hem de gebeliğe bağlı mide bulantısı ve kusmaları iyileştirmede kullanılır. Zencefilin içerdiği maddeler (vanilloids, gingerol ve paradol) kanser hücrelerini öldürmede oldukça etkilidir. Bu baharat ülser, gastirit ve mide kanserinden büyük oranda sorumlu olan 'helicobacter pylori' bakterisinin bütün zararlarını elimine edebilir. Bu baharatın düzenli olarak alımı, bu bakterinin mideye yerleşmeden ölmesine yardımcı olur.

Meyan Kökü (*Glycyrrhiza glabra*): Anti kanser, anti enflamatuvar ve anti ülser özellikler sergiler. Meyan kökü anavatanı Çin olan bir bitkinin köklerinden oluşan bir baharattır. Meyan kökü, pastalara, tatlılara, meşrubatlara ve yemeklere lezzet vermek için geniş olarak kullanılır. Ayrıca boğaz pastili ve pek çok öksürük şurubunun bileşenidir de. Bu baharatın bileşiminde anti kanserojenik etkileri kanıtlanmış pek çok madde bulunur. Özellikle kolon kanserlerinin oluşumunu engellemeye yardımcı olur. Mide ülserleri ve gastirit için iyileştirici olarak kullanılır.

Nane (*Mentha spicata*): Anti kanser, kalp koruyucu ve antioksidan özellikleri vardır. Mutfaklardaki kullanımına ek olarak, hem geleneksel tedavi edici olarak hem de modern eczacılıkta kullanılır. Mentol pek çok ilacın içeriğidir ve nane bitkisinden çıkarılır. Naneler sindirime yardımcı olması için çay formunda da tüketilir. Özellikle tıbbi nane antioksidan aktivite gösterir. Naneler rosmarinic asit içerirler ve bu asit kalp rahatsızlıkları ve felçten korur. Buna ilaveten naneler aynı zamanda bazı kanserlere karşı koruyuculuk sağlayan limon özü de içerirler.

Biberiye (*Rosmarinus officinalis*): Anti alzaymır, anti alerjik, anti kanser ve kalp koruyucudur. Biberiyenin yaprakları, meşrubatlara ve yemeklere lezzet vermek için kullanılır. Geleneksel iyileştirici yöntemlerde bir antiseptik olarak kullanılır. Solunum problemlerinde, mide kramplarında ve eklem ağrılarında da iyileştirici olarak kullanılırlar. Yoğun olarak akdeniz mutfağında kullanılır ve pek çok kronik hastalığa karşı koruyucudur. Bu baharat önemli miktarda antioksidanlar içerir. Bu antioksidanlar, potansiyel antitümörjenik özellikler sergilerler. Bu özellik, kansere karşı savaşta bu baharatı değerli kılar. Biberiye çevresel toksinlerin zararlarından karaciğeri korur. Biberiyede var olan potansiyel antioksidanlar (rosmarinic asit, caffeic asit gibi) serbest

radikal toksinlerinin etkili temizleyicisidir. Enflamatuvar hastalıklar, kardiyovasküler hastalıklar ve kanserin engellenmesinde yardımcıdır.

Adaçayı (*Salvia officinalis*): Adaçayı anavatanı güney Avrupa olan yaygın bir bahçe baharatıdır. Akdeniz beslenme biçiminde insanların sağlıklı yaşamasına katkı sağlayan değerli bir bitkidir. Yaprakları yiyeceklere lezzet vermesi için kullanılmasına rağmen, ilaç olarak da kullanılır. Yüzyıllar boyunca hemen hemen her tip hastalığın iyileştirilmesinde kullanılmıştır. Yapılan bilimsel çalışmalar adaçayının alzaymır hastalığının, anksiyetenin, kardiyovasküler hastalıkların mücadelesinde yardımcı olabileceğini göstermiştir. Adaçayında bulunan carnosic asit ve rosmarinic asit, alzaymır hastalığının asıl nedeni olan patolojik süreçlere karşı mücadelede yardımcı olur. Bu iki asit güçlü antioksidanlardır.

Ekinezya (*Echinacea species*): Ekinezya farmakolojik işlevlere sahip birçok kimyasal bileşen içermektedir. Bitkiden elde edilen ekstreler yüzden fazla klinik ve bilimsel çalışmalarda kullanılmıştır. İçerdiği zengin polisakkarit ve fitosteroller sayesinde bağışıklık sistemini uyarıcı etkiye sahiptir. Ekinezya'nın, antifungal ve antibiyotik özelliklere sahip olduğu da bildirilmiştir. Alerjilerin iltihap reaksiyonlarının kontrol edilmesi ve yara iyileştirici özelliklere sahip bileşenler de içermektedir (Echinacea, 1995). Ayrıca içerdiği bileşenlerin serviks ve göğüs kanserine karşı koruyucu rol oynadığı bildirilmiştir (Huntimer et al., 2006).

Susam (*Sesamum indicum*): Susam yağları, merhem ve sabun yapımında kullanılmaktadır ve laksatif, yatıştırıcı ve yumuşatıcı gibi özelliklere sahiptir (Kokate et al., 2005). Susam tohumlarının, hipoglisemik, anti-tümör, anti-östrojenik etkilere sahip olduğu ve parkinsonyonizm hastalığına iyi geldiği de bildirilmiştir (Xuh and Pio, 2003; Lee et al., 2005; Nakano and Kwak, 2006).

Civan Perçemi (*Achillea millefolium*): Avrupada en popüler tıbbi bitkilerden biridir. Yara iyileştirici, kanama durdurucu, sindirim düzenleyici, idrar yolları için antiseptik, anti enflamatuvar ve antihistamik özelliklere sahiptir. Geleneksel olarak; hazımsızlık,

gastrit, ülser, soğuk algınlığı, boğaz ağrısı, diş eti iltihabı, artrit, egzema, akne ve kaşıntılı böcek ısırıkları gibi rahatsızlıklarda kullanılır.

Çörek otu (*Nigella sativa*): Değerli bir ilaç ve baharat bitkisidir. Doğu Akdeniz, Güney Avrupa ve Asya kökenlidir. Ağrı kesici ve iltihap önleyicidir. Çörekotu tohumlarının, idrar söktürücü, mikrop öldürücü, sindirim kolaylaştırıcı, parazit dökücü, baş ve diş ağrılarını dindirici etkileri vardır. Bunlara ilaveten, astıma iyi gelir, bağışıklık sistemini güçlendirir ve kanser tedavisinde kemoterapinin neden olduğu yan etkileri azaltır (Baydar, 2013).

Sumak (*Rhus coriaria*): Baharat olarak bilhassa güney Anadolu'da bol miktarda kullanılmaktadır. Kabız, kan kesici ve antiseptik etkilere sahiptir. İnfusyon halinde dahilen veya boğaz ve diş eti hastalıklarında gargara halinde kullanılır (Baytop, 1999).

1.6 Radyasyon ve Algılanması

Radyasyon parçacık veya elektromanyetik dalgalar yoluyla enerji transferidir. İnsanlar ve bütün canlılar yaşamları boyunca uzaydan gelen ve yeryüzünden yayınlanan radyasyonlardan oluşan iyonlayıcı radyasyon ortamı içinde yaşamaktadırlar. Bir atomun elektronlarından bir veya bir kaçının yörüngesinden kopararak serbest hale gelmesi olayına iyonizasyon, iyonlaşma oluşturan radyasyonlara ise iyonlaştırıcı radyasyonlar denir. İyonlaştırıcı radyasyonlar; alfa parçacıkları, beta parçacıkları, nötronlar, gama ışınları ve x-ışınlarıdır (TAEK, 2010).

Radyasyonların tespiti için nükleer radyasyon algılayıcıları kullanılır. Bu algılayıcılar, gazlı sayaçlar, sintilasyon detektörleri ve yarıiletken detektörlerdir. Tüm bu detektörlerin temel çalışma ilkeleri, radyasyonun madde ile etkileşim mekanizması temeline dayanır.

1.7 Yarıiletken Detektörler

Yarıiletken bir materyal hem yarı iletkenlik hem de iletkenlik özelliği gösterebilir. Yarı iletken materyalden yasak enerji aralığı 1-5 eV arasında olan tek kristaller detektör yapımında oldukça kullanışlıdır. Detektör yapımında en çok kullanılan yarı iletkenler

IV A grubu silisyum ve germanyumdur. Bununla birlikte başka yarı iletkenler de detektör yapımı için kullanılabilir (Canbazoglu, 1998).

Radyasyon detektöre girer, detektör materyalinin atomlarıyla etkileşir ve atom yörüngelerinden nispeten düşük enerjili elektronların salınmasına neden olur. Bu elektronlar toplanır ve analiz edilmek üzere, elektronik devre tarafından ya akım ya da voltaj pulsları şekline dönüştürülür. Elde edilen voltaj ya da akım pulsu, detektöre gelen radyasyonun enerjisi ile orantılıdır (Krane, 2001). HpGe (Yüksek Safılıkta Germanyum) detektörlü bir gama spektrometrik sistemin, gama radyasyonunu algılamasının daha net anlaşılabilmesi için, gama ışınlarının madde ile etkileşim mekanizmasının irdelenmesi gerekir.

1.8 Gama Işınları ve Madde İle Etkileşimi

Gama ışınlarının dalga boyu elektromanyetik spektrumda 0.1 Angstrom'dan başlar ve daha kısa dalga boylarına sahip olabilir. Gama ışınları; radyoaktif bozunmaya uğrayan çekirdeklerin fazla enerjilerini yayınlamaları sonucunda, nükleer reaksiyonlar ile uyarılmış halde olan çekirdeklerin taban durumuna geçmesi sırasında, yok olma olayı sonucunda ve elektronların ani hızlandırılması ve durdurulması sonucunda yayınlanırlar (Baykal, 2007).

Gama ışınlarının madde ile etkileşiminde, gama ışını şiddetinin değişimi Denklem 1.1 ile verilen exponansiyel bir dağılım gösterir.

$$I = I_0 e^{-\mu \cdot t} \quad (1.1)$$

Burada, I_0 materyale gelen gama ışını şiddeti, I materyalden geçen gama ışını şiddeti, t materyal kalınlığı ve μ ise lineer azaltma katsayısıdır. μ lineer azaltma katsayısı Denklem 1.2 ile verilir.

$$\mu = \tau + \sigma + \kappa \quad (1.2)$$

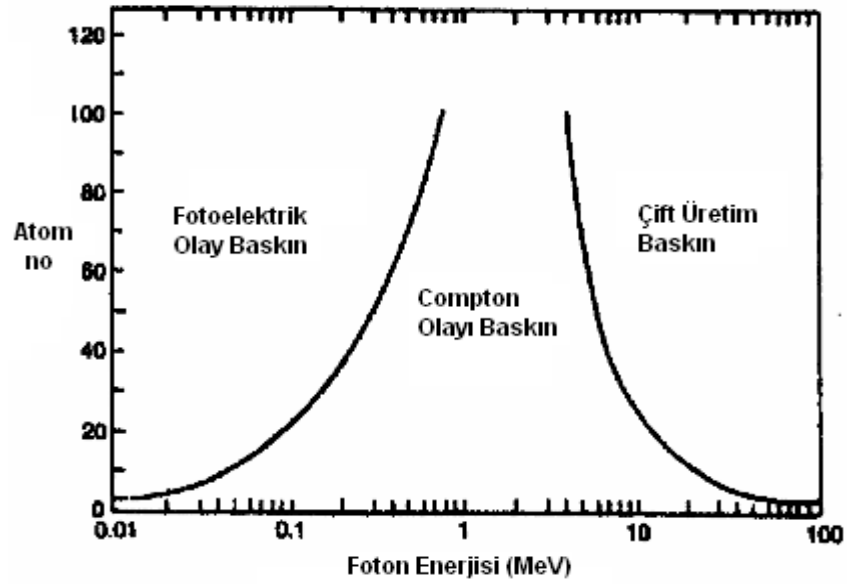
Burada τ , σ , κ sırası ile fotoelektrik soğurma, compton saçılması ve çift oluşumu olma olasılıklarıdır. Gama ışınları madde ile esas olarak üç şekilde etkileşir. Bunlar; fotoelektrik soğurma, compton saçılması ve çift oluşumdur. Bu üç gama ışını etkileşmesi ve bunların baskın olduğu bölgeler Şekil 1.2’de verilmiştir (Krane, 2001).

1.8.1 Fotoelektrik Soğurma

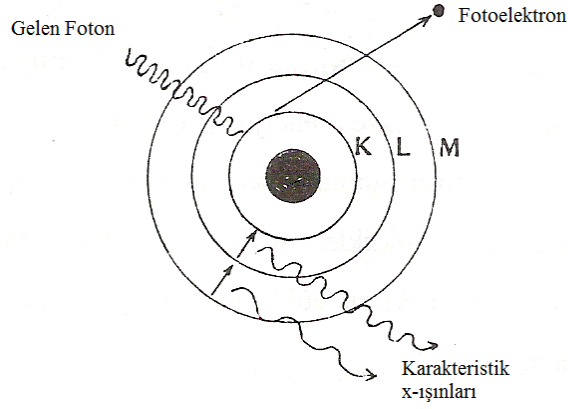
Fotoelektrik olayda, gelen foton atom tarafından soğurulur ve atomun elektronlarından birinin salınmasına neden olur. Serbest hale geçen bu elektrona foto elektron denir. Foto elektronun kinetik enerjisi (Denklem 1.3), gelen foton enerjisi ile elektronun bağlanma enerjisi arasındaki farka eşittir.

$$T_e = E_\gamma - E_b \quad (1.3)$$

Fotoelektrik olay sonucu serbest hale geçen foto elektronlardan boşalan yerlere üst enerji seviyelerinden başka elektronların geçmesi sonucu karakteristik x-ışınları yayınlanır. Fotoelektrik soğurma olayının olma olasılığı, soğurucu materyalin atom numarası Z ile artar, gelen foton enerjisi E_γ ile azalır (Krane, 2001). Fotoelektrik soğurmanın şematik diyagramı Şekil 1.3’de gösterilmiştir.



Şekil 1.2 Fotoelektrik olay, compton olayı ve çift oluşumunun baskın olduğu bölgeler (Krane, 2001)

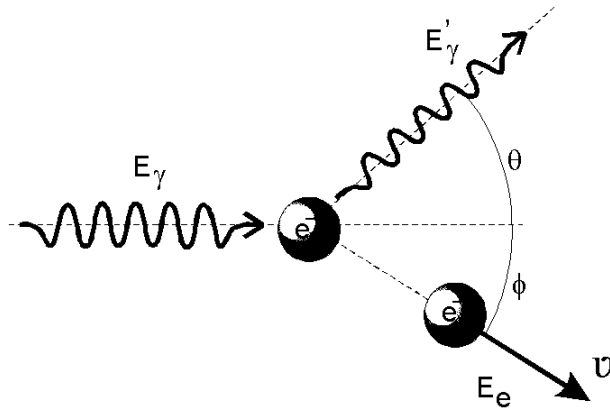


Şekil 1.3 Fotoelektrik olayın şematik gösterimi.

1.8.2 Compton Olayı

Compton saçılması, fotonun atomun hemen hemen serbest elektronu ile etkileşerek foton ve elektronun saçılması olayıdır. Compton saçılmasının şematik diyagramı Şekil 1.4'de gösterilmektedir. Saçılan elektron, foton tarafından kaybedilen enerjiyi taşır. E_γ enerjisine sahip olarak gelen foton ise, E'_γ enerjisi ile saçılır. Saçılan foton için enerji, Denklem 1.4 ile verilir (Krane, 2001).

$$E'_\gamma = \frac{E_\gamma}{1 + \left(\frac{E_\gamma}{mc^2}\right)(1 - \cos\theta)} \quad (1.4)$$



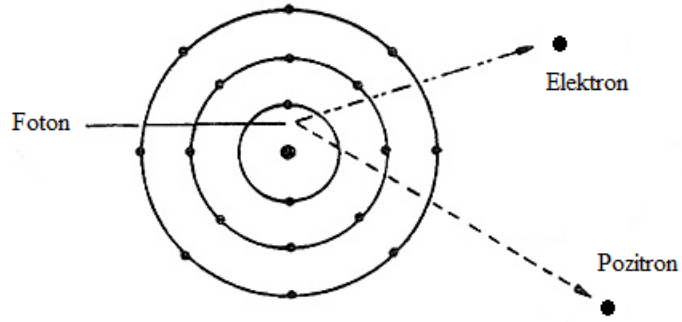
Şekil 1.4 Compton saçılması.

1.8.3 Çift Oluşumu

Fotonların madde ile etkileşiminde çift oluşumu meydana gelebilir (Şekil 1.5). Bu etkileşimde yüksek enerjili gama ışını bir elektron-pozitron çifti üretir. Elektron ve pozitronun durgun kütle enerjileri 0.511 MeV değerine sahip olduğundan, çift oluşumunun olabilmesi için gelen gama ışınının minimum 1.022 MeV enerjili olması gerekir. Gelen gama ışının enerjisi Denklem 1.5 ile verilir (Krane, 2001).

$$E_{\gamma} = T_{+} + mc^2 + T_{-} + mc^2 \quad (1.5)$$

Burada E_{γ} gelen gama ışınının enerjisi, (mc^2) elektron ya da pozitronun durgun kütle enerjisi, T_{+} ve T_{-} sırası ile pozitron ve elektronun kinetik enerjileridir.



Şekil 1.5 Çift oluşumunun şematik diyagramı.

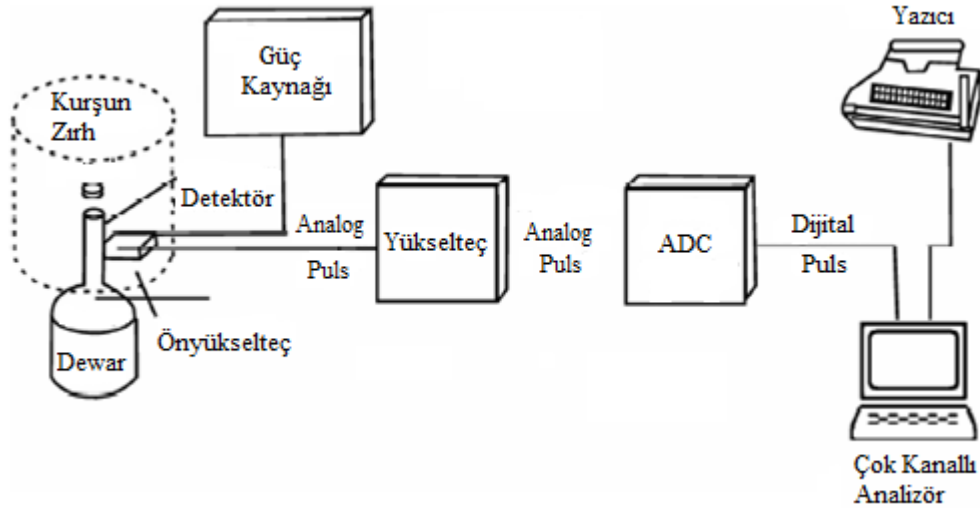
2 MATERYAL VE METOD

2.1 Materyal

Çevresel örneklerde radyonüklit analizleri genellikle ve yaygın olarak gama spektrometrik sistemler kullanılarak yapılır. Gama spektroskopisi, tek bir örneğin içerdiği farklı radyonüklitlerin tek tek ve aynı anda tespit edilebilmesi, örnek hazırlamanın hızlı ve kolay olması, kimyasal ayırma işlemlerine gerek olmaması nedeni ile en çok tercih edilen yöntemlerden bir tanesidir. Gama spektroskopik ölçümlerde analiz edilen bilgilerin güvenilirliklerinin yüksek olması da diğer bir tercih sebebidir (Bakkal, 2012). Bu çalışmada, şifalı bitkilerin radyonüklit konsantrasyonlarının belirlenmesi, gama spektrometrik sistem kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

2.2 Gama Spektrometrik Sistem

Tipik bir gama spektrometri sistemi sintilasyon veya yarı iletken bir detektör, bir ön yükselteci, yüksek voltaj güç kaynağı, yükseltici, analog sayısal dönüştürücü (ADC), çok kanallı analizör ve yazıcıdan oluşur. Bu sistemlerde genellikle detektör olarak Ge(Li) ya da HpGe yarıiletken detektörler veya Na(Tl) gibi sintilasyon detektörleri kullanılır. Gama spektrometrik sistemin basit şematik gösterimi Şekil 2.1’de verilmiştir.



Şekil 2.1 Gama spektrometrik sistemin basit şematik gösterimi.

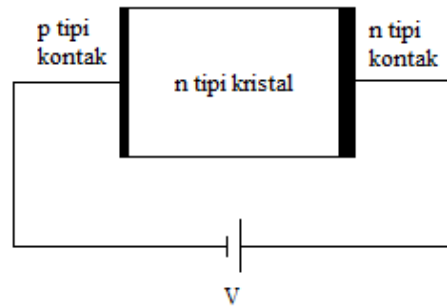
Çevresel örneklerde radyasyon ölçümlerinde gama spektrometresi yaygın olarak kullanılır. Gama spektrometresi ile örneklerdeki aktivite yoğunluğu ve bu aktivitenin hangi radyoizotoplardan kaynaklandığı tespit edilebilir. Gama ışını detektöre girer ve detektör materyali ile etkileşir. Detektörden gelen sinyaller ön yükselticiye gider. Ön yükseltici gelen yük pulslarını voltaj pulslarına dönüştürür ve pulslar yükselticiye gönderilir. Yükseltici, ön yükselticinin mili volt mertebesindeki pulslarını birkaç volt mertebesine çıkarır. Elde edilen pulslar bir çok kanallı analizöre gönderilir. Pulslar enerjilerine göre kanallarda depolanır ve bir histogram elde edilir (Krane, 2001).

2.3 Yüksek Saflıkta Germanyum Yarıiletken Detektörler

Yüksek saflıktaki germanyum detektörler, PIN yapısındaki yarıiletken detektörlerdir. Bu tip detektörler n tipi ya da p tipi bir kristalin uç kısımlarına n alıcı kontak ve p verici kontak yerleştirilmesiyle elde edilir. Kristalin uç kısımlarına eklenen p ve n kontak uçlarına ters voltaj beslemesi yapılarak ortada kalan kristalin tamamının tüketim bölgesi olması sağlanır (Şekil 2.2). Detektöre gelen gama ışınları bu tüketim bölgesi (germanyum kristali) ile etkileşir ve yük taşıyıcıları (elektron ve holler) oluşturur. Bu yük taşıyıcıları uygulanan elektrik alandan dolayı p ve n bölgelerine hareket ederek gelen fotonun enerjisiyle orantılı sinyal oluştururlar (Baykal, 2007).

2.4 Gama Spektrometrik Analizlerde Kullanılan Detektör Sistemi

Şifalı bitki örneklerinin aktivite ölçümleri, özellikleri Çizelge 2.1'de verilen Ortec GMX50P4-83-A modeli koaksiyal bir HPGe detektör ile yapılmıştır (Resim 2.1). Detektör, ortamın background radyasyonunun etkisini en aza indirmek için kurşundan oluşan Ortec Model 9667 zırhı ile zırhlanmıştır. Detektörün soğuk tutulması için elektrikli CFG-X-COOL-II-220 model soğutucu kullanılmıştır (Ortec, 2010).



Şekil 2.2 HpGe n tipi detektör yapısı (Baykal, 2007).



Resim 2.1 Ölçümlerde kullanılan Ortec marka koaksiyal HPGe detektör.

Çizelge 2.1 Ortec marka koaksiyal HPGe detektörün özellikleri (Ortec, 2010)

Detektör modeli	Ortec HPGe Detektör
Bağlı verim (^{60}Co için 1.33 MeV’de)	%51
^{60}Co için 1.33 MeV’de Rezolasyonu (FWHM)	2.1 keV
Pik-Kompton Oranı	59:1
Detektör geometrisi ve kristal tipi	Eş eksenli ve p-tipi Ge
Kristal çapı ve uzunluğu	61.1 mm ve 82.1 mm

2.5 Yöntem

2.5.1 Örneklerinin Analize Hazırlanması

19 adet şifalı bitki örneği tüketime hazır olarak marketlerden satın alındı ve bilimsel isimleri tespit edildi. Aktivite ölçümleri için Bitlis Eren Üniversitesi Nükleer Fizik Araştırma Laboratuvarına gönderildi. Örnekler, içerdiği nemin uzaklaştırılması için 80 °C’de bir etüvde kurutuldu. Daha sonra hassas terazide darası alınmış 1 litrelik marinelli kaplarına konuldu. Hazırlanan örneklerin ağızları siğil edildi. Bu şekilde kapların sızdırmazlığı sağlanarak ²²⁶Ra ve onun ürün çekirdeği olan ²²²Rn arasındaki kalıcı dengeyi oluşturmak için 4 hafta bekletilmeye bırakıldı ve böylece numuneler radyoaktivite ölçme işlemine hazır hale getirilmiş oldu.

2.5.2 Ölçme İşlemi

Denge durumuna ulaşan her bir örneğin aktivitesi, 86.000 saniye sayım süresinde, gama spektrometrik sistem kullanılarak analiz edildi (Resim 2.2). Daha sonra sayım sonuçları çok kanallı analizöre aktarılarak, ilgili radyonüklitler için pikler tespit edildi. Tespit edilen bu pikler için, seçilmiş spektrum verileri bilgisayar ortamına aktarılarak radyonüklitlerin aktiviteleri hesaplandı.

Şifalı bitki örneklerinin analizinde ²³⁸U aktivitesi için; ²¹⁴Bi’nin 609,312 keV’lik fotopiki kullanılmıştır. ²³²Th aktivitesi için; ²²⁸Ac’nin 911,205 keV’lik fotopiki kullanılmıştır. ⁴⁰K ve ¹³⁷Cs aktivitesi için ise sırası ile 1461,83 keV’lik fotopik ve 661,66 keV’lik fotopik kullanılmıştır.

2.5.3 Spektrum İçin Pik Alanı Hesaplanması

Tek pikin net alanı Denklem (2.1) ile elde edilir.

$$S = G - B \quad (2.1)$$

Burada; S: Net pik alanı, G: İlgili bölgedeki toplam sayım sayısı, B: Doğal fondur. Şekil 2.3’de gösterilen pikte B alanı Denklem (2.2) eşitliğinden elde edilir.



Resim 2.2 Ölçümlerde kullanılan gama spektrometrik sistem.

$$B = \left(\frac{N}{2n}\right) (B_1 + B_2) \quad (2.2)$$

Burada;

N: İlgili pikteki kanalların sayısı,

n: Pikin sağındaki ve solundaki doğal pik kanal sayısı,

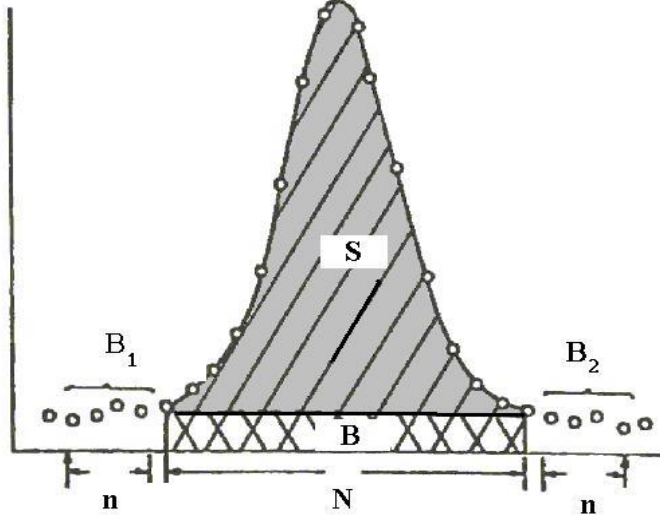
$$B_1 = \left(\sum_{a=x_1}^{x_1+n-1} x_a \right) / n \quad \text{fotopikin sol tarafındaki doğal fon sayımının ortalaması,}$$

$$B_2 = \left(\sum_{a=x_2-n+1}^{x_2} x_a \right) / n \quad \text{fotopikin sağ tarafındaki doğal fon sayımının}$$

ortalamasıdır.

Net pik alanındaki belirsizlik Şekil 2.3'de gösterilen bir fotopik için aşağıdaki formülle (Denklem 2.3) hesaplanır.

$$\sigma = \sqrt{G + \left(\frac{N}{2}\right)^2 \frac{(B_1 + B_2)}{n}} \quad (2.3)$$



Şekil 2.3 Pik alanı hesabı (Solmaz, 2008).

Burada; σ : Standart sapma, G: Pikteki toplam alan (sayım), N: İlgilenilen pikteki toplam kanal sayısı, n: Seçilen uç kanal sayısı (4 veya 2), B_1 ve B_2 sırası ile fotopikin sol ve sağ tarafındaki doğal fon sayımının ortalamasıdır.

Hesaplanan pik alanındaki sayım istatistiğini yeterli derecede vurgulamak için, “yüzde hatası” Denklem (2.4) ile hesaplanır:

$$\% \text{ Hata} = m \sigma / N_p \quad (2.4)$$

Burada; N_p : Pik alanı, σ : Standart sapma, m: Güven katsayısıdır.

2.5.4 Aktivite Konsantrasyonunun Hesaplanması

Örneklerin aktivite konsantrasyonu Denklem (2.5) ile hesaplanır.

$$A (Bq \text{ } kg^{-1}) = \frac{C}{M_s \epsilon P_\gamma} \quad (2.5)$$

Burada; C: gama ışınlarının net sayım hızı, ϵ : detektör verimi, P_γ : gama yayınlanma olasılığı, M_s : örneğin kütlesidir (Canbazoglu ve Dogru, 2013; Damla ve ark., 2010).

2.5.5 Doz Tahmini

Radyonüklitlerin vücut içerisine alınması ile oluşan dahili doz, yiyeceklerin tüketim oranı ve içerdikleri radyonüklit konsantrasyonuna bağlıdır. Dahili doz aşağıdaki formül (Denklem 2.6) ile hesaplanır (UNSCEAR, 2000; ICRP, 1996; Till and Moore, 1998).

$$H_{T,r} = \sum(U^i C_r^i) g_{T,r} \quad (2.6)$$

Burada, i yiyecek grubunu, U^i ve C_r^i katsayıları sırası ile yıllık tüketim oranı (kg) ve radyonüklit aktivite konsantrasyonunu (Bq kg^{-1}) simgeler. $g_{T,r}$, r radyonüklidi için doz dönüşüm katsayısıdır ve (Sv Bq^{-1}) birimindedir. Toplumun yetişkin üyeleri için ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{137}Cs radyonüklitlerinin doz dönüşüm katsayıları sırası ile $4.5 \times 10^{-8} \text{ Sv Bq}^{-1}$, $2.3 \times 10^{-7} \text{ Sv Bq}^{-1}$, $6.2 \times 10^{-9} \text{ Sv Bq}^{-1}$ ve $1.3 \times 10^{-8} \text{ Sv Bq}^{-1}$ dir (ICRP, 1994; ICRP, 1996; IAEA, 2005).

3 BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, anti kanserojen aktivitesi bilinen şifalı bitki örneklerinde doğal (^{238}U , ^{232}Th ve ^{40}K) ve suni (^{137}Cs) radyonüklit konsantrasyonları belirlenmiştir. 19 adet şifalı bitki örneğinin aktiviteleri gama spektrometrik sistem kullanılarak ölçülmüştür.

^{238}U ve ^{232}Th 'nin aktivite tayini yapılırken bozunum ürünlerinin aktivite değerlerinden faydalanılır. Aktivite hesabı için iki yöntem kullanılır, ya bozunum ürünlerinin ortalama aktiviteleri ya da en yüksek bolluğa sahip bozunum ürününün aktivitesi, ^{238}U ve ^{232}Th 'nin aktivitesi olarak alınır (Karahana 1997; Özger, 2005). Bu çalışmada ^{238}U ve ^{232}Th 'nin aktivite konsantrasyonları hesaplanırken en yüksek bolluğa sahip bozunum ürününün aktivitesi ^{238}U ve ^{232}Th 'nin aktivitesi olarak alınmıştır. ^{238}U aktivitesi için, ^{238}U 'nun bozunum ürünü olan ^{214}Bi 'nin bolluk oranı en yüksek olan 609,312 keV'deki enerji piki (%46 bollukta) aktivite tespitinde kullanılmıştır. ^{232}Th aktivitesi için, ^{232}Th 'nin bozunum ürünü olan ^{228}Ac 'nin en yüksek bolluk oranına sahip 911,205 keV'deki (%29 bollukta) enerji pikine bakılmıştır. ^{40}K herhangi bir bozunum serisine ait olmayıp, 1461,83 keV'de %11 bollukta bir enerji pikine sahiptir. ^{40}K için aktivite bu pik enerjisi dikkate alınarak belirlenmiştir. ^{137}Cs , doğal olarak bulunmayan nükleer fisyon sonucu meydana gelen suni bir radyonüklittir. 661,66 keV'de %85 bollukta bir enerji pikine sahiptir. ^{137}Cs aktivitesi için bu pik esas alınmıştır (Karahana 1997; Özger, 2005).

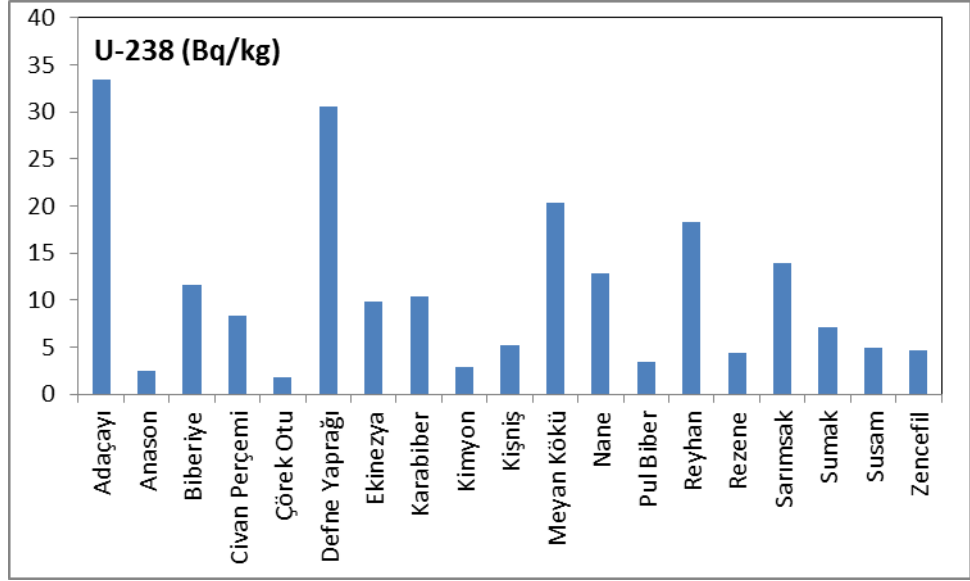
Şifalı bitki örneklerinin ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{137}Cs aktivite konsantrasyonları Çizelge 3.1'de verilmiştir. ^{238}U için en yüksek aktivite konsantrasyonu ($33,46 \pm 5,2$ Bq/kg) Adaçayı'nda ve en düşük aktivite konsantrasyonu ($1,78 \pm 0,29$ Bq/kg) Çörekotu şifalı bitkisinde ölçülmüştür. Ortalama ^{238}U aktivite konsantrasyonu 10,87 Bq/kg olarak hesaplanmıştır. Şifalı bitki örneklerinde tespit edilen ^{238}U aktivite konsantrasyonları Şekil 3.1'de gösterilmiştir.

Şifalı bitkilerin ^{232}Th konsantrasyonu en yüksek Adaçayı'nda ($65,25 \pm 5,2$ Bq/kg), en düşük ise Pul Biber'de ($1,46 \pm 0,34$ Bq/kg) ölçülmüştür. Çalışılan şifalı bitkiler için ortalama ^{232}Th konsantrasyonu 18,02 Bq/kg olarak hesaplanmıştır. Ölçülen ^{232}Th aktivite konsantrasyonları Şekil 3.2'de verilmiştir.

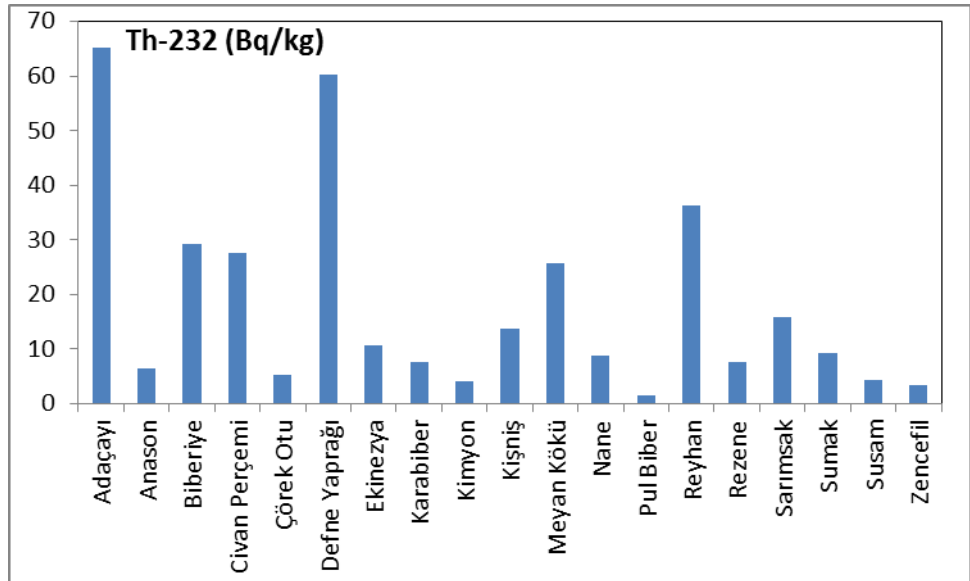
Çizelge 3.1 Şifalı Bitki Örneklerinin ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{137}Cs aktivite konsantrasyonları

Şifalı Bitki	Bilimsel İsmi	Şifalı Bitkilerin Aktivite Konsantrasyonları (Bq kg ⁻¹)			
		^{238}U	^{232}Th	^{40}K	^{137}Cs
Adaçayı	<i>Salvia officinalis</i>	33,46 ± 5,2	65,25 ± 5,2	1300,95 ± 41,01	0,8731 ± 0,5
Anason	<i>Pimpinella anisum</i>	2,49 ± 0,43	6,53 ± 0,58	1035,07 ± 6,68	0,27 ± 0,15
Biberiye	<i>Rosmarinus officinalis</i>	11,67 ± 1,53	29,31 ± 2,57	941,49 ± 13,02	0,63 ± 0,27
Civan Perçemi	<i>Achillea millefolium</i>	8,32 ± 1,26	27,51 ± 3,13	1049,31 ± 21,73	MDA
Çörek Otu	<i>Nigella sativa</i>	1,78 ± 0,29	5,13 ± 0,43	456,10 ± 4,33	MDA
Defne Yaprağı	<i>Laurus nobilis</i>	30,53 ± 3,60	60,28 ± 4,22	669,31 ± 31,05	MDA
Ekinezya	<i>Echinacea species</i>	9,82 ± 1,49	10,77 ± 1,21	1218,69 ± 16,90	0,99 ± 0,60
Karabiber	<i>Piper nigrum</i>	10,42 ± 0,62	7,56 ± 0,53	846,80 ± 6,36	0,27 ± 0,21
Kimyon	<i>Cuminum cyminum</i>	2,83 ± 0,62	4,17 ± 0,51	1072,24 ± 7,08	MDA
Kişniş	<i>Coriandrum sativum</i>	5,22 ± 0,98	13,68 ± 1,34	1078,03 ± 10,17	MDA
Meyan Kökü	<i>Glycyrrhiza glabra</i>	20,28 ± 2,30	25,69 ± 2,26	470,01 ± 17,64	MDA
Nane	<i>Mentha spicata</i>	12,86 ± 1,49	8,68 ± 0,97	1227,56 ± 14,39	MDA
Pul Biber	<i>Capsicum species</i>	3,42 ± 0,45	1,46 ± 0,34	2042,78 ± 9,90	0,33 ± 0,27
Reyhan	<i>Ocimum basilicum</i>	18,24 ± 3,06	36,38 ± 3,39	2211,80 ± 28,50	6,30 ± 0,74
Rezene	<i>Foeniculum vulgare</i>	4,32 ± 0,77	7,49 ± 0,65	1231,01 ± 8,82	0,33 ± 0,26
Sarımsak	<i>Allium sativa</i>	13,99 ± 4,53	15,76 ± 9,95	1002,53 ± 39,80	MDA
Sumak	<i>Rhus coriaria</i>	7,16 ± 0,82	9,18 ± 0,95	465,16 ± 6,73	0,27±0,25
Susam	<i>Sesamum indicum</i>	4,99 ± 0,53	4,29 ± 0,48	312,55 ± 4,38	MDA
Zencefil	<i>Zingiber officinale</i>	4,65 ± 0,59	3,29 ± 0,40	857,81 ± 6,60	MDA
Ortalama		10,87 ± 1,61	18,02 ± 2,06	1025,75 ± 15,53	1,14 ± 0,36

MDA: Minimum detekte edilebilir aktivite



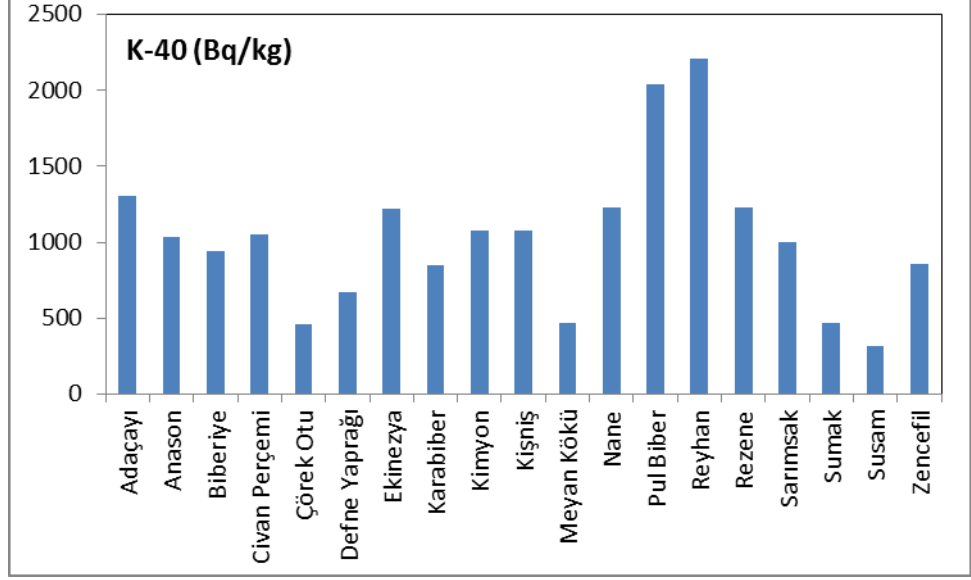
Şekil 3.1 Şifalı bitki örneklerinin ²³⁸U aktivite konsantrasyonları.



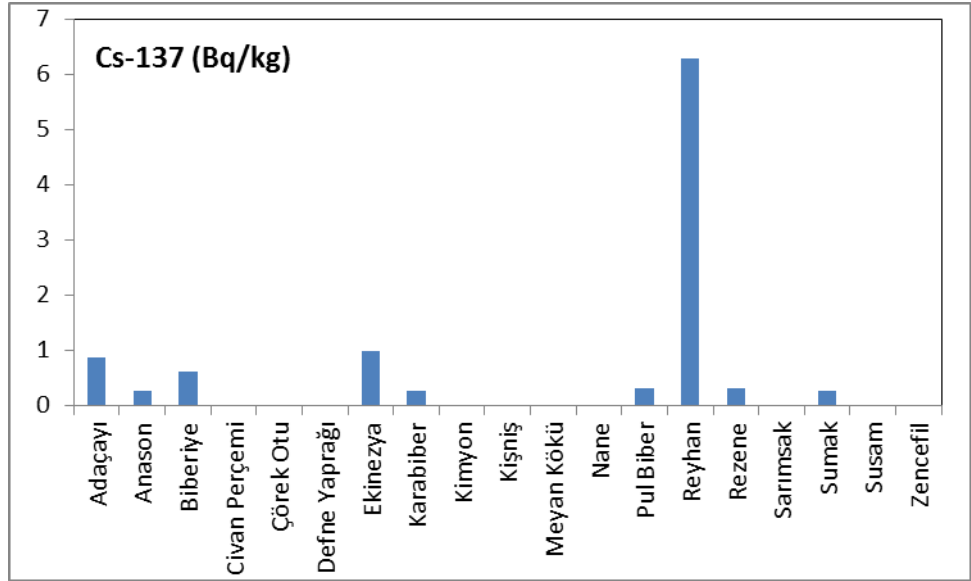
Şekil 3.2 Şifalı bitki örneklerinin ²³²Th aktivite konsantrasyonları.

⁴⁰K'nın en yüksek aktivite konsantrasyon değeri ($2211,80 \pm 28,50$ Bq/kg) Reyhan'da ve en düşük aktivite konsantrasyon değeri ($312,55 \pm 4,38$ Bq/kg) Susam'da ölçülmüştür. Ortalama ⁴⁰K aktivite konsantrasyonu $1025,75$ Bq/kg olarak hesaplanmıştır. Şekil 3.3'de şifalı bitki örneklerinin ⁴⁰K aktivite konsantrasyonları verilmektedir.

Şifalı bitki örneklerinde ^{137}Cs için en yüksek aktivite Reyhan'da ($6,30 \pm 0,74$ Bq/kg), en düşük aktivite ise Anason'da ($0,27 \pm 0,15$ Bq/kg) ölçülmüştür. Ortalama ^{137}Cs aktivite konsantrasyonu 1,14 Bq/kg'dır. 10 adet şifalı bitki örneğinin aktivite konsantrasyonu, 'Minimum Detekte Edilebilir Aktivite' (MDA) değerinin altındadır. Şifalı bitki örneklerinin aktivite konsantrasyonları Şekil 3.4'de gösterilmiştir.



Şekil 3.3 Şifalı bitki örneklerinin ^{40}K aktivite konsantrasyonları.



Şekil 3.4 Şifalı bitki örneklerinin ^{137}Cs aktivite konsantrasyonları.

Çalışılan şifalı bitki örneklerinin tüketimi ile vücut içerisine alınan radyonüklitlerden dolayı maruz kalınan tahmini efektif doz değerleri Çizelge 3.2’de verilmiştir. Doz değerleri, her bir radyonüklit için ortalama aktivite konsantrasyonu, tüketim oranı ve efektif doz katsayısı çarpılarak elde edilmiştir. Yıllık gıda tüketimi (süt ürünleri, et ürünleri, tahıl ürünleri, sebzeler, meyveler ve balık ürünleri) UNSCEAR tarafından dünya genelinde ortalama 500 kg olarak kabul edilir (UNSCEAR, 2000). Yapılan literatür taramalarında, çalışılan şifalı bitki örneklerinin tüketim miktarları ile ilgili olarak Türkiye’de istatistiki bir veriye rastlanılmamıştır. Gıda tüketim oranları beslenme alışkanlıklarına göre oldukça değişkenlik göstermekle birlikte, bu şifalı bitkilerin tüketim miktarının 500 kg’lık dünya ortalama değerinin küçük bir kısmını oluşturacağı da aşıkardır. Bu nedenle yapılan doz hesaplamalarında çalışılan bu şifalı bitki örneklerinin tüketim miktarı, dünya ortalamasının %1’i olarak alınmıştır ve doz tahminleri bu kabul üzerinden yapılmıştır. Çizelge 3.2’de hesaplanan doz tahminleri verilmiştir.

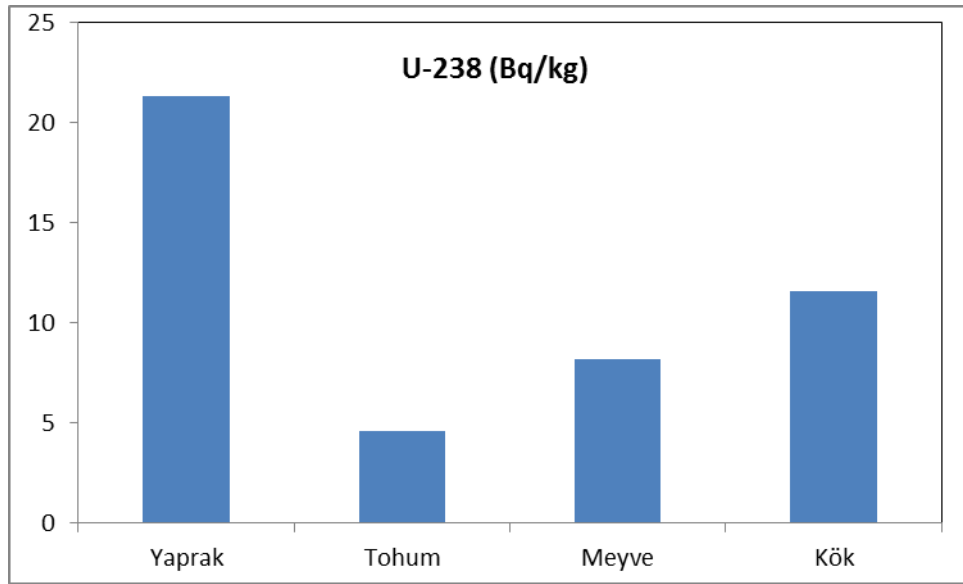
Çalışılan şifalı bitki örneklerinin tüketilmesi ile insanların maruz kaldığı ortalama efektif doz değeri ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{137}Cs için sırası ile $2,45 \mu\text{Sv y}^{-1}$ (standard sapma: 0,36), $20,72 \mu\text{Sv y}^{-1}$ (standard sapma: 2,37), $31,80 \mu\text{Sv y}^{-1}$ (standard sapma: 0,48) ve $0,07 \mu\text{Sv y}^{-1}$ (standard sapma: 0.02) olarak hesaplanmıştır. En büyük katkı ^{40}K radyoizopundan gelmektedir.

Çizelge 3.2 ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{137}Cs için doz katsayıları ve hesaplanan efektif doz değerleri.

Radyonüklitler	Alınan Aktivite (Bq)	Efektif Doz Katsayısı ($\mu\text{Sv Bq}^{-1}$)	Alınan Etkin Doz ($\mu\text{Sv y}^{-1}$)	
			Değer Aralığı	Ortalama
^{238}U	54,35	0.045	$0,40 \pm 0,07 - 7,53 \pm 1,17$	$2,45 \pm 0,36$
^{232}Th	90,1	0.23	$1,68 \pm 0,39 - 75,04 \pm 5,98$	$20,72 \pm 2,37$
^{40}K	5128,75	6.2×10^{-3}	$9,69 \pm 0,14 - 68,57 \pm 0,88$	$31,80 \pm 0,48$
^{137}Cs	5,7	1.3×10^{-2}	$0,02 \pm 0,01 - 0,41 \pm 0,05$	$0,07 \pm 0,02$

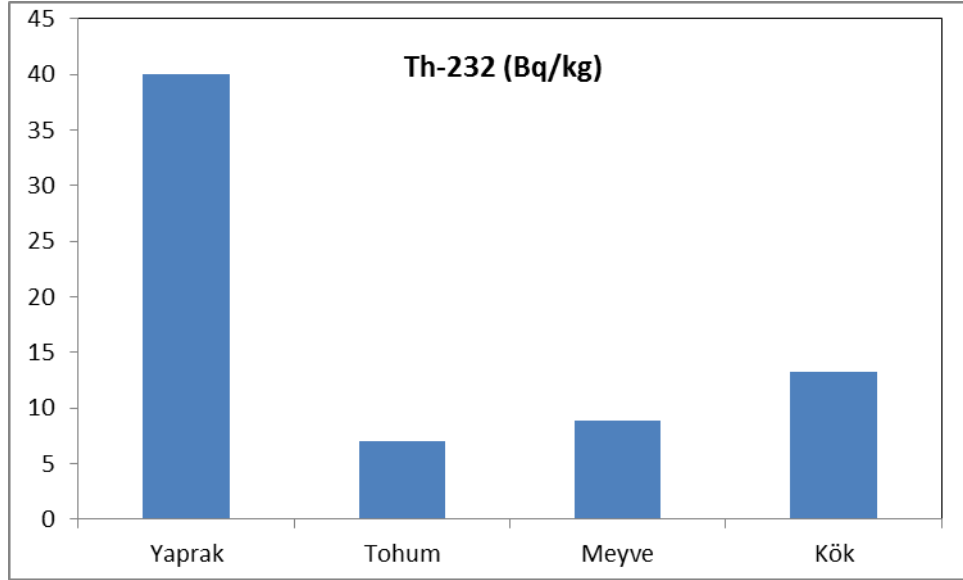
^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{137}Cs efektif doz değerlerinin değişim aralığı sırası ile $0,40 \pm 0,07 - 7,53 \pm 1,17 \mu\text{Sv y}^{-1}$; $1,68 \pm 0,39 - 75,04 \pm 5,98 \mu\text{Sv y}^{-1}$; $9,69 \pm 0,14 - 68,57 \pm 0,88 \mu\text{Sv y}^{-1}$ ve $0,02 \pm 0,01 - 0,41 \pm 0,05 \mu\text{Sv y}^{-1}$ dir. Çalışılan şifalı bitki örneklerinin halk tarafından tüketilmesi ile alabilecekleri etkin doz toplamı yılda $55,04 \mu\text{Sv}$ 'dir. Bu değer, dünya ortalaması olarak kabul edilen $290 \mu\text{Sv}$ 'den küçüktür ve halk sağlığı için tehlikesi yoktur (TAEK).

Çalışılan şifalı bitki örnekleri, kullanılan kısımları dikkate alınarak (yaprak, tohum, meyve ve kök olarak) dört farklı grupta sınıflandırılmıştır. Bu grupların uranyum, toryum, potasyum ve sezyum aktivite konsantrasyonlarının ortalamaları alınmış ve grafikleri çizilmiştir. Bu grafikler Şekil 3.5, Şekil 3.6, Şekil 3.7 ve Şekil 3.8'de verilmiştir. En yüksek ^{238}U konsantrasyonu ($21,35 \text{ Bq/kg}$) yaprakları kullanılan şifalı bitkilerde, en düşük ^{238}U konsantrasyonu ($4,58 \text{ Bq/kg}$) tohumu kullanılan şifalı bitkilerde gözlenmiştir. En yüksek ve en düşük ^{232}Th değerleri ise yine sırası ile yaprakları ve tohumları kullanılan şifalı bitkilerde gözlenmiştir. ^{232}Th değerleri yaprakları kullanılan şifalı bitkiler için $39,98 \text{ Bq/kg}$, tohumları kullanılan şifalı bitkiler için $6,98 \text{ Bq/kg}$ 'dir. ^{40}K konsantrasyonu için en yüksek değer ($1270,22 \text{ Bq/kg}$) yaprakları kullanılan şifalı bitkilerde, en düşük değer ($848,84 \text{ Bq/kg}$) kökleri kullanılan şifalı bitkilerdedir.

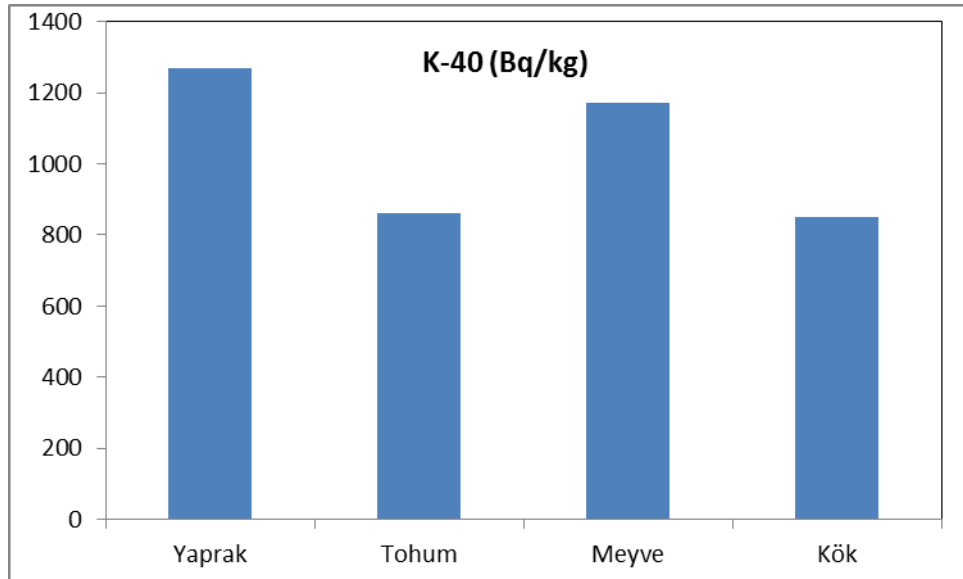


Şekil 3.5 Şifalı bitkilerin kullanılan kısımlarına göre ortalama ^{238}U konsantrasyonu.

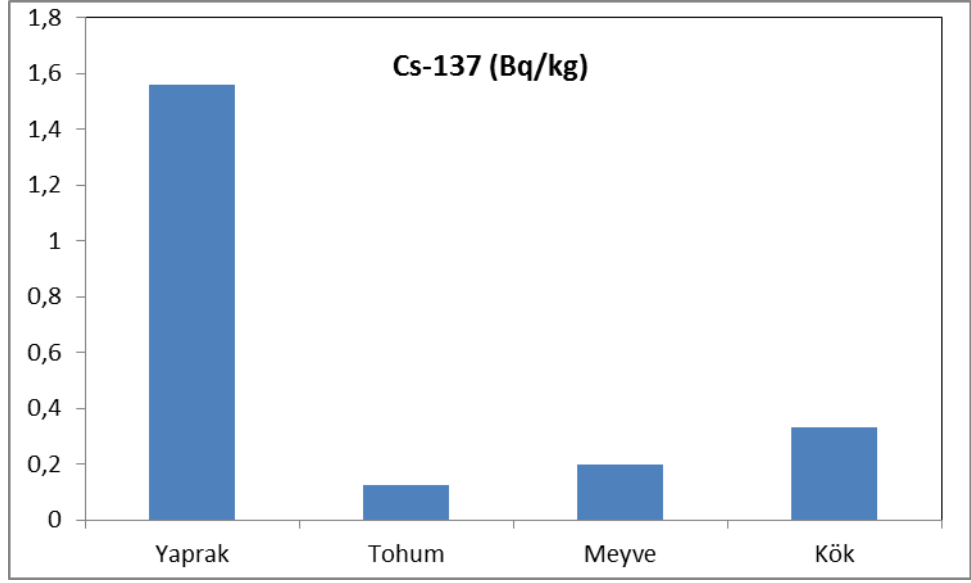
^{137}Cs için en yüksek aktivite yaprakları kullanılan şifalı bitkilerde, en düşük aktivite ise tohumları kullanılan şifalı bitkilerde görülmüştür. Bu değerler yaprak ve tohum kısımları için sırası ile 1,56 Bq/kg ve 0,12 Bq/kg'dır.



Şekil 3.6 Şifalı bitkilerin kullanılan kısımlarına göre ortalama ^{232}Th konsantrasyonu.



Şekil 3.7 Şifalı bitkilerin kullanılan kısımlarına göre ortalama ^{40}K konsantrasyonu.



Şekil 3.8 Şifalı bitkilerin kullanılan kısımlarına göre ortalama ¹³⁷Cs konsantrasyonu.

4 SONUÇLAR

Bu çalışmada antikanserojen aktivitesi bilinen 19 adet şifalı bitki örneğinin ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{137}Cs radyonüklit aktivite konsantrasyonları gama spektrometrik yöntemle belirlenmiştir. Aktivite ölçümleri yüksek saflıkta germanyum detektörlü (HpGe) gama spektrometrik sistem kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Çalışılan şifalı bitki örneklerinde en yüksek ^{238}U ve ^{232}Th aktivitesi Adaçayı örneğinde (^{238}U için $33,46 \pm 5,2$ Bq/kg ve ^{232}Th için $65,25 \pm 5,2$ Bq/kg olarak) ölçülmüştür. En düşük ^{238}U ve ^{232}Th aktivitesi ise sırası ile Çörekotu ($1,78 \pm 0,29$ Bq/kg) ve Pul Biber'de ($1,46 \pm 0,34$ Bq/kg) belirlenmiştir. ^{40}K için en yüksek aktivite Reyhan'da ($2211,80 \pm 28,50$ Bq/kg), en düşük aktivite Susam'da ($312,55 \pm 4,38$ Bq/kg) ölçülmüştür. ^{137}Cs aktivitesi ise en yüksek Reyhan'da ($6,30 \pm 0,74$ Bq/kg), en düşük Anason'da ($0,27 \pm 0,15$ Bq/kg) belirlenmiştir. 10 adet şifalı bitki örneğinin ^{137}Cs aktivite konsantrasyonu, 'Minimum Detekte Edilebilir Aktivite' (MDA) değerinin altındadır.

Çalışılan şifalı bitki örneklerinin tüketilmesi ile insanların maruz kaldığı ortalama efektif doz değeri ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{137}Cs için sırası ile $2,45 \mu\text{Sv y}^{-1}$ (standard sapma: 0,36), $20,72 \mu\text{Sv y}^{-1}$ (standard sapma: 2,37), $31,80 \mu\text{Sv y}^{-1}$ (standard sapma: 0,48) ve $0,07 \mu\text{Sv y}^{-1}$ (standard sapma: 0.02) olarak hesaplanmıştır.

Çalışılan şifalı bitki örneklerinin halk tarafından tüketilmesi ile alabilecekleri etkin doz toplamı yılda $55,04 \mu\text{Sv}$ olarak hesaplanmıştır. Bu değer, dünya ortalaması olarak kabul edilen $290 \mu\text{Sv}$ 'den küçüktür ve halk sağlığı için tehlikesi yoktur.

Çalışılan şifalı bitki örnekleri, kullanılan kısımları dikkate alınarak (yaprak, tohum, meyve ve kök olarak) dört farklı grupta sınıflandırılmıştır. Bu grupların uranyum, toryum, potasyum ve sezyum aktivite konsantrasyonlarının grafikleri çizilmiştir. En yüksek aktivite konsantrasyonlarının yaprakları kullanılan şifalı bitkilerde, en düşük aktivite konsantrasyonlarının ise tohumu kullanılan şifalı bitkilerde olduğu gözlenmiştir.

5 KAYNAKLAR

Badran, H.M., Sharshar, T., Elnimer, T., 2003. Levels of ^{137}Cs and ^{40}K in edible parts of some vegetables consumed in Egypt. J Radioanal Nucl Chem 67:181-190.

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

Baydar, H., 2013. Tıbbi ve Aromatik Bitkiler ve Teknolojisi. ISBN: 975-7929-79-4, Süleyman Demirel Üniversitesi Basım Evi, Isparta. s. 198-199.

Baykal, S., Yeni Tıp Gama Detektörleri ve İz Sürme Tekniği, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2007.

Baytop, T., 1999. Türkiye’de Bitkiler İle Tedavi. ISBN: 975-420-021-1, Nobel Tıp Kitapevleri, İstanbul. s. 339.

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

Canbazoglu, C., Elazığ ve Çevresindeki İçme ve Kullanım Sularında Radyoaktivite Seviyelerinin Tayini, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 1998.

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.

Damla, N., Cevik, U., Kobya, A.I., Ataksor, B., Isık, U., 2010. Assessment of environmental radioactivity for Batman, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment* 160: 401-412.

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

Desideri, D., Meli, M.A., Roselli, C., Feduzi, L., 2011. Alpha and gamma spectrometry for determination of natural and artificial radionuclides in tea, herbal tea and camomile marketed in Italy. *Microchemical Journal* 98: 170-175.

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.

Echinacea, 1995. Woodland Publishing, Inc. P.O. Box 160, Pleasant Grove, UT 84062, <http://www.nutracorp.com/educate/pdf/echinacea.pdf> (Erişim tarihi: 10/12/2013).

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.

Healthy Lifestyle Habits with Alternative Medicine, Essential Anticancer and Cardio Protective-Herbs and Spices, <http://www.cosmicsolutions.org/health/docs/iaccphs.pdf> (Erişim tarihi: 31/12/2013).

Huntimer, E.D., Halaweish, F.T., Chase, C.C., 2006. Proliferative activity of Echinacea angustifolia root extracts on cancer cells: Interference with doxorubicin cytotoxicity. *Chemistry & biodiversity*, 3(6): 695-703.

IAEA (International Atomic Energy Agency), 2005. Derivation of activity concentration values for exclusion, exemption and clearance. In: Safety Reports Series. IAEA, ISSN:1020-6450 no:44, Vienna.

ICRP (International Commission on Radiological Protection), 1994. Age-dependent doses to members of the public from intake of radionuclides:Part 2. Ingestion dose coefficients. Annals of the ICRP 23(3/4). ICRP Publication 67. Pergamon Press, Oxford.

ICRP (International Commission on Radiological Protection), 1996. Age-dependent doses to members of the public from intake of radionuclides. Part 5. Compilation of ingestion and inhalation dose coefficients. Annals of the ICRP 26(1). ICRP Publication 72. Pergamon Press, Oxford.

Karadeniz, Ö., Yaprak, G., 2007. Distribution of radiocesium and natural gamma emitters in pine needles in coniferious forest sites of Izmir. Applied Radiation and Isotopes 65: 1363-1367.

Karahan, G., İstanbul'un Çevresel Doğal Radyoaktivitesinin Tayini ve Doğal Radyasyonların Yıllık Etkin Doz Eşdeğeri, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Nükleer Enerji Enstitüsü, 1997.

Kathren, R.L., 1998. NORM Sources and Their Origins. Appl Radiat Isot 49(3):149-168.

Kokate, C.K., Purohit, A.P., Gokhale, S.B., 2005. Pharmacognosy, 17th ed. Pune: Nirali Prakashan; 287p, 590p.

Krane, K.S. (Çeviri Editörü: Başar Şarer), 2001. Nükleer Fizik 1. Cilt, ISBN: 975-7477-82-6, Palme Yayıncılık, Ankara.

Lee, S., Yuu, Pio, X., 2005. Antiestrogenic activity of ligands from *acanthopanax* arch. Pharm Res 28: 186-189.

Nakano, D., Kwak, C.J., 2006. Sesamine metabolites induce an endothelial nitric acid dependent vasorelaxation. J Pharmacol Exp Ther 318: 328-335.

Ortec, 2010. Solid-State Photon Detector, Operator's Manual, USA.

Özger, A.G., Ceyhan, Yumurtalık ve Pozantı Bölgelerinin Doğal Radyoaktivite Düzeylerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2005.

Şahin, S., Şifalı Bitkilerde Toplam Alfa ve Toplam Beta Radyoaktivitelerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2004.

Solmaz, N.A., Düşük Seviyeli Radyoaktivite Ölçümü İçin Kuyu Tipi Ge Dedektörlü Bir Gama Spektrometresinin 40-2000 keV Enerji Aralığında Verim Kalibrasyonunun Yapılması, Ankara Üniversitesi, Nükleer Bilimler Enstitüsü, 2008.

Sussa, F.V., Damatto, S.R., Alencar, M.M., Mazzilli, B.P., Silva, Paulo S.C., 2013. Natural radioactivity determination in samples of *Peperomia pellucida* commonly used as a medicinal herb. Journal of Environmental Radioactivity 116:148-151.

TAEK, 2010. Radyasyondan Korunma Bilgi Tazeleme Eğitim Notları, Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi, İstanbul.

TAEK, Türkiye Atom Enerjisi Kurumu, <http://www.taek.gov.tr/>

Till, J.E., Moore, R.E., 1998. A pathway analysis approach for determining acceptable level of contamination of radionuclides in soil. Health Phys 55:541-548.

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.

Xuh, Y.X., Pio, X., 2003. Antitumour effect of alcohol extract from *sesamum indicum* flower. Zong Yaho Cai 26: 272-273.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Suna İLTER

Doğum Yeri: Kadirli/OSMANİYE

Doğum Tarihi: 20/11/1983

E Posta: sunailter@hotmail.com

Yabancı Dil: İngilizce

Eğitim Durumu (Okul, mezuniyet yılı, Şehir)

Orta Öğretim: Dört Yol Lisesi, 1998, Hatay

Lisans: Yüzüncü Yıl Üniversitesi, 2002, Van