

Şekil 3.1: G-M sayacı	9
Şekil 3.2: Sintilasyon sayacı	11
Şekil 8.1: 49 Adet şifalı bitkinin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri	36
Şekil 8.2 : Kireçli toprakta yetişen şifalı bitki örneklerinin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri	38
Şekil 8.3 : Kurak toprakta yetişen şifalı bitki örneklerinin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri	39
Şekil 8.4 : Sulu toprakta yetişen şifalı bitki örneklerinin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri	40
Şekil 8.5 : Her türlü toprakta yetişen şifalı bitki örneklerinin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri	42
Şekil 8.6 : Böbrek rahatsızlıklarına faydalı olan şifalı bitkilerin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri	45
Şekil 8.7 : Mide rahatsızlıklarına faydalı olan şifalı bitkilerin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri	46
Şekil 8.8 : Kansere faydalı olan şifalı bitkilerin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri.....	48
Şekil 8.9 : Şeker hastalığına faydalı olan şifalı bitkilerin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri	50
Şekil 8.10 : Depresyona faydalı olan şifalı bitkilerin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri	51
Şekil 8.11 : Karaciğer hastalıklarına faydalı olan şifalı bitkilerin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri	51

Tablo 2.1: Alfa yayıcı radyoizotop kaynaklar	6
Tablo 2.2: Bazı saf beta kaynakları	7
Tablo 3.1: Yarı iletken dedektör materyallerinin fiziksel özellikleri	13
Tablo 4.1: Akut bir bütün beden radyasyon dozunun insan üzerindeki etkileri	15
Tablo 8.1: 49 Adet şifalı bitkinin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri.....	37
Tablo 8.2 : Kireçli toprak çeşidinde yetişebilen şifalı bitkiler.....	38
Tablo 8.3 : Kurak toprak çeşidinde yetişebilen şifalı bitkiler.....	39
Tablo 8.4 : Sulu toprak çeşidinde yetişebilen şifalı bitki numuneleri	40
Tablo 8.5 : Her türlü toprak çeşidinde yetişebilen şifalı bitkiler	42
Tablo 8.6 : Şifalı bitki numunelerinin toprak çeşidine bağlı olarak toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyelerinin en yüksek değerleri	43
Tablo 8.7 : Şifalı bitki numunelerinin toprak çeşidine bağlı olarak toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyelerinin en düşük değerleri.....	43
Tablo 8.8 : Böbrek rahatsızlıklarına faydalı olan şifalı bitkilerin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri	44
Tablo 8.9 : Mide rahatsızlıklarına faydalı olan şifalı bitkilerin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri	47
Tablo 8.10 : Kanser faydalı olan şifalı bitkilerin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri	48
Tablo 8.11 : Şeker hastalığına faydalı olan şifalı bitkilerin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri	49
Tablo 8.12 : Depresyona faydalı olan şifalı bitkilerin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri	50
Tablo 8.13 : Karaciğer hastalıklarına faydalı olan şifalı bitkilerin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri	51

ÖZET
Yüksek Lisans Tezi

**ŞİFALI BİTKİLERDE TOPLAM ALFA ve TOPLAM BETA
RADYOAKTİVİTELERİNİN BELİRLENMESİ**

Sultan ŞAHİN

Fırat Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Fizik Anabilim Dalı

2004, Sayfa: 66

Birçok ülkede ve Türkiye’de, gerek şifa bulmak gerekse tatlandırıcı olarak tüketilen ve şifalı bitki olarak adlandırılan; 49 çeşit bitkinin radyoaktivite konsantrasyonları incelendi. Numuneler, kül haline getirilerek sayıma hazırlandı; toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite konsantrasyonları belirlendi. Toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite konsantrasyonları sırasıyla, ZnS(Ag) ve betaya hassas plastik sintilatör kullanılarak belirlendi. Sonuçlar, şifalı bitkilerin radyoaktivite seviyelerine etki eden faktörleri göz önünde bulundurularak yorumlandı.

Bitkinin yetiştiği bölgenin jeolojik yapısı, toprak türü bitkinin radyoaktivite konsantrasyonu üzerinde etkili faktörler olduğu kabul edilerek, bu çalışmada elde edilen sonuçlar, literatürdeki benzer çalışmaların sonuçları ile uyum içerisinde olduğu gözlemlendi.

Anahtar Kelimeler: Şifalı Bitki, Radyoaktivite, Radyasyon.

ABSTRACT

Master Thesis

DETERMINATION OF THE GROSS ALPHA AND THE GROSS BETA RADIOACTIVITIES IN CURATIVE PLANTS

Sultan ŞAHİN

Fırat University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Physics Department

2004, Page: 66

Radioactivity concentrations of 49 kinds of plant, both to recover health and for sweeten to foods have been consumed and called curative plant, were examined. Samples were prepared by dry ash method and their gross alpha and the gross beta radioactivity concentrations were determined. Determination of the gross alpha and the gross beta radioactivity concentration in prepared samples were made by using ZnS(Ag) and beta assay plastic scintillator, respectively. Results were explained by considering the factors that effective on the radioactivity level of curative plants.

The geological formation and soil type of grown region of plants have affected the factors that effective on the radioactivity concentration of plants. Results in the study harmonize with results of other similar studies.

Keywords: Curative plant, Radioactivity, Radiation.

1. GİRİŞ

Parçacık hızlandırıcılarının, nükleer reaktörlerin ve nükleer güç santrallerinin yapılması, radyoizotop çalışmalarının çok fazla artması ve havada nükleer bomba denemelerinin tekrarlanması dünyadaki radyoaktif serpintilerin artmasına neden olmaktadır. Bunun sonucunda daha fazla insan iyonlaştırıcı radyasyonlarla karşılaşmaktadır.

Kararsız izotop; foton, parçacık ya da her ikisinin kombinasyonu şeklinde fazla enerjiyi yayarak kararlı duruma bozunacaktır. Bu parçacıklar ve fotonların her biri kaynak materyalin özelliğine göre materyal atomunun belirli bir enerji seviyesinden ya da çekirdeğinden belirli bir enerjinin yoğunlaşarak veya nükleonların bir araya gelip başka bir çekirdek formunda ortama yayılması şeklinde ortaya çıkarlar.

Kararlılık mertebesinde, bir atom elektromanyetik dalga veya yüklü parçacık durumundaki kararsızlığında; fazla enerjisini yayarak kararlı hale gelmesine **radyoaktivite** denir [1].

Dış uzaydan iyonize edici radyasyon (kozmetik radyasyon), dünyayı sürekli olarak bombardıman eder. Bunlardan iyonize edici radyasyonlar ve benzer doğal kaynaklar ortama yayılan radyasyonlar background (temel seviye) radyasyon olarak adlandırılırlar. Radyasyon, yüksek hızlı parçacıklar veya belirli seviyelerde enerjilere sahip elektromanyetik dalgalar şeklinde ortamdaki enerji transferidir. Doğal olarak oluşan radyoaktif materyal; toprak ve kayalarda, binaların duvarları ve zeminlerinde, içtiğimiz su ve yediğimiz besinlerde bulunur [2, 3].

Radyoaktif kaynakların aktivitesi klasik birim sisteminde Curie (Ci) veya SI birim sisteminde Becquerel (Bq) cinsinden ölçülür. Bir Curie; saniyede $3,7 \times 10^{10}$ bozunuma sahip herhangi bir radyoaktif maddenin miktarıdır.

Pratik amaçlar için özellikle canlı dokularındaki radyasyonun ölçüsü olarak rem denilen diğer bir birim tarif edilmiştir. Rem, insan dokusunda absorplandığı zaman 1 Röntgenin ($1,293 \times 10^{-3}$ gram kuru havada 1 esb'lik her iki işarette elektrik yüküne denk iyon çifti meydana getiren X veya gama (γ) ışını miktarıdır) yaptığı biyolojik etkinin aynısını yapan radyasyon miktarıdır.

Doğal radyasyonun oluşturduğu temel seviye iki kısımdan ibarettir. Biri dahili, bedendeki radyoaktif maddelerden diğeri ise harici, çevredeki radyasyonlardan ileri gelir. Harici radyasyonlar, kozmetik ışınlar ve yer kabuğundaki radyoaktif kaynaklardan ileri gelen gama radyasyonlarıdır. Dahili kaynaklar, doğal olarak kemiğin yapısında bulunan radyoizotoplar olup radyoaktif potasyum, radyum ve karbon bu kaynaklara örnek olarak verilebilir [4].

Yeryüzünde radyoaktif maddelerin varlığı, insanın üç farklı yol ile radyasyona maruz kalmasına yol açmaktadır. Bunlar; solunum yoluyla akciğere alınan radyoçekirdekler, vücut dışında doğal ortamdan gelen radyasyonlar ve radyoaktif madde içeren yiyeceklerin sindirimi neticesinde vücudun radyasyona maruz kalmasıdır [5].

Her zaman maruz kalınan doğal radyasyonların temel seviye aktiviteleri bölgenin jeolojik ve coğrafi yapısına bağlı olarak değişiklik gösterir. Toprakta var olan radyoizotoplar, toprakla devamlı temas halinde olan sular içerisinde çözünmekte ve sularda doğal temel seviye radyasyonunu meydana getirmektedir.

^{137}Cs , ^{134}Cs , ^{90}Sr , ^{238}Pu , ^{239}Pu ve ^{240}Pu izotoplarının aktiviteleri toprakta daha yüksektir. ^{137}Cs aktivitesinin yaklaşık olarak %100'ü etkileştiği materyallere aktarılır [6]. İç ışınlamalar, bitkiler tarafından; ^{137}Cs 'nin alınması ve bu bitkilerin tüketilmesinden meydana gelir. ^{137}Cs ve ^{60}Co radyoizotopları beta ve gama yayıcılarıdır [7].

Doğal radyoçekirdekler, çevremizde genellikle toprağın bir bileşiği olarak bulunur. Yapay bir radyoçekirdek olan ^{137}Cs ve ^{238}U 'in radyoaktif bozunma serisinden olan ^{214}Bi ve doğal radyoizotop olan ^{40}K doğal ortamda en çok rastlanılan doğal radyoçekirdeklere örnek olarak verilebilirler. Bitkiler topraktan radyoçekirdekleri, köklerindeki karmaşık mekanizmalar vasıtasıyla alarak bünyelerine depo ederler [8].

Bitkiler kökleri vasıtası ile temel gereksinimleri olan suları özümsemekte ve sular içerisindeki inorganik besin maddelerini ve kararlı elementleri bünyelerine almaktadırlar. Bu nedenle, bitki bünyelerinde kararlı elementlerin yanı sıra radyoaktif elementlere de rastlamak mümkündür. Bitkiler; toprak, su ve havadaki radyoçekirdekleri alması nedeniyle temel düzeyde radyoaktivite seviyesine sahiptirler. Birçok bölgedeki radyoaktif kirlilik, bulutlar vasıtasıyla; yağmurlar ile toprak, bitki ve sulara bulaşarak oluşur [9].

Bu çalışmada birçok hastalığa şifa verdiği düşünülen ve bilinçli ya da bilinçsiz olarak tadından dolayı; halk tarafından bilinen ve sıklıkla tüketilen bazı şifalı bitkiler radyoaktiviteleri açısından incelenmiştir. Uygun radyasyon algılama sistemleri kullanılarak elde edilen sonuçlar konuyla ilgili literatür bilgileri göz önünde bulundurularak yorumlanmıştır.

2. RADYASYON ve RADYOAKTİVİTE

2.1. İyonlaştırıcı Radyasyonlar

İyonlaşma, bir atom ya da molekülden bir elektronun kopması olayıdır. Bunu oluşturabilen radyasyon tiplerine, iyonlaştırıcı radyasyon adı verilir [10].

Radyasyon, ışık veya ısı gibi enerjinin bir şeklidir. Radyasyon; dalga boylarına ve frekanslarına göre karakterize edilir.

Farklı iyonlaştırıcı radyasyon tiplerinin geçtikleri ortamda oluşturdukları iyon çiftlerinin sayıları da farklıdır. Bu farklılık, iyonizasyon yoğunluğu ile tanımlanır. Herhangi bir iyonlaştırıcı radyasyonun maddesel bir ortam içinde (doku ya da hava gibi) 1cm'lik yolu boyunca oluşturduğu iyon çiftlerinin sayısına iyonizasyon yoğunluğu adı verilir.

Gerek iyonlaşma gerekse uyarılma olaylarının olabilmesi için ortama enerji verilmesi gerektiğinden, radyasyon; içinden geçtiği ortamda iyonlaşma ve uyarılmayı gerçekleştirdikçe, sahip olduğu enerjiyi içinden geçtiği ortama bırakmış olacaktır. Böylece radyasyon ortam tarafından yutulmuş (absorplanmış) olur.

İyonlaştırıcı radyasyonların canlıda biyolojik bir etkiye neden olabilmesi için radyasyonun neden olduğu enerjinin, canlıyı oluşturan hücrelere ve dokulara dağılması gerekir. Başka bir deyişle, canlı üzerinde herhangi bir radyasyon etkisinin olabilmesi için; radyasyon enerjisinin mutlaka canlı tarafından absorplanmış olması gerekir.

Radyoaktif bozunma sırasında çevreye enerji salımı gerçekleşir. Bozunma sırasında dışarıya salınan enerjiye transisyon enerjisi denir. Bu enerji, partikül veya foton (elektromanyetik) şeklinde salınabilir. Salınan enerjinin çoğunluğu parçacıklı tipte ise, kız ürünün atom ağırlığı azalmış olur. Böylece radyoaktif bozunma, nükleer enerjinin bir başka şekle dönüşümünden ibaret olmayıp; aynı zamanda kütlenin enerjiye dönüşmesi anlamına da gelir [11].

2.1.1. Elektromanyetik Radyasyonlar

X ve gama ışınları elektromanyetik iyonlaştırıcı radyasyon tipleridir. X ve gama ışınları, özellikleri açısından birbirlerine benzerler; aralarındaki fark, meydana geliş şekillerinden kaynaklanır. X-ışınları, atom kaynaklı olabildiği gibi çekirdek dışında oluşan elektronların ani olarak durdurulmasından da kaynaklanabilir. Gama ışınları ise, atom çekirdeğinin içinde ve çekirdek dışındaki elektronlardan oluşan atomik enerji seviyeleri arasındaki geçişlerden de kaynaklanabilir.

2.1.1.1. Gama (γ) Işını

Alfa, beta, pozitron yayılımı ya da elektron yakalama olaylarından sonra çekirdek hemen karalı hale gelemmez. Bozunmadan sonra oluşan kız çekirdek hala uyarılmış durumdadır. Çekirdek bu uyarılma enerjisini gama ışını olarak dışarı salmak suretiyle temel seviyeye ya da mümkün olan en düşük enerji seviyesine dönmek ister. Gama ışınları, elektromanyetik dalga özelliğindedir. Diğer bozunum türlerinden farklı olarak, gama ışını dalga vasıtasıyla nakledilen enerjiyi ifade eder; radyo dalgaları veya görünür ışık benzeri elektromanyetik radyasyon türündedir, fakat çok daha kısa dalga boyludur [1].

Gama ışınları enerji dalgaları olmalarından dolayı elektriksel yüke sahip olmayıp kütsüz olarak kabul edilirler. Bu nedenle α ve β parçacıkları tarafından itilme ve çekilmeye maruz kalmazlar. Gama ışınları, etkileştiği ortamdan dolayı ilerledikleri ortamda iyonlaşma yaparlar. Bir gama fotonu yörüngesel elektronuna çarptığı zaman onu yüksek bir hızla ait olduğu yörüngesinden fırlatır. Bu hızlı elektron, bulunduğu ortamın çevresinde yeni çarpışmalar yaparak ikincil iyonlaşmalara sebep olur. Gama ışınlarının penetrasyon (gircilik) kabiliyetleri diğer nükleer emisyonlara göre daha büyüktür ve insan vücudundan geçebilir. Teorik olarak, gama ışınının tam olarak ortam tarafından yutulması imkansızdır. Çünkü her defasında şiddeti yarıya indiren kalınlıktan söz edilir; ancak kurşun veya çelik gibi yüksek derecede ağır olan materyaller gama ışınları için etkili engeller olabilirler [2].

2.1.2. Parçacıklı Radyasyonlar

Alfa, beta parçacıkları, protonlar, nötronlar ve ağır yüklü iyonlar gibi radyasyonlar parçacıklı radyasyon adını alan grubu oluştururlar [10].

2.1.2.1. Alfa (α) Parçacığı

İki nötron ve iki protondan oluşan parçacıklardır. Bu yapı helyum atomu çekirdeğinin sahip olduğu yapıdır. Alfa parçacığı bozunumu, nötron sayısının proton sayısından çok fazla olduğu çekirdeklerde meydana gelir. Alfa parçacığı, yapılarında bulunan protonlar nedeniyle pozitif yüklü; yapılarındaki protonlar ve nötronlar nedeni ile diğer radyasyon bozunmasından oluşan ürünlere göre oldukça ağır kütleyle sahip parçacıklardır [1].

Alfa parçacıkları yüksek enerji ve geniş hacimden dolayı düşük enerjilerle ve az yoğunluklu maddelerle kolayca etkileşir. Maddesel bir ortam içinden geçerken, yolları üzerindeki atomların negatif yüklü elektronları ile çarpışma olasılıkları çok yüksektir. Bu çarpışmalar sonucunda, çarptıkları elektronların atomdan kopmasına (iyonlaşma) ya da yörünge değiştirmesine (uyarılma) yol açarlar. Bir alfa parçacığının elektronlarla her çarpışması,

iyonlaşma ve uyarılma olaylarına yol açması; kendi enerjisinden bir kısmını kaybetmesine neden olur. İyonlaşma ve uyarılma, alfa parçacıklarının (ya da bütün iyonlaştırıcı radyasyonların) enerjilerini içinden geçtikleri ortama bırakmalarında en önemli iki faktördür.

Alfa parçacıklarının sahip olduğu kinetik enerji genellikle 4-8 MeV arasındadır. Bu enerji ile havada yaklaşık 4 cm, katılarda ise 2-3 cm lik bir mesafede ilerleyebilirler, dokuda bu mesafe 3×10^{-3} mm kadardır. Dokudaki erişme uzaklıklarının çok kısa olması nedeniyle, alfa parçacığının cilde bulaşması durumunda deriyi geçmesi mümkün olmaz. Enerjisinin tamamını olduğu yere bırakarak orada kuvvetli iyonlaşma oluşturur [11, 1, 2].

Alfa parçacığı genel olarak tek enerji (mono-enerjik) yapıda olup kendileri ile ana izotopun yarı ömrü arasında bir korelasyona sahiptir [12]. Tablo 2.1’de alfa parçacığı yayan birçok radyo izotopun genel özellikleri verilmiştir. Alfa parçacığı mono enerjik doğasını ve orijinal enerjisini muhafaza edebilirse; metalik kağıt veya ince bir materyal ile durdurulabilir.

2.1.2.2. Beta (β) Parçacığı

Radyoaktif bir çekirdeğin kararlı hale gelmesi sırasında çekirdek oluşan enerji çekirdek dışına çıkarken maddeleşerek beta parçacığını oluşturur ve ortam içerisine bu halde yayılır. Eğer çekirdekteki bir nötron bir protona dönüşürse; bu reaksiyon sonucunda bu reaksiyon sonucunda açığa çıkan enerjinin yoğunlaşmasıyla negatif yüklü bir beta parçacığı oluşur. Bu bir serbest elektron yükü gibi düşünülebilir ve genellikle beta parçacığı denilince negatif yüklü ve elektron tabiatında bir parçacık kastedilir [1].

Beta parçacığının madde ile etkileşmesi iyonlaşma ve uyarılma ile olur ve bunun sonucunda beta parçacığı giderek enerjisini yitirir. Beta parçacıkları, kütlelerinin küçük oluşu ve negatif yükleri nedeniyle; genellikle yolları üzerindeki atomların yörünge elektronları ile çarpışırlar. Bu arada atom çekirdekleri ile çarpışma olasılıkları da vardır [10].

İyonlaşma şekilleri alfa parçacıklarından farklıdır. Alfa parçacığı yörüngesel elektronu çeker ve böylece bir iyon çifti oluşturur. Beta parçacığı ise, yörüngesel elektronu iterek bir iyon çifti meydana getirir.

Beta parçacıklarının penetrasyon (giricilik) kabiliyeti, alfa parçacıklarından daha fazladır. 1 MeV enerjili beta parçacığının dokuda erişme uzaklığı $4,2 \times 10^{-1}$ cm kadardır. Bu parçacık durdurulduğu yerde zararsız olmayıp enerjisinin tamamını durdurulduğu yerde bırakarak güçlü bir iyonlaşma oluşturur [2].

Alfa parçacığından farklı olarak, teorik olarak sıfırdan belli bir üst sınıra kadar sıralanan sürekli bir enerji dağılımı gösterir. Saf beta yayıcı olarak adlandırılan bazı radyoçekirdekler Tablo 2.2’de verilmiştir.

Tablo 2.1: Alfa yayıcı radyoizotop kaynaklar

Kaynak	Yarı Ömür	Alfa Parçacığı Kinetik Enerjisi (MeV)	Dallanma Yüzdesi
¹⁴⁸ Gd	93 y	3,182787 ± 0,000024	100
²³² Th	1,4 x 10 ¹⁰ y	4,012 ± 0,005 3,953 ± 0,008	77 23
²³⁸ U	4,5 X 10 ⁹ y	4,196 ± 0,004 4,149 ± 0,005	77 23
²³⁵ U	7,1 x 10 ⁸ y	4,598 ± 0,002 4,401 ± 0,002 4,374 ± 0,002 4,365 ± 0,002 4,219 ± 0,002	4,6 56 6 12 6
²³⁶ U	2,4 x 10 ⁷ y	4,494 ± 0,003 4,445 ± 0,005	74 26
²³⁰ Th	7,7 x 10 ⁴ y	4,6875 ± 0,0015 4,6210 ± 0,0015	76,3 23,4
²³⁴ U	2,5 x 10 ⁵ y	4,7739 ± 0,0009 4,7220 ± 0,0009	72 28
²³¹ Pa	3,2 x 10 ⁴ y	5,0590 ± 0,0008 5,0297 ± 0,0008 5,0141 ± 0,0008 4,9517 ± 0,0008	11 20 25,4 22,8
²³⁹ Pu	2,4 x 10 ⁴ y	5,1554 ± 0,0007 5,1429 ± 0,0008 5,1046 ± 0,0008	73,3 15,1 11,5
²⁴⁰ Pu	6,5 x 10 ³ y	5,16830 ± 0,00015 5,12382 ± 0,00023	76 24
²⁴³ Am	7,4 x 10 ³ y	5,2754 ± 0,0010 5,2335 ± 0,0010	87,4 11
²¹⁰ Po	138 gün	5,30451 ± 0,00007	99 +
²⁴¹ Am	433 y	5,48574 ± 0,00012 5,44298 ± 0,00013	85,2 12,8
²³⁸ Pu	88 y	5,49921 ± 0,00020 5,4565 ± 0,0004	71,1 28,7
²⁴⁴ Cm	18 y	5,80496 ± 0,00005 5,762835 ± 0,000030	76,4 23,6
²⁴³ Cm	30 y	6,067 ± 0,003 5,992 ± 0,002 5,7847 ± 0,0009 5,7415 ± 0,0009	1,5 5,7 73,2 11,5
²⁴² Cm	163 gün	6,11292 ± 0,00008 6,06963 ± 0,00012	74 26
^{254m} Es	276 gün	6,4288 ± 0,0015	93
²⁵³ Es	20,5 gün	6,63273 ± 0,00005 6,5916 ± 0,0002	90 6,6

Tablo 2.2: Bazı saf beta kaynakları [12]

Çekirdekler	Yarı-Ömür	Enerji (MeV)
³ H	12,26 yıl	0,0186
¹⁴ C	5730 yıl	0,156
³² P	14,28 gün	1,710
³³ P	24,4 gün	0,248
³⁵ S	87,9 gün	0,167
³⁶ Cl	3,08x10 ⁵ yıl	0,714
⁴⁵ Ca	165 gün	0,252
⁶³ Ni	92 yıl	0,067
⁹⁰ Sr / ⁹⁰ Y	27,7 yıl / 64 saat	0,546 / 2,27
⁹⁹ Tc	2,12x10 ⁵ yıl	0,292
¹⁴⁷ Pm	2,62 yıl	0,224
²⁰⁴ Tl	3,81 yıl	0,766

3. RADYASYON ALGILAMA YÖNTEMLERİ

Nükleer radyasyonları tespit etmek için kullanılan tüm detektörlerin temel çalışma ilkeleri benzer özelliklere sahiptir: 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 pulsu veya gerilim şekline dönüştürülür.

Radyasyonların ölçülmeleri için bunların madde ile temasa geçirilmeleri şarttır. Radyasyonlar maddeye çarpınca kimyasal, fotokimyasal, iyonlaşma, fosforesans ve flüoresans gibi çeşitli olaylara sebep olur ve enerjilerini kaybederler. Bu özelliklerinden yararlanmak suretiyle radyasyonların ölçülmesini ve algılanmasını sağlayan cihazlar yapılmıştır.

Basit radyasyon sayaçları, yüklü parçacıkların ve fotonların belli ortamlarda iyonlaşma meydana getirmelerinden hareketle yapılırlar.

3.1. Gaz Doldurulmuş Detektörler

Gaz doldurulmuş detektörler, iyonizasyon detektörleri olarak da adlandırılır. Radyasyonun oluşturduğu iyonizasyon akımını ölçerler. Silindirik bir kap içerisine yüksek basınçta bir gaz (genellikle hava, helyum, argon gibi) doldurulmuştur. Bu gaz anot ve katot olarak bilinen iki elektrot arasına sıkıştırılır. Zıt yüklü olan bu elektrotlar arasında bir manyetik alan oluşturur. İyonlaştırıcı radyasyon, gaz molekülleriyle etkileşerek gazı iyonlarına ayırır. Pozitif iyonlar katoda, negatif iyonlar anoda doğru sürüklenir. Böylece iki zıt kutupta bir iyon ya da iyonizasyon akımı meydana gelir. Oluşan bu akımın şiddeti gelen radyasyonun şiddeti ile doğru orantılıdır.

İyonizasyon odalarının çoğunda elektrotlar arasındaki gaz, atmosfer ile karışması önlenmiş, muhafazalı havadır. Çok farklı tipleri olmakla birlikte en sık kullanılanı, silindirik şekilde olup silindirin merkezi ekseninde asılı olan metalik bir telden ibaret olan tipleridir. Odaya giren radyasyon içerdeki gazı iyonlaştırır. Pozitif iyonlar odanın kenarlarına, negatif yüklü olan elektronlar da orta tele doğru göç ederler. Başlangıçta iyonlar küçük bir gerilim etkisi altında olduklarından elektrotlarda toplanma yerine tekrar birleşirler ve iyonların ancak pek az bir kısmı elektrotlara erişebildiklerinden geçen akım zayıf olur. Gerilim arttırıldığında iyonlar daha hızlı hareket etmeye başlar ve tekrar birleşmeye vakit bulamadan gittikçe elektrotlarda daha çok sayıda toplanmış olurlar.

Gerilim artışının belli bir değerinden sonra iyonizasyon akımının tekrar artmaya başladığı görülür. Bunun nedeni iyonlaştırıcı radyasyonun meydana getirdiği ilk (primer) iyonların elektrik alanda daha fazla hızlanmaları sonucunda gazda ikincil (sekonder) iyonlar

meydana getirmeleridir. Oluşan ikincil iyonlar birincil iyonlarla orantılıdır. Buna gaz çoğaltması (amplifikasyonu) denir. Bu orantının sürdüğü gerilim aralığına orantılı bölge denir.

3.2. Geiger-Müller (G-M) Sayaçları

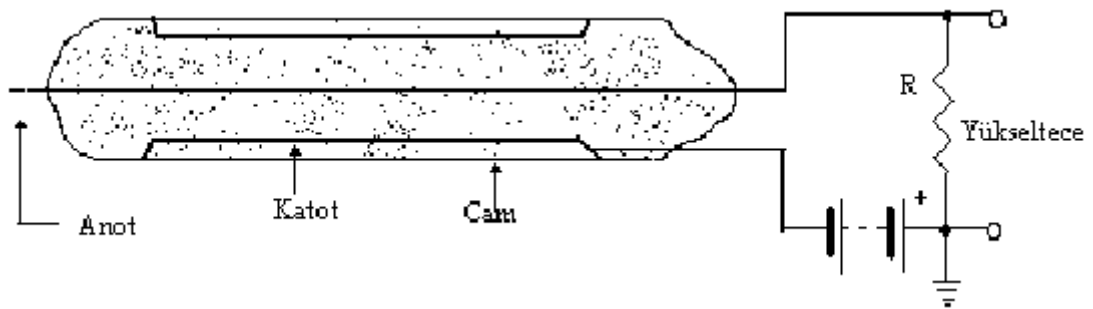
Geiger-Müller sayaçları, var olan radyasyon sayaçları içinde en eski detektör türlerinden biridir (Şekil 3.1). Bununla beraber bu detektörlerin; basitliği, düşük maliyeti ve kullanım kolaylığı nedeniyle günümüzde çok kullanılmalarına neden olur.

Geiger-Müller sayaçları, iyonizasyona dayalı gaz dolgu detektörlerdir. Orantılı sayıcılarda radyasyon izi boyunca şekillenen orijinal iyon çiftleri tarafından oluşan yükü, arttırmak için çoğaltıcı gaz kullanılır. Orantılı sayıcı bölgesinde; orijinal iyonizasyon ile ilişkili elektronlardan oluşan ve diğer meydana gelen bütün çığlardan bağımsız bir çığ meydana gelir. Bütün çığların hemen hemen özdeş olmasından dolayı; toplanan yük, orijinal elektronların sayısı ile orantılıdır. Elektrik alanın kritik değerinde; her bir çığ, bir çok çığ ve kendiliğinden çoğalma zincir reaksiyonları meydana gelir. Geiger boşalma bölgesinde; Geiger tüpündeki bütün atmalar (pulsar), başlangıçtaki iyon çiftlerinin sayısı ile aynı bolluktedir.

Geiger tüpünde oluşan tipik atma, toplanan yükün miktarını gösterir; yaklaşık 10^9 - 10^{10} iyon çifti oluşumu boşalma bölgesinde meydana gelir. Bu yüzden, çıkış atması tipik olarak volt mertebesinde oldukça yüksektir. Geiger-Müller sayacı, basit ve ekonomik bir radyasyon sayacına ihtiyaç duyulduğunda sıklıkla yapılan en iyi tercihtir.

Enerji bilgisi verme eksikliğinin haricinde, G-M sayacının başlıca dezavantajı; diğer sayaçlara göre geniş ölü zamana sahip olmasıdır. Bu nedenle, nispeten düşük sayım oranı ile sınırlanmıştır.

Geiger tüpüne doldurulan gaz içinde meydana gelen tek bir iyon çiftinin, tam bir Geiger boşalmasını başlatmaya yeterli olmasından dolayı; tüpün aktif hacmine giren herhangi yüklü bir parçacık için sayım verimi %100'dür. Bu yüzden efektif sayım verimi, emilen geri saçılmayan radyasyonun haricinde; tüpün penceresinde geri saçılan radyasyonun giricilik olasılığı ile belirlenir [12].



Şekil 3.1: G-M sayacı

Tüpteki gazın cinsine göre Geiger-Müller sayıcıları iki tipe ayrılır. Birinci tip sayıcılarda: Hava, hidrojen, asal gazlar (genellikle argon), ya da bunların karışımları kullanılır. Bu tip sayıcılara kendinden sönümlü olmayan G-M sayıcıları denilir. İkinci tip sayıcıların tüplerindeki gaz kendinden sönümlüdür. Söndürme gazı olarak; organik cisimler ya da klor, brom gibi halojen buharları kullanılır [11].

Çıkış pulsu sinyalinin genliği birincil iyonlaşmadan bağımsızdır. Bu yüzden bir G-M sayacındaki parçacıklardan her biri, enerjileri ve sebep oldukları birincil iyonlaşma miktarlarından bağımsız olarak aynı büyüklükte bir sinyal üretir. Bu özellik, Geiger-Müller sayacını tek parçacıkların algılamasını çok uygun kılar [13].

3.3. Gaz Orantılı Sintilasyon Sayıcılar

Gaz orantılı sintilasyon sayıcı, uyarılmış gaz atomları veya molekülleri tarafından yayınlanan görülebilir ve ultraviyole fotonlardan bir işaret pulsu oluşturulmasına dayanır. Geleneksel gaz sintilatörlerde; bu uyarılmış gaz molekülleri gaz içinden geçerek gelen radyasyonun doğrudan etkileşmesi ile meydana gelir. Uyarılma durumlarının ömrü, normal olarak kısadır, yani parıltı gelen parçacığın geçiş zamanının birkaç nanosaniyesi içinde meydana gelir.

Elektrik alan gaz içine uygulanırsa; parçacık izi boyunca meydana gelen iyon çiftlerinden oluşan serbest elektronlar iyonizasyon odası veya orantılı sayıcıda oluşarak sürüklenecektir. Eğer alan yeterince güçlü ise, bu elektronlar ve yüksüz gaz molekülleri arasındaki inelastik çarpışmalar uyarılmış seviyeler için moleküller ile aynı seviyeye yükseltebilir. Gaz orantılı sintilasyon sayıcıda bununla beraber, uyarılmış gaz molekülleri tarafından yayınlanan fotonlar tüp üzerine gelen fotonların sayısı ile orantılı elektriksel atma meydana getiren fotoçoğaltıcı tüp tarafından algılanır.

Gaz orantılı sayıcıların dezavantajı, geleneksel orantılı sayıcılardan daha çok gaz kirliliğinin zararlı etkisine olan hassaslığıdır. Sonuç olarak; bu detektörlerin çoğu, kirlilikleri kontrol etmek için kullanılan sürekli bir akım gaz temizleme sistemi iş görür [12].

3.4. Sintilasyon Sayıcıları

Radyoaktif ışınlar bir maddenin atom ve molekülleriyle etkileşime girdiğinde enerjisine göre; madde içinde iyonizasyon ya da eksitasyon meydana getirir. Şayet radyasyon enerjisi her iki olayı da meydana getiremeyecek kadar düşük ise, etkileştiği ortamdaki moleküller arasında sadece titreşim meydana getirir ve yok olur. Üzerine düşen radyasyon enerjisi ile orantılı olarak dışarıya görünür ışık yayan cisimlere **sintilatör** denilir. Sintilatörden yayılan görülebilir ışıklara da sintilasyon denir [11].

Sintilasyon sayıcıları yüksek enerjili parçacıkların veya gama ışınlarının flor veya fosfor denilen cisimler üzerine gönderilmeleri suretiyle meydana gelen radyasyonlar, önce bir fotokatot üzerine gönderip burada meydana gelen fotoelektronları fotoçoğaltıcılardan geçirmek suretiyle sayılarını arttırmak ve sonunda bunları kaydediciler ile tespit etmekten ibarettir [4].

Birçok sayaca göre; yüksek verime ve kısa enerji çözme zamanına sahip olması nedeniyle sintilasyon sayacı oldukça kullanışlıdır. Sintilasyon sayacında elde edilen atmanın yüksekliği gelen foton veya parçacığın enerjisi ile orantılıdır. Bu atmalar büyütülerek bir sayıcı ile sayılabilir [13].

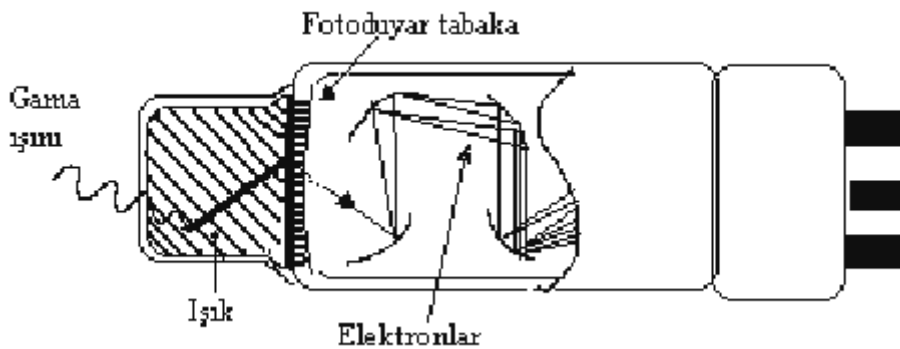
3.4.1. Sintilatör Türleri

3.4.1.1. Saf Organik Kristaller

En iyi bilinen iki saf organik kristal vardır. Antresin, herhangi bir organik sintilatöre göre; en yüksek sintilasyon verimi olan enerji başına en büyük ışık çıkışına sahiptir ve sintilasyonun amacına uygunluğu nedeniyle kullanılan en eski organik materyallerden biridir. Stilben, daha düşük sintilasyon verimine sahiptir, fakat yüklü parçacıklar ve elektronlar tarafından elektrik akımı oluştururken; sintilasyonlar arasındaki atma şekli farklarını ayırt etmek için tercih edilir. Her iki materyal nispeten, büyük hacimlerde geçerli olan; geçilmesi zor ve kolayca kırılabilme özelliğine sahiptirler (Şekil 3.2).

3.4.1.2. Sıvı Organik Sintilatörler

Kullanılan sintilatörlerin bir kısmı uygun çözücü içinde organik sintilatörün erimesi ile elde edilir. Sıvı sintilatörler basit olarak iki bileşenden meydana gelebilir ya da fotoçoğaltıcı tüplerin spektral tepkisine en iyi denk gelen emisyon spektrumuna uyum sağlamak için dalga boyu değiştirilerek üçüncü bileşik ilave edilir.



Şekil 3.2: Sintilasyon sayacı

Sıvı sintilatörler, katı sintilatörler gibi aynı tarzda kullanılır. Birçok sıvıda, erimiş oksijenin varlığı güçlü bir söndürme yetkisine sahip olarak kullanılabilir ve esasen azalan floresans verimine götürür.

Sıvı sintilatörler, radyoaktif materyal sayımı için yaygın olarak kullanılır. Bu durumda; bütün radyasyonlar sintilatörün aynı kısmının içinden doğrudan doğruya geçerek kaynak tarafından yayınlanır ve sayım verimi hemen hemen %100 olabilir. Bu sintilatör tekniği, ^{14}C ve Tritiyum gibi düşük seviyeli beta aktivitesi sayımı için yaygın olarak kullanılır [12]. Genellikle beta sayımı için kullanılırlar. Organik sıvı maddelerin sintilatör olarak katı maddelere göre önemli bir üstünlüğü, radyoaktivitenin tarayıcıdaki sıvı hacmine tamamı ile nüfuz edebilmeli ve dedeksiyon etkinliğinin artmasıdır [11].

3.4.1.3. Plastik Sintilatörler

Organik sintilatörler, polimerize edilebilen çözücü içinde eritilirse; katı eriyiğe eşit miktarda meydana gelebilir. Yaygın bir örnek; eritilmiş uygun organik sintilatör içindeki sitrin monomerinden meydana gelen çözücüdür. O zaman sitrin, katı plastik şekline polimerize edilir [12].

3.4.1.4. İnorganik Sintilatörler

İnorganik sintilatörler katı kristal yapıdadırlar. Bu yapılarda bireysel atom ve moleküller, sintilatör özellik göstermeyip; sintilatör özellik sadece kristal yapıya aittir.

İnorganik kristaller genellikle saf olmayıp, Tl ve Ag gibi aktivatör elementlerle safsızlaştırılır. Bu şekil kristal yapıda olup, en sık kullanılan inorganik sintilatörler; NaI (Tl) ve ZnS (Ag)'dir.

3.4.1.4.1. NaI(Tl) Sintilatörü

NaI(Tl)'un en dikkate değer özelliği, onun mükemmel parıltı vermesidir. Elektronlara ve gama ışınlarına tepkisi, önemli enerji oranının bir çoğunu lineerliğe yakınlaştırmasıdır. Rutin gama ışını spektroskopisi için standart sintilasyon materyalleri gibi kabul edilir. Kristal, bir dereceye kadar kırılmandır ve kolayca mekaniksel veya termal şok ile zarar görebilir. NaI(Tl)'de sintilasyon bozulma zamanı, bir dereceye kadar yüksek sıcaklıklarda daha hızlı tepki vermesi ile sıcaklığın bir fonksiyonudur. NaI(Tl) kristalinin avantajları [11]; yoğunluğu $3,67 \text{ g/cm}^3$, katkı maddesi olan iyodun atom ağırlığı 53 olup; gama ve x-ışınlarını iyi absorbe eder, yaklaşık 30 eV enerji absorpsiyonunda bir görünür ışık fotonu salar, self-absorpsiyonla sebep olunan sintilasyon kaybını en aza indirir, kristal içinde absorbe ettiği radyasyon enerjisiyle orantılı

sintilasyon çıkarır. NaI(Tl) kristalinin dezavantajları ise; mekanik ve termal darbelere karşı dayanıksız olup kolayca kırılabilir, NaI(Tl) kristali hidrooskopik olup, nemli ve rutubetli ortamlarda kaldığı sürece kristal içinde sarı lekeler oluşur ki bu da kristalin verimini azaltır.

3.4.1.4.2. ZnS (Ag) Sintilatörü

Gümüş katkılı çinko sülfür, en eski inorganik sintilatörlerden birisidir. Sadece polikristal toz olarak bulunmasının haricinde, NaI(Tl)'a göre çok yüksek sintilasyon verimine sahiptir. Sonuç olarak; bu sintilatörün kullanımı aslında alfa parçacığı veya diğer ağır iyon dedeksiyonu için kullanılan ince perdeler ile sınırlanmıştır.

3.5. Yarı İletken Diyot Detektörler

Birçok dedeksiyon uygulamalarında, katı dedeksiyon materyallerinin kullanımı büyük avantaj sağlar. Yüksek enerjili elektronlar veya gama ışınlarının ölçülmesi için, detektör boyutları; katı hacminin gazdan yaklaşık olarak bin kat daha büyük olmasından dolayı gaz dolgulu detektörlerden çok daha küçük tutulabilir.

Sintilasyon sayaçlarının başlıca sınırlamalarından biri, onların zayıf enerji çözünürlükleridir. Bir bilgi taşıyıcının oluşması için gereken enerji, 100 eV mertebesinde veya daha fazladır ve tipik radyasyon etkileşmelerinde meydana gelen taşıyıcıların sayısı genellikle 5000'den daha çok değildir. Sodyum iyodür sintilasyonlarının enerji çözünürlüğü, 0,662 MeV'lik gama ışını dedekte edildiğinde yaklaşık olarak %6 ile sınırlanmıştır.

Enerji çözünürlüğündeki istatistiksel sınırı düzeltmenin tek yolu atma başına taşıyıcıların sayısını arttırmaktır. Yarı iletken materyallerin kullanıldığı detektörler de, diğer detektör türlerine göre daha geniş sonuçlar elde edilir. Temel taşıyıcılar, detektör içindeki birincil radyasyon veya ikincil parçacık olan yüklü parçacık tarafından alınan yol boyunca meydana gelen elektron-boşluk çiftleridir. Elektron-boşluk çifti, gaz dolgulu detektörler içinde meydana gelen iyon çiftlerine bir dereceye kadar benzerdir. Temel dedeksiyon araçları olarak kullanılan yarı iletken cihazlar, 1960 s'de pratik olarak uygun hale gelirler [12]. Yarı-iletken detektörlerin bazı fiziksel özellikleri Tablo 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1: Yarı iletken detektör materyallerinin fiziksel özellikleri

Fiziksel özellik	Si	Ge	HgI	CdTe	CdZnTe
Yoğunluk (g/cm ³)	2,3	5,3	6,4	5,85	5,8
Band-aralığı (eV)	1,12	0,74	2,13	1,47	1,5
e-h enerjisi (eV)	3,6	2,9	4,2	4,4	4,4

4. İYONLAŞTIRICI RADYASYONLARIN ETKİLERİ

4.1. İyonlaştırıcı Radyasyonların Hücre Üzerindeki Etkileri

İyonlaştırıcı radyasyonların hücre bileşenleri ile etkileşmesinde meydana gelen olaylar zincirinin dört ana kısımdan oluştuğu düşünülmektedir [4].

1. Radyasyon, hücrenin bir atomu veya molekülü ile etkileşmesinde bir birincil iyonizasyon olayı meydana gelir. Bu etkileşme 10^{-13} s gibi çok kısa bir zaman almaktadır.
2. Bu etkileşme sonucu hücreden yeni ürünler meydana gelmektedir. Meydana gelen ürünlerden bazıları kimyasal bakımdan çok reaktif olabilir. Çok önemli bir etkileşme, radyasyonun hücredeki su molekülleri ile etkileşmesi sonucu O^+ ve OH^- köklerinin (radikallerinin) meydana gelişidir. Bu kökler son derece reaktiftir. Bu reaktif kimyasal maddelerin meydana geliş birincil kimyasal etki olarak kabul edilir ve yaklaşık 10^{-9} s kadar sürdüğü düşünülmektedir.
3. Radikaller arasında veya radikallerle hücrenin daha önceden etkilenmeyen molekülleri arasında kimyasal reaksiyonlar meydana gelir.
4. Hücrede meydana gelen hasar sonucu biyolojik etki ortaya çıkar. Bu etki, hücrenin organizma içindeki önemine ve hasarın cinsine göre önemli veya önemsiz olabilir. Biyolojik etki bütün bu etkilerin toplamıdır.

4.1.1. Radyasyonların Genetik Etkileri

Radyasyonun etkisi altında bu genlerden birinin yapısı değiştirilebilir veya kromozom ipliği bir veya daha fazla yerde kırılabilir. Birinci durumda hücrenin genetik materyalini oluşturan moleküllerde bir değişiklik meydana gelir, buna **gen mutasyonu** adı verilir. İkinci durumda ise üç ayrı sonuç meydana gelebilir.

1. Kırılan kromozom parçaları kırılmadan önceki şekilde yeniden birleşir ve hiçbir değişiklik görülmez.
2. Kırılan parçalar yeniden birleşemez ve hücre ölür.
3. Kırılan kromozom parçaları aslında olduğundan başka bir şekilde birleşerek yeni bir kromozom düzenlemesi meydana getirirler.

4.1.2. Radyasyonların Somatik Etkileri

İyonlaştırıcı radyasyonun somatik etkileri, radyasyona maruz kalan kişinin ömrü süresince ortaya çıkan etkilerdir. Somatik etkilerin cinsi ve önemi birçok faktörlere bağlıdır. Bunlar içinde en önemlileri:

- i. Maruz kalınan toplam radyasyon dozu,
- ii. Radyasyon dozunun alındığı süre,
- iii. Radyasyonlara maruz kalan beden kısmı ve alanıdır.

İnsanların radyasyon dozlarına maruz kalmaları iki ayrı grupta incelenebilir.

4.1.2.1. Akut ışınlama: Oldukça kısa bir zaman süresi içinde ışınlama sonucu alınan dozlardır. Bu ışınlamanın genel özellikleri Tablo 4.1’de verilmiştir.

4.1.2.2. Kronik ışınlama: Uzun bir zaman süresi içinde meydana gelen ışınlama sonucu alınan dozlardır. Uzun süreli radyasyon etkileri:

- i. Kanser meydana gelmesi,
- ii. Doğal ömür süresinin kısalması,
- iii. Embriyo ve genel gelişmesi üzerindeki etkiler,
- iv. Katarakt meydana gelmesi.

4.2. Radyasyonların Organlar ve Dokular Üzerindeki Etkileri

Radyasyon hasarlarına karşı tepkiler, ışınlanan organın ve dokuların radyasyon duyarlılıklarıyla bu organ ve dokuların bedende gördükleri fonksiyonlara bağlıdır. Genel olarak, beyin dahil bütün sinir dokusu ve kalp dahil bütün kas dokusu radyasyona karşı duyarlı değildirler.

Tablo 4.1: Bir bütün beden radyasyon akut dozunun insan üzerindeki etkileri

Akut Doz (rem)	Olası Klinik Belirtileri
0 – 25	Gözlenebilir hiçbir etkisi yoktur.
25 – 100	Kan tablosunda hafif değişiklikler dışında gözlenebilir bir etki yoktur.
100 – 200	3 saat içinde %5-50 oranında kusma ile birlikte yorgunluk ve iştahsızlık, orta derecede kan değişiklikleri, bütün olaylarda birkaç hafta içinde iyileşme meydana gelir, kan yapan sistemin normale dönmesi daha uzun sürer.
200 – 600	300 rem veya daha fazla doz alanların hepsinde 2 saat veya daha kısa bir süre içinde kusma görülür, kan tablosunda önemli değişikliklerle birlikte enfeksiyon meydana gelir. 300 rem’in üstünde dozlar için 2 hafta sonra saçlar ve kıllar dökülür, 1 ay ile 1 yıl arasında %20-100 arasında iyileşme görülür.
600 – 1000	Bir saat içinde kusma, kan tablosunda önemli değişiklikler, enfeksiyon ve saç dökülmesi görülür; bu sınırlar içinde doz alanların %80-100’ü 2 ay içinde ölür, sağ kalanların iyileşmesi uzun zaman alır.

Radyasyonun bir doku veya organ üzerindeki hasarı dokunun veya organın meydana getirdiği ürünlerin (hormonlar, özel hücreler, enzimler, vb.) artmasına veya azalmasına, dokunun veya organın büyümesinde aksaklıklara veya ölümüne neden olabilir.

Radyasyonların insan bedeni üzerindeki etkilerinin incelenmesi aşağıdaki sırada olmak üzere; organ ve doku gruplarının zarar gördüklerini göstermektedir.

4.2.1. Kan ve Kemik İliği: Kan hücrelerinin ömürleri ve radyasyon duyarlılıkları arasındaki farklar radyasyon hasarı bakımından önemlidir. Bedenin radyasyona maruz kalması halinde beyaz kan hücrelerinde azalma (lökopenya), piletitlerde (kanın pıhtılaşmasını sağlar) azalma ve eritrositlerin sayısında azalma (anemi) olur.

4.2.2. Lenfatik Sistem (Dalak ve Diğer Lenfatik Dokular): Fazla radyasyon etkisinde kalınması durumunda, lenfatik dokular tahrip olur ve bedenin lenfatik fonksiyonları yapılamayacağından tehlikeli bir durum meydana gelir. Lenf düğümlerinde iş gören lenfositlerin azalması bakterilerin çoğalmasına ve enfeksiyon meydana gelmesine neden olur.

4.2.3. Cilt ve Kıl Folikülleri: Düşük radyasyon dozları halinde hasara uğrayan cilt yüzeyi kolaylıkla kendini onarır. Normal hücreler derhal çoğalmaya başlayarak cildi onarır ve oldukça hızlı olarak iyileşme meydana gelir. Kronik veya akut olarak yüksek radyasyon dozları ile ışınlanan ciltte kanser hücreleri oluşabilir.

4.2.4. Sindirim Sistemi: Sindirim sisteminin duvarlarında bulunan özel hücreler besin maddelerinin özümlenecek bir duruma gelmesini sağlayan sıvılar salgılar. Radyasyonların sindirim sistemi üzerinde görülen ilk etkisi, salgılayan azalması ve hücre yenilenmesinin durması, mide bulanması ve kusmadır. Hücrelerin tahribi devam edecek olursa, sindirim sisteminin duvarlarında çok sayıda hücre koparak serbest hale gelir ve bağırsakların kıvrıntıları bunlarla dolar. Hücre tahribi geniş olup büyük miktarda hücre dökülmüş ise, yüzey tabakasının altındaki dokuların açıkta kalmasıyla ülserler meydana gelir.

4.2.5. Adrenal Bezleri: Bir uyarma (radyasyon veya başka şekilde) üzerine adrenal bezleri boşaltılarak kan dolaşımı içine fazla miktarda adrenalin yollar. Bu adrenalin fazlalığı, damarları sıkıştırmak ve kalbin atış hızı ile sıkıştırma gücünü arttırarak kan basıncını yükseltir. Adrenalin fazlalığı karaciğer ve kas dokusuna da etki ederek şeker metabolizmasını hızlandırır. Uyarma durumu bittikten sonra yenilenme süresi başlar. Adrenal bezlerinin hücreleri radyasyon tarafından tahrip edildiği zaman bu yenilenme süresi daha uzun olur.

- 4.2.6. Troid Bezi:** Troid'in dış radyasyona karşı duyarlı olmadığı kabul edilirse de, bedene alınan radyoaktif iyodu bünyesinde toplamaktadır. Radyoaktif iyot troid bezi içinde toplanmış bulunurken bezin hücreleri ^{131}I atomlarının yayınladığı beta ve gamma ışınlarıyla bombardıman edilir. Troid bezinde meydana gelen radyasyon hasarı tiroksin yapımında azalmaya neden olur ve bazal metabolizma hızı azalır. Troid aktivitesinin artması veya azalması bez çevresinde guatr denilen bir şişkinliğe neden olur.
- 4.2.7. Akciğerler:** Radyasyonlar, akciğerlerdeki hava keseciklerini veya bunları besleyen hücreleri tahrip ederler. ^{63}Ni , ^{222}Rn , ^{210}Po , ^{238}U ve ^{239}Pu gibi birçok radyoçekirdekler akciğerlerde toplanırlar ve büyük hasarlara neden olurlar. Çözünmeyen radyoaktif parçacıklar akciğerlerde tümörlerin oluşmasına neden olan sürekli hasar yaparlar. Çözünebilir maddeler ise, hava keseciklerinin zarında kana geçerek bedenin başka bir yerinde hasar meydana getirirler.
- 4.2.8. İdrar Yolları:** Gerek dış ve gerek iç radyasyonlar idrar yollarını tahrip edebilirler. Dış radyasyonlar dokuları tahrip eder ve böbrek fonksiyonlarını bozarlar. İç radyasyon kaynakları ise, böbreklerde toplanabilirler. Böbrekler için tehlikeli olan radyoaktif izotoplar ^{51}Cr , ^{56}Mn , ^{71}Ge , ^{76}As , ^{105}Rh , ^{127}Te , ^{129}Te , ^{198}Au ve ^{238}U 'dir. Radyasyonun etkisinde kalındıktan sonra idrarda kan görülmesi böbreklerin hasara uğradığını gösterir. Radyasyon üreterler ve mesane hücrelerini de tahrip eder. Bazı yüksek doz ışınlamaları hallerinde mesane kişi tarafından kontrol edilemez hale gelebilir.
- 4.2.9. Karaciğer ve Safra Kesesi:** Meydana gelen radyasyon hasarı sindirimi bozmak suretiyle bedenin önemli bir fonksiyonunu bozar. Düşük dış radyasyonlar karaciğerde yağ asitleri yapımında değişikliklere neden olduğundan, beden metabolizmasının bir safhasını bozar. Yüksek dış radyasyon dozları ise karaciğer, safra kesesi ve bu iki organın ortak yüzeylerinde küçük ölü doku ve kanama alanları meydana getirirler. Karaciğerde ^{56}Mn , ^{59}Ni , ^{60}Co , ^{64}Cu , ^{105}Ag , ^{109}Cd , ^{111}Ag gibi birçok radyoizotop toplandığında iç radyasyon önemli bir tehlike oluşturur.
- 4.2.10. Kemikler:** Dış radyasyonlar özellikle kırmızı kemik iliği hücreleri için önemli bir tehlike oluşturur. Kemikler tarafından absorplanan en önemli radyoizotoplar ^{89}Sr , ^{90}Sr ve ^{239}Pu olup; bunlara kemik arayıcı izotoplar adı verilir. Bunlardan başka ^7Be , ^{14}C , ^{18}F , ^{32}P , ^{45}Ca , ^{65}Zn , ^{91}Y , ^{185}W , ^{203}Pb , ^{226}Ra , ^{233}U , ^{234}Th ve ^{241}Am kemiklerde toplanırlar. Kemik arayıcı radyoizotoplar kemik hücrelerini ve aynı zamanda kemik iliği hücrelerini uzun süreli bombardımanla tahrip ederler ve tümörlerin oluşmasına neden olurlar.
- 4.2.11. Gözler:** Göz merceğini oluşturan hücreler hasara uğradığı ve öldüğü zaman katarakt ortaya çıkar. Hücreler yavaş yavaş saydamlıklarını kaybederler ve kişi görüşünü kaybeder. Radyasyonlar daha çok genç insanlarda katarakt meydana getirmektedir. Çünkü

bu yaşlarda göz merceği büyümeye devam etmekte ve büyüyen hücreler radyasyon etkilerinde daha duyarlı olmaktadır. Radyasyon etkisi ile meydana gelen kataraktlara daha çok nötronlar ve gama ışınları neden olmaktadır.

4.2.12. Üreme Organları: 100 rem dolayındaki radyasyon dozları cinsiyet organları hücrelerini önemli derecede hasara uğratarak erkeklerde sperm oluşumunu yavaşlatırlar. Radyasyon etkisinde kalan cinsiyet hücrelerinde oluşan hasar ve ışınlanmayan hücrelerin onarım fonksiyonlarındaki aksama nedeniyle sperm üretiminde meydana gelen yavaşlama sadece kısmi kısırlıklarla sonuçlanır. Üreme organlarının ışınlanmasından sonra hamile kalma olasılığı genetik bakımdan tehlikeler yaratır.

4.3. Radyasyonların Kanserojen Etkileri

Bir tümör, genellikle normal beden dokularında meydana gelen değişikliklerden oluşan bir doku kütesidir. Bir tümörün kanser olarak kabul edilebilmesi için yanındaki dokulara saldırması ve onları tahrip ederek değişikliğe uğratması gerekir.

Kanser, bedenin büyük bir radyasyon dozunun etkisinde kalan bir kısmında meydana gelmiş ise, bu kanser oluşumu ışınlamanın doğrudan bir etkisi olarak kabul edilir. Eğer kanser bedenin küçük bir radyasyon dozu alan bir kısmında ortaya çıkarsa, bedenin bu kısmının önceden kanser yapan faktörleri içerdiği ve radyasyonun sadece kanserin ortaya çıkmasına yardımcı olduğu düşünülür. Bedenin herhangi bir kısmının ışınlanması başka bir yerinde kanser oluşumuna neden oluyorsa, bu kanser uzak etki olarak kabul eldir.

Kimyasal maddeler, hücre bölünmesini kontrol eden faktörleri değiştirmek suretiyle kanser meydana getirebilirler. Cilt kanseri oluşması için yerel olarak 2000-5000 rem’lik bir dozun gerektiği kabul edilmektedir. Kemik iliğinde kanserin oluşması için gerekli kronik bütün beden dozu 330 rem kadardır.

Radyasyon kansere neden olan faktörlerden biri olmakla beraber kanser tedavisinde de kullanılır. Bir hücrenin faaliyetinin fazlalığı oranında radyasyona karşı duyarlılığı artmaktadır. Bu nedenle kanserli ve normal dokuların birlikte ışınlanmalarına rağmen daha aktif olan kanserli hücreler radyasyon tarafından seçimli olarak tahrip olmaktadır.

5. RADYASYON KAYNAKLARI ve BAZI RADYOAKTİF ELEMENTLER

Doğal radyoaktiviteye en önemli katkısı; üç ana radyoaktif element olan uranyum, toryum, potasyum ve bunların bozunma ürünleri oluşturur. Bugün bilinen doğal radyoaktif elementlerin her biri, yerin oluşumu ile birlikte yer kabuğunun yapısında yer alan radyoaktif ^{40}K , ^{235}U , ^{238}U ve ^{232}Th elementlerinin art arda alfa veya beta bozunumları yapmasıyla meydana gelen radyoaktif bozunma zincirindeki ürün atomlardan biridir [5].

5.1. İyonize Radyasyon Kaynakları

Vücudumuzdaki hücreler, sürekli ve kaçınılmaz olarak; doğal altyapı kaynaklarından yayınlanan iyonize radyasyon tarafından bombardıman edilir. Bu radyasyonu hissedemeysek de; basit cihazlar kullanarak ölçebiliriz.

Radyasyonun doğal kaynakları; kozmik radyasyon, terrestrial (karasal) radyasyon ve vücudumuzdaki radyasyonlardır [2]. Bunların haricinde de insanlar tarafından yapılan, yani yapay radyasyon kaynakları da vardır.

5.1.1. Kozmik Radyasyon

Kozmik radyasyon, dünyanın atmosferinden ötede; aslında uzayda meydana gelen yüklü parçacıklardan ibarettir. Kozmik radyasyon, yüksek hızlar ve enerjiler ile dünyanın atmosferinden içeri yüklü parçacıkların girişi ile meydana gelen ikincil radyasyonları ve güneşten gelen radyasyonu içerir. ^3H (Tritium), ^7Be , ^{14}C ve ^{22}Na gibi radyoaktif elementler kozmik radyasyon tarafından atmosfer içinde meydana gelirler [1].

Kozmik radyasyondan enerjinin çoğunu absorbe eden dünyanın atmosferi, kalkan olarak etkilidir. Maruz kalınan kozmik radyasyon miktarı, dünyanın çeşitli hareketlerine bağlı olarak; atmosferin kalınlığı ile ilişkili şekilde değişir. Deniz seviyesine yakın bölgelerde yaşayan insanlar, deniz seviyesinden yüksekte yaşayan insanlardan çok daha ince tabakalı atmosfer tarafından korunur ve böylece kozmik radyasyon daha düşük ışınlama yapar [2].

5.1.2. Terrestrial (Karasal) Radyasyon

Karasal radyasyon, yaklaşık beş milyon yıl önce dünyanın oluşumundan beri toprakta oluşan radyoaktif elementler tarafından yayınlanır. Terrestrial ışınlamaya katkıda bulunan genel radyoaktif elementler; potasyum, toryum, aktinyum ve uranyum bozunma serilerinin izotoplarını içerirler [1, 2].

İyonize radyasyonun başlıca terrestrial kaynakları, toprak ve kayalarda doğal olarak oluşan radyoaktif elementlerdir. Bir kaya türünden diğerine değişen bu elementlerin miktarları, granite benzerliği ile; kumtaşı veya kireçtaşındaki radyoaktif materyallerden çok daha yüksek konsantrasyonlara sahiptir.

Terrestrial radyasyon miktarına, ısınlandığımız veya yaşadığımız yerdeki toprak ve kayaların türlerine bağlı olarak maruz kalınır.

5.1.3. Vücudumuzdaki (iç) Radyasyon

Yediğimiz veya içtiğimiz herhangi bir materyal içerisinde, az da olsa bir miktar radyoaktivite konsantrasyonu mevcuttur. Çay, fındık, kahve gibi bazı yiyecekler diğerlerine göre daha radyoaktif olsa da vücudumuzun ihtiyacından dolayı; onları vücut içerisine alırız [2].

İç ısınlama; radyoçekirdeklerin yiyeceklerin yenilmesi, soluk almak veya deri içerisine absorbe edilmesi yolları ile vücut içerisine alındığı zaman meydana gelir. Radyoaktif materyaller, kökleri tarafından bitkinin terrestrial (karasal) radyoçekirdekleri absorbe etmesi ile ve bitkinin veya hayvanların tükettiği bitki maddesinin yenmesiyle vücut içerisine girer. Solunan birçok radyoaktif materyalin yaptığı ısınlama, doğal olarak meydana gelen radon gazının bozunum ürünlerinin teneffüs edilmesinden oluşur [1].

Potasyum ve karbon izotopları, iç radyasyon ısınlamalarının ilk kaynaklarıdır. Potasyum, insan hayatı boyunca önem taşıyan ana minerallerden biridir. ^{40}P izotopu (bütün potasyum miktarının %0,01'i), doğal olarak radyoaktiftir. Karbon, insan vücudunun ağırlığına bağlı olarak yaklaşık %23'ünü oluşturur. Kozmik radyasyon, radyoaktif ^{14}C 'ü meydana getirir. Potasyum ve karbon yiyecek zinciri yolu ile vücut içerisine girer [2].

5.2. Bazı Radyoaktif Elementler

Çevremizde, solunan havada, yediğimiz yiyeceklerde; özetle yaşantımız boyunca etrafımızda birçok radyoizotop tarafından ısınlarız. Bunlardan bazıları:

5.2.1. Uranyum (U)

Üç uranyum izotopu doğada bulunur; ^{234}U , ^{235}U ve ^{238}U izotopları. ^{238}U izotopu %99,28; ^{235}U izotopu %0,71; ^{234}U izotopu $5,8 \times 10^{-3}$ doğal dağılımı ile bulunur. Uranyum, toprak ve kaya genel türlerinin tümünde aynı derecede yaygındır. Bu bozunum zincirinde her bir radyoçekirdek radyoaktif parçacıkların ve fotonların birkaç farklı türleri şeklinde yayılır. Enerji yayılımı, bu doğal serilerin bozunumunun bir sonucu olarak meydana gelir.

Uranyum transferi genellikle, uranil iyon (UO_2^{+2}), uranil florid, uranil karbonat kompleksleri veya uranil fosfat olarak yer altı suyunda ve oksijen ile birleşen yüzey suyunda meydana gelir. Uranil fosfatın varlığı, fosfat fertilizerlerindeki uranyumun yaygın konsantrasyonlarında meydana gelir. Bu radyoçekirdekler insan dokularında ve yiyeceklerde görülmektedir.

5.2.2. Radyum (Ra)

Radyum, insanların maruz kaldığı doğal radyasyon ışınlamalarına katkıda bulunan diğer önemli bir radyoizotoptur. Yemek yolu ile alım; insan vücuduna radyumun alınması için ilk yoldur. ^{226}Ra , uzun ömürlü ve alfa parçacığı yayıcı bir çekirdektir. Bu radyoçekirdeğin konsantrasyonları, genellikle kaya ve toprağın tümünde bulunabilir. Radyum en çok kullanım suyunda bulunur.

Radyotoksit bir element olan radyum, vücut içerisine alındığında, temel metabolik element olan kalsiyuma benzerliği nedeniyle; kalsiyum metabolizmasını izleyerek kemiklerde ve aktif kemik iliğinde depolanır. Vücuda yüksek oranda radyum alımında, başlangıç aktivitesinin yarısının sıcak noktalarda; diğer yarısı ise, yaygın bileşenlerde toplanır. Alınan radyumun %70-90 'ı kemikte depolanır, geri kalan kısmı yumuşak dokuda düzenli olarak dağılır [5].

5.2.3. Radon (Rn)

Radon, radyum elementinin radyoaktif bozunum ürünüdür. Uranyum ile meydana gelen radyoaktif dönüşüm zincirinin ortasında yer alır. Radon çekirdeği, 86 keV geri tepme enerjisi ile onun ana çekirdeği ^{226}Ra izotopunun alfa parçacığı yayımı tarafından meydana gelir [14].

^{222}Rn , ^{238}U bozulma zincirindeki ^{226}Ra nın bozulması ile sürekli olarak meydana gelen asal bir gazdır. Havadan yaklaşık olarak yedi defa daha ağır olan ^{222}Rn , çukur yerlerde toplanır ve suda çözünür [15].

^{235}U , beş radyoçekirdek aracılığı ile ^{226}Ra ya bozulduğu zaman ağır çekirdek yerinde, yani bulunduğu kaya içinde kalırsa da meydana gelen radon difüzyon ve bir kısmı etraftaki hava içine kaçır. ^{226}Ra 'nın 1602 yıllık yarı ömrü, kendisinden meydana gelen bütün ürünlerinden çok daha uzun olduğundan 3,82 gün yarı ömürlü ^{222}Rn için üretim hızı değişmeyen bir üreteç görevini yapar ve daha sonra gelen kısa yarı ömürlü $\text{RaA} (^{218}\text{Po})$, $\text{RaB} (^{214}\text{Pb})$, $\text{RaC} (^{214}\text{Bi})$ ve RaC ile denge halinde bulunur. Özellikle radon gazı bozulduğu zaman yeni meydana gelen $^{218}\text{Po}(\text{RaA})$ atomları iyonize halde, atmosfer içindeki herhangi bir parçacığa

yapışmak eğilimindedir. Sonuç olarak tozla yüklü havadaki parçacığa yapışmış haldedirler. Tozla yüklü havadaki parçacıklar absorpsiyon yoluyla radyoaktif hale geçeceklerdir [16].

Radon aktivitesi, sıcaklığın artmasıyla çözünürlüğünün azalmasına rağmen, suyun sıcaklığının artmasıyla yükselmekte; metan, karbondioksit, nitrojen gibi gazlarla, genellikle yer altı suları ile birlikte dışarı taşınmaktadır. Radonun bu özellikleri, hidrotermal sistemlerin karakteristiklerinin belirlenmesinde radonun bir araç olarak kullanılmasına izin verir [17, 18]. Toprağın üst tabakasındaki radon aktivitesinin konsantrasyonu mevsimsel değişimler gösterir ve radon aktivitesinin konsantrasyonu toprak içinde suyun depolanan miktarının azalışı ile artar [19].

Radon, üç yayılım türünün (alfa, beta ve gama) biri ve en tehlikelisi olan 4,78 MeV enerjili alfa parçacığı yayılımı yapar. Alfa parçacığı uzun mesafelerde girici değildir, vücut içerisindeki hücrelerde önemli hasarlara neden olabilir.

Su ile alınmış olan Radon'un çoğu bağırsak ve midenin duvarları içinde difüze edilir. Radon ve onun ürünleri mide duvarındaki bazı hücreleri etkileyebilir. Mide içerisinde yiyeceklerin bulunması sebebiyle radyasyonun çoğu absorbe edilir. Bir günde alınan su miktarı solunan havanın miktarından çok daha az olması nedeniyle; mide ve sindirim sistemindeki diğer organların ışınlaması sınırlanmıştır [20].

5.2.4. Potasyum (K)

^{40}K , doğal potasyum içinde yaklaşık olarak %0,0118 bolluk ile doğada bulunmasına rağmen; içsel ışınlamada en önemli doğal kaynaktır. ^{40}K 'ın, 1,31 MeV yüksek enerjili negatron ile bozunmasından dolayı; bu radyoçekirdek, birçok yiyeekte ve insan dokularında en geniş radyoaktif bileşenleri içerir. İnsan vücudundaki potasyumun çoğu kaslarda bulunur. Vücuttaki potasyum bileşeni, homeostatik kontrol altındadır. Bu nedenle, vücuttaki ^{40}K konsantrasyonu çevresel değişimlerden etkilenecek kararsız olmaz. Topraktaki aktivitesi, ^{238}U ve ^{232}Th 'den ortalama olarak on kat daha yüksektir.

^{40}K izotopunun konsantrasyonu yaklaşık 620 Bq/kg ortalama değer ile; yaklaşık olarak 400-900 Bq/kg değerleri arasında değişir. ^{40}K 'ın sahip olduğu en yüksek değer; ^{226}Ra ve ^{232}Th 'den çok daha yüksek olarak birçok bitkide bulunur [21].

5.2.5. Toryum (Th)

^{232}Th serisinin en güçlü gama vericisidir ve bozunum serisinde dokuzuncu ürün ^{208}Tl 'dir. Bir gram dengede olan toryumun saniyede yayınladığı gamalar içinde enerjisi 0,1 MeV'den büyük olanların sayısı 11100'dür. Bunlardan spektroskopide en çok kullanılanı,

^{208}Tl 'e ait 2,615 MeV'lik gama ışınıdır. Bu da yerkabuğunda yayınlanan radyasyon içinde en yüksek enerjili gama ışınıdır [5].

Uranyum ve radyum benzeri olan toryum, kaya ve toprağın bütün türlerinde bulunur. Genel kaya türlerinde toryum konsantrasyonları, 1,6 ppm ve 20 ppm arasında bulunur. Kayadaki ve topraktaki toryum konsantrasyonları, uranyumun konsantrasyonundan genellikle daha fazladır. Toryumun spesifik aktivitesinin uranyumun spesifik aktivitesinden çok daha az olmasından dolayı, her iki radyoçekirdeğin de iyonize radyasyon ışınlaması yaklaşık olarak aynıdır.

Toryum, esasen çözülemez; bu nedenle, biyolojik materyallerde bu radyoçekirdeğin konsantrasyonları önemsenmeyecek kadar az miktardadır. Vücut içindeki en yüksek konsantrasyonu, akciğer ve karaciğeri etkileyen lenf bezlerinde bulunur.

5.2.6. Kurşun (Pb) ve Polonyum (Po)

^{210}Pb , radon bozunum zincirinde en uzun ömürlü üründür, ^{210}Pb atmosferde hızla oluşur. Bu radyoçekirdek genellikle kar veya yağmur şeklinde dünyanın yüzeyine düşer. ^{210}Pb 'nin yağmur suyundaki konsantrasyonları yaklaşık olarak 2 pCi/L (74 Bq/m³)'lik ortalama ile 1 pCi/L (37 Bq/m³) ve 10 pCi/L (370 Bq/m³) değerleri arasında bulunur.

^{210}Po , ^{210}Pb veya ^{226}Ra bozunumunun sonucunda doğal olarak meydana gelen alfa yayıcıdır; ya toprak ya da havadan yayılır ve toprak tarafından doğrudan alınabilir [22, 23]. Bu radyoçekirdeklerin çok azı atmosferde meydana gelir. Kurşun ve polonyumu içeren maddeler, tütün gibi geniş yapraklı bitkiler üzerinde depo edilir.

^{210}Pb , ^{210}Po ve uranyum akciğerlerde de bulunur. Alfa yayıcı ^{210}Po , ciğerlerde düzensiz olarak dağılır. Polonyum, 600-800 °C'de buharlaşabilir. Bu sıcaklık, sigaranın yanan ucunun sıcaklığıdır ve mikron altı parçacıklar tarafından absorbe edilir. Kurşun bu sıcaklıklarda süblimleşmez iken, dumanında ve külünde bulunur [21].

^{210}Pb ve ^{210}Po , vücut ağırlığının %70'ini içerir. ^{210}Po , dokularda depo edilir ve kan tarafından absorbe edilir. ^{210}Pb , atmosferik transfer yolu ile bitki yapraklarında; az da olsa kök yolu ile bitki içine alınarak depo edilir.

5.2.7. İyot (I)

Radyoaktif ^{129}I 'un küçük bir miktarı, Xenon ile yüklü enerjili parçacıkların etkileşmesi sonucunda, atmosferin yukarısında doğal olarak meydana gelir. İyot, metale benzer özellikler gösterir ve az miktarda sadece suda çözünür.

^{129}I , yaklaşık 16 milyon yıllık bir yarı ömür ile beta parçacığı yayarak bozunur; bütün diğer iyot radyoçekirdeklerinin yarı ömürleri 60 günden daha azdır. Beta parçacığının düşük enerjisi; ^{129}I 'un uzun yarı ömre sahip olmasına neden olur.

Kararlı iyot (^{127}I); su yosunları, süngerler ve diğer bezer materyallerde doğal olarak meydana gelir. İyodun radyoaktif izotopları, nükleer fisyonndan meydana gelir ve yaklaşık 90 ile 140 arasında dağılım gösteren kütle numaralarına sahip fisyon ürünleridir. Buna örnek iki izotop; ^{129}I ve ^{131}I 'dur.

Doğada iyot; toprak, kaya ve düşük konsantrasyonlar içeren bütün yaşam organizmaları ile çeşitli materyallerde bulunur. Çevredeki radyoaktif iyot (^{129}I) ile kararlı iyot (^{127}I)'un oranı 10 milyonda 1'dir. İnsan vücudunda, iyodun biriktiği bölge tiroid bezidir.

^{129}I , toprakta çok kararsız olarak bulunan radyoçekirdeklerden biridir ve yer altı suyuna süzülen su ile yukarı doğru hareket edebilir.

İyot; yiyecek, içme suyu veya teneffüs edilen hava ile vücut içine alınabilir. Tiroid bezinden salgılanan hormonun bir ögesi durumundadır ve insanlar için gerekli olan, klor benzeri bir elementtir. Diğer radyoçekirdeklere benzer olarak, musluk suyu için risk katsayısı yaklaşık %75'dir. Tiroid kanserinde, radyoaktif iyot başlıca risk faktörlerinden biridir [24].

5.2.8. Sezyum (Cs)

^{137}Cs , ortalama yarı ömrü ile en bol bulunan radyoizotoplardan biridir. ^{137}Cs için yarı ömür 30 yıldır. En yüksek ^{137}Cs konsantrasyonu toprakta bulunur. Depo edilen ^{137}Cs 'nin artan miktarı, toprak içindeki organik materyale bağlıdır. Cs ve K arasında var oluşlarındaki zıtlıklardan dolayı, bitki tarafından Cs'un kökler vasıtasıyla alımı azalır ve ^{137}Cs , beta ve gama yayıcıdır [25].

6. ŞİFALI BİTKİLER

Şifalı bitkiler arasında çalışılan 49 türdeki şifalı bitkilerin genel özellikleri aşağıda özetlenmiştir [26-34].

6.1. Ayva Yaprağı (*Cydonia Oblonga* Mill.)

Bütün bölge ve ülkelerde yetişir. Kullanılan maddesi; yapraktır. Bronşit ve öksürüğü geçirir. İnce bağırsak iltihabına faydalıdır. Kalbe kuvvet verir, mideyi güçlendirir, damar sertliğine iyi gelir. Tansiyonu düşürür, ishale, dizanteriye, egzamaya, deri hastalıklarına ve baş ağrısına iyi gelir. Anne sütünü artırır, uykusuzluk ve sinirlilik hallerinde yatıştırıcı olarak kullanılır.

6.2. Kandil Çiçeği (*Achillea*)

Ege bölgesinde, bilhassa Kuzey ve Doğu Anadolu da yetişmektedir. Kullanılan maddesi; çiçeğidir. Mideye iyi gelir, kan dindirici, yara iyileştirici, idrar arttırıcı ve iştah açıcıdır. Doku büzücü, terletici ve damar açıcıdır.

6.3. Böğürtlen Kökü (*Radix Rubie*)

Doğu Anadolu bölgesinde, çalılıklarda yetişir. Böbrekteki ve mesanedeki kumları doker, kanı temizler, öksürüğü keser, şekeri ve tansiyonu düşürür. Dizanteriye ve ishale faydalıdır, kan söker, ağız-boğaz enfeksiyonlarına karşı kullanılır, yanıkları ve yaraları iyileştirir.

6.4. Adaçayı (*Salvi Triloba*)

Orta Avrupa ve Batı Balkanlarda yabani olarak; ülkemizde özellikle Akdeniz bölgesinde yetişir. Boğaz ve burun hastalıklarında antiseptik olarak kullanılır. Dişetlerini tedavi eder, soğuk algınlıklarında, yorgunlukta, sinir hastalıklarında faydalıdır, ishali ve kusmaları, astımı önler. Kanama ve kesiklere, yaralara, ülsera faydalıdır. Kandaki ve idrardaki şekeri düşürür.

6.5. Mahlep (*Semen Fruri*)

Bu bitki Türkiye’de yaygın olarak özellikle; Tokat, Niksar, Zile, Amasya, Çorum ve Mardin’de yetişmektedir. Karaciğere faydalıdır, balgam söktürücü, astıma karşı ve prostat büyümesini önleyici olarak kullanılmaktadır. Ayrıca şeker hastalığına karşı da faydalıdır.

6.6. Salep (*Orchis Maculata* L.)

Bilhassa kireçli topraklarda, Türkiye’de özellikle; Güney-Batı (Muğla, Milas, Isparta, Antalya) ve Kuzey (Kastamonu, Taşköprü, Safranbolu) Anadolu bölgelerinde yetişir. Nezle ve mide rahatsızlıklarını yok eder, bağırsak parazitlerini düşürür, ciğer, dalak rahatsızlıklarına iyi gelir, mafsal ve siyatik ağrılarına iyi gelir, kilo aldırır.

6.7. At Kuyruğu (*Herbae Qubeti*)

Su kenarları, sulak çayırlar ve yüksek yerlerde yetişir. Taş ve kum düşürücü, iç kanamaları (özellikle; mide kanaması) durdurucu ve yara iyi edici etkileri vardır. İnsanlarda ve hayvanlarda zehirleyici etkisi de görülmektedir; bu nedenle alınan miktara dikkat edilmelidir. Yaraların temizlenmesinde kullanılır.

6.8. Acı Sütlegeň (*Polygala Amara* L.)

Trakya ve Kuzey Anadolu bölgelerinde, kireçli topraklarda yetişir. Balgam söktürür, sarılığı iyi eder, anne sütünü artırır, karaciğer, mide ve bağırsağa faydalıdır. Ağrı dindirici ve yüksek tansiyona karşı kullanılır, siğillerin erimesini sağlar.

6.9. Ebe Gümece (*Malva Sylvestris*)

Bütün bölgelerde yetişmektedir. Koruyucu ve yumuşatıcı bir etkiye sahiptir. Solunum ve sindirim sistemi tahrişleri ve iltihaplarında koruyucu olarak sıkça kullanılır. Cilt üzerindeki çıban ve yaraların ağrılarını dindirir, romatizma ve mide ağrıları tedavisinde, balgam söktürücü, müşil, yara lapası ve merhem olarak kullanılır. Zehirlenmeyi önler, ateş düşürücüdür, mesane ve böbrek yaralarını iyileştirir.

6.10. Altın Otu (*Helichrysum Arenarium* L.D.C.)

Kuzey ve Batı Anadolu’da, Karadeniz sahillerinde yaygın olarak; kayalarda yetişir. Rahim iltihabını kurutur, albümin tedavisinde kullanılır, nefrit, üreme ve sistit hastalıklarına karşı faydalıdır. Böbrek taşlarını eritir, dalak rahatsızlıklarını giderir, öksürük kesicidir, üriner sistemdeki basur şikayetlerinde kullanılır.

6.11. Bodur Otu (*Teucrium Chamaedrys* L. (*Labictae*))

Tüm Anadolu’da yetişmektedir. Mide rahatsızlıklarına ve şeker hastalığına karşı çok kullanılan bir ilaçtır. Yara iyi edici ve zehirli hayvan (akrep, yılan vb.) sokmalarına karşı

panzehir olarak büyük bir üne sahip bulunmaktadır. Yatıştırıcı, damar sıkıştırıcı, romatizma ve iltihap önleme özelliğine sahiptir, öksürüğü keser.

6.12. Mersin Yaprağı (Folium Myrti)

Akdeniz (Mersin, Antalya), Ege bölgesi dağlarında ve sulak yerlerde yetişir. Mikrop öldürücü, iştah açıcı ve kan dindirici etkileri nedeniyle dahilen ve haricen; göğüs hastalıklarında antiseptik, haricen yara iyi edici olarak kullanılmaktadır. Felçliğe, urlara, yanıklara, egzamaya ve iltihaplı yaralara iyi gelir. Cüzama, akciğer iltihabına, kırılan organlara ve böbrekteki kumların dökülmesine faydalıdır.

6.13. Tane Kimyon (Fructus Cumuni)

Akdeniz ülkeleri ve Türkiye'nin Orta Anadolu bölgesinde (Eskişehir, Sivrihisar, Polatlı, Konya), dağlık yerlerde yetiştirilir. Midevi, uyarıcı ve terletici etkilere sahiptir, kurt düşürücü, romatizmaya ve nefes darlığına karşı kullanılır. İltihaplı yaraları iyileştirir, zehirli hayvan sokmalarında zehrin zararlarını giderir, anne sütünü artırır.

6.14. Menekşe (Herba Violee)

Avrupa ve Anadolu'da, dağlık bölgelerde yetişir. Kan temizleyici etkilere sahiptir, deri hastalıklarına karşı kullanılır, iltihap önleyici, yatıştırıcıdır. Vereme, göğüs ağrısına, öksürüğe, mide ağrısına, sara hastalığına iyi gelir. Bronşit, zatürre, zatülcenp, egzama ve solunum sistemi hastalıklarının tedavisinde kullanılır, yara iyileştirir. Pekliği, anjini, uykusuzluğu ve karaciğer hastalıklarını tedavi eder, romatizma ve nikriz hastalığına faydalıdır.

6.15. Kebabiye (Fructus Cubebae)

Bitki, Doğu Hint adalarında yetiştirilir. İdrar yolları ve solunum sistemi antiseptiği olarak kullanılır, ağız yaralarını giderir, diş etlerini kuvvetlendirir, tıkanık damarları açar, idrar yollarındaki kumları eritir.

6.16. Karanfil (Caryophyll Us)

Tropik bölgelerde; asıl vatanı Molluk adaları olup, bugün bilhassa Zengibar, Hindistan, Filipinler, Madagaskar ve civar adalarda yetiştirilmektedir. Midevi ve antiseptik etkilere sahiptir, bulantıyı önler, böbrek taşlarının düşmesini sağlar, ağrıları dindirir ve ateş düşürücüdür. Mikropları öldürür, zihinsel ve bedensel yorgunlukları geçirir, doğumu kolaylaştırır.

6.17. Gül (Rosa Centifolia)

Ülkemizde asıl yetiştiği yer Isparta'dır. Bununla beraber, bütün bölgelerde yetişir. Boğaz hastalıklarına karşı, kan tükürmeye karşı, iç ve dıştaki yaraları iyileştirmek için, bayılmalarda kullanılır. Cilt temizleyici, mikrop öldürücü, romatizma ağrılarını giderici ve eklem iltihaplarını geçirme etkilerine sahiptir. Vereme karşı kullanılır, sinir sistemini düzenler ve göz nezlesine iyi gelir.

6.18. Pelin Otu (Herba Absinthü)

Kuzey, İç ve Güney Anadolu'da yabani olarak yetişmektedir. Midevi, ateş düşürücü etkilere sahiptir, balgamı, dalağı temizler, sarılığa şifa verir. A ve B vitaminlerini içerir, ağrıları dindirir, sivilceleri yok eder, bulantı ve baş dönmesini önler. İltihaplı hastalıkların tedavisinde kullanılır ve bağırsak kurtlarının düşmesini sağlar.

6.19. Papatya (Matricaria Chamümilla L.)

Bütün bölgelerde yabani olarak yetişmektedir. Yatıştırıcı, boğaz iltihaplarına, iltihaplı yaralara (basur gibi), damar sertliğine karşı, ağrı kesici ve yara iyileştirici olarak kullanılmaktadır. Diş ağrısını geçirir, bağırsak krampları, spazmları ve koliklerini giderir, mikrop öldürücüdür, migrene, gripten dolayı oluşan bel ağrısına iyi gelir. Kumları döker, sara hastalığını iyileştirir ve doğumu kolaylaştırır.

6.20. Nane (Mentha Piperita)

Orta ve Güney Avrupa ile Akdeniz sahillerinde, ılıman iklimlerde; Türkiye'de ise, Kuzey-Batı ve Batı Anadolu'da yetişir. Sulak ve nemli yerleri sever. Bilhassa sinirsel kökenli mide bulantılarını kesici olarak kullanılmaktadır. Antiseptiktir, kronik pankreas hastalıklarında kullanılır, sarılığa ve uykusuzluğa karşı etkilidir, felç tedavisinde kullanılır. Doğumun kolay olmasını sağlar, ateş ve parazit düşürücü, öksürüğe karşı etkileri vardır.

6.21. Kekik (Herba Thymi)

Anadolu'da, kurak yerlerde yetişir. Midevi, yatıştırıcı, antiseptik, kurt düşürücü ve kan dolaşımını uyarıcı etkileri vardır. Egzamaya, uyuza ve kalp ağrılarına iyi gelir. Tifodan vereme kadar çeşitli hastalıklara şifadır, yara, apse ve yanıkları iyileştirir. Akrep zehrine karşı etkilidir, ezik, buruk, şiş, morartı ve gut hastalığına iyi gelir, romatizmaya karşı etkilidir.

6.22. Okaliptus (Eucalyptus)

Vatanı Avusturalya'dır, dünyanın sıcak ve sulak olan bütün bölgelerinde yetiştirilmektedir. Antiseptik ve balgam söktürücü olarak kullanılır, şeker hastalığına karşıda tavsiye edilir. Yiyeceklerin asidini azaltır, solunum yolları enfeksiyonlarını iyileştirir, idrar yollarını temizler, damar sertliğine iyi gelir. Astım ve vereme faydalıdır, diş ağrısı, romatizma tedavisinde kullanılır.

6.23. Sinameki (Folium Sennae)

Kuzey-Doğu Afrika ve Arabistan bölgesinin yarı çöl kısımlarında, dağlarında; ayrıca kurak topraklarda yetişmektedir. Kalın bağırsak üzerinde kuvvetli bir müshildir, egzamayı ve yaraları iyileştirir, damar tıkanıklığını açar, ağrılara iyi gelir. Kolit ve bağırsak parazitlerinin düşmesini sağlar.

6.24. Kiraz Sapı (Cerasi Pedumdi)

Anavatanının Asya olması ile birlikte memleketimizde bütün bölgelerde yetiştirilir. Sivilceleri yok olmasını sağlar, damar sertliğini tedavi eder, kanı temizler, böbreklerdeki zararlı maddeleri atar, kireçlenmeye faydalıdır, öksürüğü keser ve B vitamini içerir.

6.25. Gelincik (Papaver Rhoeas)

Anadolu'da yaygın olarak çorak ve kireçli topraklarda yetişir. Öksürüğe ve nezleye faydalıdır, yatıştırıcı, ağrı kesici olarak, balgam sökücü, bronşit, uykusuzluk ve sarılık tedavisinde, düşük ateşte, ağrılı hallerde kullanılır. Burun kanamalarını durdurur ve anne sütünü artırır, astım, yanık tedavisinde kullanılır, dalak hastalıklarına iyi gelir. Bağırsaklardan gelen kanlara, urlara ve gözdeki kızarıklıklara iyi gelir, saç çıkmasında etkilidir.

6.26. Su Teresi (Nasturtium Officinalis R. Br.)

Anadolu'da yaygın bir bitkidir. Antalya ve Mersin bölgelerinde, su kenarlarında yetişir. Vitamin eksikliğini gidericidir, dalağın tıkalı damarlarını açar, kumları döker ve uru patlatır, toksinleri atar, kanı temizler, kronik bronşite, vereme faydalıdır. Kandaki şekeri düşürür, saç dökülmesini önler, romatizma ve adale ağrıları ile gut hastalığı tedavisinde kullanılır. Sinirlerde ve diğer organlardaki yaralara faydalıdır, sıracı, nikriz, sarılık ve balgamlı hastalıkları geçirir. El titremesine, felce, zehirli hayvanların zehirlerine karşı faydalıdır. Fazla miktarda kullanılırsa kangrene neden olur.

6.27. Çörek Otu (Semen Nigellae)

İç Anadolu bölgesi ve Afyon, Burdur, Isparta illerinde ekilmektedir. Balgama, göğüs ağrılarına, öksürüğe, nefes darlığına, mide bulantısına, hazım bozukluğuna ve sarılığa faydalıdır. Böbrek ve mesanede ki kumları döker, basuru, baş ağrılarını keser. Romatizmaya faydalıdır ve karaciğere iyi gelir.

6.28. Rezene (Foeniculum Vulgare Miller (Umbelliferae))

Ege, Akdeniz ve Karadeniz kıyı kesimleri başta olmak üzere; Kuzey Anadolu bölgesinde, kurak topraklarda yetişir. Yara iyi edici ve süt arttırıcı özelliklere sahiptir. Damarları açar, nefes darlığına, kalp çarpıntısına, soğuk algınlığına, öksürüğe, boğmacaya ve astıma faydalıdır. Kan çıbanını yok eder, zehirli haşaratların zehrine karşı, böbreğe, mesaneye ve dalağa faydalıdır.

6.29. Zerdeçal (Curcuma Langae)

Vatanı Hindistan olmak üzere tropikal iklime sahip olan birçok ülkede yetiştirilmektedir. Midevi olarak kullanılır ve safra arttırıcı etkilere sahiptir. Vereme karşı faydalıdır ve zehirleri vücuttan atma etkisine sahiptir, ayrıca berisarıklık ile karaciğer hastalıklarında kullanılır.

6.30. Deve Dikeni (Herba Cardui Mariae)

Akdeniz ve Karadeniz bölgelerinde yaygın bir bitkidir. Kumlu, taşlı ve çorak arazide yetişir. Karaciğer hastalıklarına karşı ve safra arttırıcı olarak kullanılmaktadır. Ateş düşürücü ve midevi rahatsızlıklarda, bitki suyu; kanser ve ülser tedavisinde kullanılır. Sara hastalığına iyi gelir, kandaki yabancı maddeleri temizler, böbrek ve mesanede ki kumları eritir, doku, damar bütücü olarak kullanılır. Sıtmaya, zatülcenp'e, varise ve bronşite faydalıdır.

6.31. Kereviz Tohumu (Apium Grcveolens L.)

Birçok bölgede; sulu, kumsal topraklarda ve özellikle tuzlu arazilerde yetişir. Nefes darlığına faydalıdır, böbrek ve mesanede ki kumları eritir, kanı temizler, böbrek rahatsızlıklarını tedavi eder, gut, romatizmaya, zehirli hayvanların zehrine karşı etkilidir. Karaciğer ve akciğer hastalıklarının oluşmasını önler, dalağa faydalıdır, şişmanlamayı önler.

6.32. Ayrık Otu (Agropyron Repens)

Dünyanın her bölgesinde; memleketimizde çoğunlukla Marmara bölgesinde yetişir. Taş düşürücü, kan temizleyici, doku sıkıştırıcı, taze kesik yaralarını iyi edici etkilere sahiptir. Kronik ishal, dizanteri ve sara hastalığı tedavisinde kullanılır. Bütün ateşli hastalıklarda, böbrek iltihabında, gut, sarılık, selülit, romatizma ve karaciğer hastalıklarında faydalıdır.

6.33. Darulfülful (Fructus Piperis Longi)

Doğu Hint adalarında yabani olarak yetişmekte olup; bilhassa, Sumatra adasında yetişmektedir. Soğuktan meydana gelen bütün hastalıklara şifa verir. Sindirim organlarını kuvvetlendirir ve mide üşütmesine karşı faydalıdır.

6.34. Kedi Otu (Valeriana Officinalis L.)

Avrupa'da, Doğu Anadolu bölgesinde, Bursa-Uludağ'da rutubetli çayırarda yetişmektedir. Sinir sistemini yatıştırıcı ve spazmları giderici olarak kullanılmaktadır. Histeri, nevrastenide iyi bir ilaçtır. Yara tedavisinde ve ağrı kesici olarak kullanılır. Bağırsak parazitlerini düşürür, kalp, boğaz ağrılarına iyi gelir, idrar yollarındaki iltihaplara, böbrek taşlarına faydalıdır. Zehirlenmelere, yılan zehrine karşı kullanılır, istika hastalığına, beyin, karın ve mide rahatsızlıklarına karşı faydalıdır.

6.35. Kına Kına (Cortex Chinae)

Vatanı Güney Amerika (Peru, Bolivya) olmakla beraber; Ekvator, Hindistan ve Tayland'da yetişmektedir. Midevi rahatsızlıklarda, sıtmaya karşı, gribal enfeksiyonlarda, tifo tedavisinde, kalp yatıştırıcı olarak kullanılır ve kaşıntıları geçirir.

6.36. Keçi Boynuzu (Fructus Ceratífone)

Akdeniz ülkeleri, Kuzey Afrika'da ve memleketimizde Akdeniz bölgesinde yetiştirilmektedir. Göğüs ağrılarına faydalıdır, şişmanlatıcı, kan yapıcı, fıtığı giderici ve öksürüğü önleyici etkilere sahiptir. Bronşları açar, sigara tiryakileri için faydalıdır, vücuttaki şişliklere iyi gelir ve kanamaları keser.

6.37. Kuş Burnu (Fructus Cynobati)

Bütün bölgelerde, killi topraklarda, yüksek ve serin yerlerde yetişir. Şeker hastalığına, soğuk algınlığına, gribe, doku büzücü, yatıştırıcı olarak, kansere, göz iltihabına karşı kullanılır.

Gastrit, C vitamini eksikliği rahatsızlıklarında ve diğer küçük enfeksiyonlarda, raşitizm hastalıklarının tedavisinde kullanılır. Kanı temizler, toksinleri dışarı atar, mide kramplarına iyi gelir, A, C, D vitaminlerini içerir.

6.38. Hünnap (Jujubae)

Asıl vatanı Suriye olması ile birlikte, Batı ve Güney Anadolu'da yetiştirilmektedir. Göğüs yumuşatıcı, öksürük kesici, müshil ve kan temizleyici olarak kullanılır. Şeker hastalığına karşı kullanılmaktadır, kanı inceltir, kalp çarpıntısını ve ağrısını önler, kaşıntıya, damar sertliğine iyi gelir, kan basıncını düşürür.

6.39. Hindistan Cevizi (Küçük) (Semen Myristicae)

Doğu Hint adalarında yetiştirilir. Antiseptik özelliklere sahiptir, karın ağrılarına iyi gelir, balgamı kurutur, felç ve titreme gibi hastalıklara iyi gelir. Mide ağrılarını keser, böbreklerdeki kum ve taşları düşürür.

6.40. Sarı Kantaron (Hypericum Perforatum L.)

Balkanlar, Anadolu, esas vatanı Yemen ve havalisinde yetişmektedir. Dahilen antispazmatik, yatıştırıcı, kurt düşürücü, haricen ise; antiseptik ve yara iyi edici olarak kullanılır. Bilhassa yanık yaralarının tedavisinde çok etkilidir. Ağrı kesici, aromatik, damar büzücü, sindirici ve balgam söktürücüdür. Sara hastalığını meydana getiren köpükleri çıkarır, ülseri iyileştirir, kan tükürmeyi, nefes darlığını önler, rahim ve karın ağrılarına iyi gelir.

6.41. Oğul Otu (Melissa Officinalis)

Akdeniz, Marmara ve Ege bölgelerinde yetişmektedir. Yatıştırıcı, mideyi, terletici ve antiseptik etkilere sahiptir. Antibakteriyel, antispazmatik, antiviral, sindirici, adet söktürücü, ateş düşürücü ve kuvvet vericidir. Ateşli hastalıklarda, üşütmelerde, yüksek tansiyon, depresyon, uykusuzluk ve baş ağrılarının tedavisinde kullanılır. Isilik, yara, yılan, böcek, akrep sokmalarında ve kuduz tedavisinde kullanılır. Kalp çarpıntısı, nefes darlığı ve felce karşı faydalıdır. Beyin damarlarını açar, melankoli hastalığını tedavi eder, astım krizlerini, nevralsi, romatizma ağrılarını iyi eder ve ezikleri geçirir.

6.42. Fesleğen (Herba Basilici)

Akdeniz bölgesinde ve Akdeniz ikliminin olduğu bütün bölgelerde; ana vatanı olan Güney Asya, Kıbrıs ve Hindistan havalisinde yetişir. Yatıştırıcı, mideyi ve idrar arttırıcı etkilere

sahiptir. Öksürük kesicidir, antispazmatik, aromatik, sindirici, güç vericidir. Ateşli hastalıklarda, özellikle soğuk algınlığı ve nezlede, iştahsızlık, karın krampları, migren, uykusuzluk, bulantı, depresyon, aşırı yorgunluk tedavisinde kullanılır. Bel soğukluğu, dizanteri, kronik ishal tedavisinde etkilidir. Bakteri öldürücüdür ve dahili parazitlere karşı etkilidir. Siğilleri iyileştirir, safra, burun kanamasına iyi gelir, ağız yaralarını iyileştirir. Ayrıca, fazla miktarda kullanılması durumunda böbreğe zarar verir.

6.43. Hatmi Çiçeği (Radix Althae)

Nemli topraklarda, sulak yerlerde ve bütün bölgelerde yetişir. Göğüs yumuşatıcı, tahrişleri giderici etkilere sahiptir, mide, bağırsak, ağız ve boğaz ülserlerinde, öksürükten ileri gelen solunum yolu tahrişlerinde, cilt yaralarında yumuşatıcı olarak kullanılmasının yanı sıra; koruyucu ve yara iyi edici olarak da etkilidir. Burkulmalarda, böcek sokmalarında, deri iltihaplanmalarında, kas sıkışmalarında, üriner ve solunum organlarının iltihaplanmalarında etkili olarak kullanılır. Ayrıca, apse, dolama, kan çıbanları tedavisinde de kullanılmaktadır.

6.44. Alıç (Fructus Crataegi)

Kireçli topraklarda, dağlık bölgelerde, çoğunlukla Batı ve Güney Anadolu bölgeleri sınırlarında yetişir. Sinir sistemini yatıştırıcı, tansiyon düşürücü, kalp atışlarının hızını yavaşlatıcı ve idrar söktürücü olarak kullanılır. Bronşit, nefes darlığı tedavilerinde de etkilidir. Antispazmatik, idrar arttırıcı, kalp güçlendirici ve damar açıcıdır. Baş ağrısını keser, balgam söktürür, safranin çoğalmasını önler, mideye kuvvet verir ve iç hastalıklara iyi gelir.

6.45. Avakado (Fructus Perseae)

Anavatanı Amerika olması ile beraber, Akdeniz bölgesinde de yetişir. A, D ve E vitaminlerini içerir, kabızlığa iyi gelir, cilt bakımında merhem olarak kullanılır, hipotansif bir etkiye sahiptir ve böbreğe faydalıdır.

6.46. Isırgan Otu (Melissa Officinalis)

Bu bitki her türlü arazide yetişebilmektedir. C vitamini içerir, kan temizleyici, idrar arttırıcı, iştah açıcı olarak kullanılır. Şeker hastalığına, idrar yolu rahatsızlıklarına iyi gelir, astımatik, kepek önleyici, doku, damar büzücü, idrar ve süt arttırıcı, kan durdurucu, yatıştırıcıdır, kanseri, şişlikleri iyi eder. Böbrek sancısını keser, bağırsakları yumuşatır, böbrek ve mesanedeki taşları eritir. Ayrıca, cilt kanseri, deri veremine de iyi gelir, yaraların çabuk iyileşip; kapanmasını sağlar.

6.47. Maydanoz (Petroselinum Crispum)

Anavatanı Avrupa olmakla beraber; hemen her ülkede, bilhassa Akdeniz bölgesinde yetişmektedir. Kepek önleyici, antispazmatik, müshil, sindirici, balgam sökücü, midevi ve kuvvet vericidir. Böcek sokmalarına karşı dahilen kullanılmaktadır. A, B ve C vitaminlerini içerir, sürmenaj vakalarında faydalıdır, kan dolaşımını, sindirim, solunum zorluklarını düzenler ve romatizmaya faydalıdır. Görme gücünü artırır, yüksek tansiyonu düşürür, sarılığa, egzamaya, idrar yolları taşlarına iyi gelir, yaraları, kesik ve morartıları iyileştirir. Saç dökülmesini yavaşlatır, kansere karşı koruyucu bir etkiye sahiptir.

6.48. İhlamur (Tilia Platyhllas)

Nemli yerlerde, Karadeniz ve Ege bölgesinde, bilhassa Kuzey Anadolu dağlarında yetişir. İdrar arttırıcı, terletici, yatıştırıcı, uyutucu ve göğüs yumuşatıcı etkileri bulunmaktadır. Mide, karaciğer zafiyetini, kalp çarpıntısını, soğuktan kaynaklanan bulantıyı önler, kan yapar, damar tıkanıklığını ve bağırsakları açar, midenin rutubetini kurutur. Solunum yollarını iyileştirir, öksürüğe faydalıdır, astıma iyi gelir, migren tedavisinde kullanılır. Bağırsak spazmına, kabızlığa iyi gelir, ayrıca saç dökülmesini önler. Filibit, enfaktüse faydalıdır, çilleri yok eder, apse, çıbanların tedavisinde etkilidir, iltihabı kurutur, yanıkları yok eder. Bunların yanı sıra bel ağrılarına faydalıdır, mesane taşlarını düşürür ve mide ülserine iyi gelir.

6.49. Keten Zeyrek (Linum Usitatissimum L.)

Hemen hemen her bölgede yetişir. Sindirim sistemi iltihapları ve tahrişlerine karşı koruyucu olarak kullanılır. Yumuşatıcı, ağrı azaltıcı olarak etkilidir, mide ülseri, akciğer ve bağırsak veremini, dalak şişliğini, kan tükürmeyi önler, öksürüğü keser, böbrek ve mesane iltihabını iyileştirir.

7. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Çeşitli bölgelerde yetişen 49 adet şifalı olarak adlandırılan bitkiler; çeşitli işlem basamaklarından geçirilerek sayıma hazır hale getirilmiş ve uygun algılama sistemleri kullanılarak toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri belirlenmiştir.

7.1. Bitki Numunelerinin Elde Edilmesi

Gerek yetiştirilen gerekse kendiliğinden yetişen 49 çeşit bitki; çeşitli bölgelerden toplanıp satışı yapılan yerlerden temin edildi.

7.2. Numunelerin Sayıma Hazır Hale Getirilmesi

Toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri belirlenecek olan 49 şifalı bitki numunesi, bir maket bıçağı yardımı ile mümkün olduğunca küçük parçalar haline getirilmiştir. Küçük parçalar haline getirilen her bir numune, alüminyum folyo içerisine konularak etiketlenmiştir. Daha sonra her bir numune; nemi alınana ve kuruyuncaya kadar 105 °C'ye ayarlanmış bir etüv ile fırınlama işlemine tabi tutulmuştur. Bu işlemten sonra kuruyan her bir numune toz haline getirilmiştir. Numuneler tekrar alüminyum folyo içerisine konularak kül oluncaya kadar (yaklaşık 49 saat) 105 °C'de fırınlanmış ve hava ile teması kesilecek şekilde etiketlenmiş olan plastik poşetlere aktarılmıştır.

Her bir numune, darası alınmış aktif alanı 11,34 cm² olan üç ayrı alüminyum planşete spesifik kütlesi 5mg/cm² yi aşmayacak şekilde aktarılmıştır. Daha sonra planşetlere aktarılmış numunelerin üzerine yeterince saf su eklenmiş ve dalga boyu 254-366 nm olan ultraviole lamba ile numuneler kuruyana kadar pozlanmıştır. Pozlama işlemi ile numunelerin planşetlere yapışması sağlanmış ve numuneler uygun algılama sistemleri ile sayılabilecek hale getirilmiştir.

7.3. Numunelerin Radyoaktivite Seviyelerinin Belirlenmesi için Kullanılan Sayım Sistemleri

Çeşitli işlemlerden geçirildikten sonra sayıma hazır hale getirilen numunelerin; toplam alfa radyoaktivite seviyeleri 44 mm çapında ZnS katmanlı katı bir sintilatöre ile 7286 Düşük Seviyeli Alfa Sayıcısı, toplam beta radyoaktivite seviyeleri ise 2059 beta hassas plastik sintilatörlü algılama sistemi yardımıyla SR8 radyasyon sayıcısı ile belirlendi.

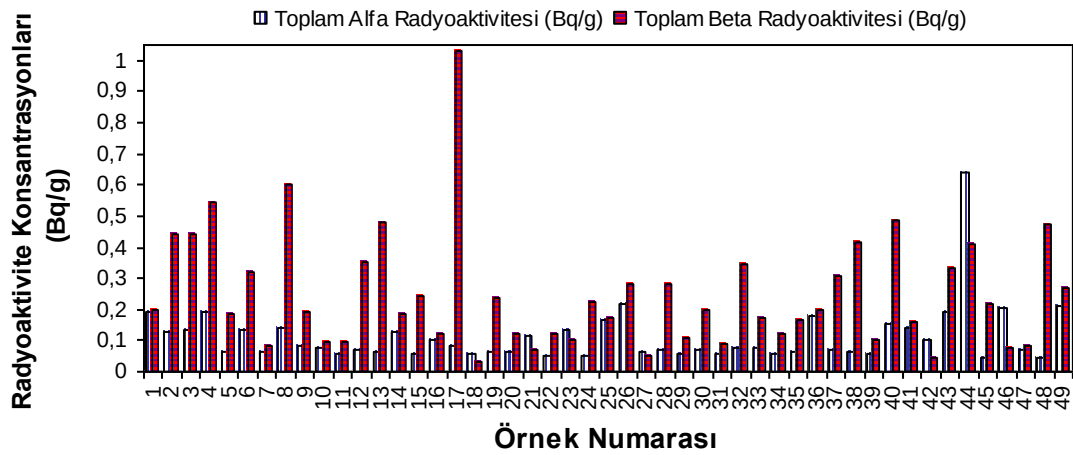
8. BULGULAR ve TARTIŞMA

Dünya ülkelerinde ve ülkemizde de birçok bölgede gerek şifa verici gerek tatlandırıcı olarak kullanılan çeşitli bitkiler mevcuttur. Dünyanın çeşitli bölgelerinde yetişen ve şifalı bitki olarak adlandırılan 49 bitki örneklerinin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri bu çalışmada belirlendi.

Şekil 8.1 ve Tablo 8.1’de bitki örneklerinden elde edilen toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite konsantrasyonu verileri topluca verilmiştir.

Tablo 8.1 incelendiğinde bitki örneklerinin toplam alfa radyoaktivite seviyelerinin $0,0428 \pm 0,0284$ Bq/g ile $0,6420 \pm 0,0479$ Bq/g değerleri arasında, toplam beta radyoaktivite seviyelerinin ise $0,0316 \pm 0,0102$ Bq/g ile $1,0327 \pm 0,0101$ Bq/g değerleri arasında değiştiği görülür. İncelenen 49 adet şifalı bitki numunelerinden en yüksek toplam alfa radyoaktivite seviyesi Alıç bitkisi numunesinde ve en düşük toplam alfa radyoaktivite seviyesi de İhlamur bitkisi numunesinde belirlenmiştir. En yüksek toplam beta radyoaktivite seviyesi Gül bitkisi numunesinde ve en düşük toplam beta radyoaktivite seviyesi ise Pelin Otu bitkisi numunesinde tespit edilmiştir.

Şekil 8.1 incelendiğinde, bitki örneklerinin yaklaşık olarak %86’sının toplam beta radyoaktivite seviyesinin toplam alfa radyoaktivite seviyesinden yüksek değerde olduğu görülür. Aynı şekilde toplam beta radyoaktivitesinin toplam alfa radyoaktivitesine oranının sahip olduğu en büyük değer Alıç bitkisi numunesinde; bu numuneyi takibende Acı Sütleşen ve Adaçayı bitki numunelerinde olduğu görülmektedir. Alıç bitki numunesinin radyoaktivitesinin en yüksek değerde olması ve Acı Sütleşen bitki numunesinin de yine kireçli topraklarda yetişiyor olması dikkat çekicidir.



Şekil 8.1: 49 Adet şifalı bitkinin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri

Tablo 8.1: 49 Adet şifalı bitkinin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri

Örnek No	Şifalı Bitkiler	Toplam Alfa (Bq/g)	Toplam Beta (Bq/g)
1	Ayva Yaprağı	0,1911 ± 0,0456	0,1991 ± 0,0165
2	Kandil Çiçeği	0,1259 ± 0,0550	0,4447 ± 0,0389
3	Böğürtlen Kökü	0,1362 ± 0,0391	0,4435 ± 0,0147
4	Adaçayı	0,1919 ± 0,0352	0,5420 ± 0,0095
5	Mahlep	0,0662 ± 0,0279	0,1838 ± 0,0101
6	Salep	0,1328 ± 0,0259	0,3201 ± 0,0081
7	At Kuyruğu	0,0634 ± 0,0278	0,0810 ± 0,0078
8	Acı Sütleğen	0,1402 ± 0,0354	0,6046 ± 0,0142
9	Ebegümeci	0,0862 ± 0,0250	0,1936 ± 0,0108
10	Altın Otu	0,0785 ± 0,0464	0,0939 ± 0,0449
11	Bodur Otu	0,0605 ± 0,0259	0,0945 ± 0,0073
12	Mersin Yaprağı	0,0690 ± 0,0276	0,3497 ± 0,0109
13	Tane Kimyon	0,0656 ± 0,0291	0,4809 ± 0,0101
14	Menekşe	0,1276 ± 0,0245	0,1867 ± 0,0083
15	Kebabiye	0,0545 ± 0,0233	0,2452 ± 0,0094
16	Karanfil	0,1016 ± 0,0381	0,1209 ± 0,0296
17	Gül	0,0827 ± 0,0252	1,0327 ± 0,0101
18	Pelin Otu	0,0596 ± 0,0231	0,0316 ± 0,0102
19	Papatya	0,0635 ± 0,0227	0,2354 ± 0,0079
20	Nane	0,0620 ± 0,0232	0,1245 ± 0,0084
21	Kekik	0,1124 ± 0,0212	0,0689 ± 0,0071
22	Ökalyptus	0,0534 ± 0,0220	0,1223 ± 0,0077
23	Sinameki	0,1355 ± 0,0219	0,1029 ± 0,0062
24	Kiraz Sapı	0,0538 ± 0,0228	0,2234 ± 0,0080
25	Gelincik	0,1648 ± 0,0221	0,1742 ± 0,0081
26	Su Teresi	0,2173 ± 0,0306	0,2806 ± 0,0157
27	Çörek Otu	0,0662 ± 0,0218	0,0534 ± 0,0084
28	Rezene	0,0695 ± 0,0266	0,2805 ± 0,0154
29	Zerdeçal	0,0570 ± 0,0223	0,1095 ± 0,0062
30	Deve Dikeni	0,0734 ± 0,0289	0,1982 ± 0,0140
31	Kereviz Tohumu	0,0573 ± 0,0308	0,0889 ± 0,0086
32	Ayrık Otu	0,0769 ± 0,0296	0,3445 ± 0,0190
33	Darulfulful	0,0752 ± 0,0221	0,1751 ± 0,0075
34	Kedi Otu	0,0571 ± 0,0200	0,1228 ± 0,0063
35	Kına Kına	0,0616 ± 0,0260	0,1683 ± 0,0079
36	Keçi Boynuzu	0,1804 ± 0,0226	0,2005 ± 0,0088
37	Kuşburnu	0,0734 ± 0,0293	0,3070 ± 0,0191
38	Hünnap	0,0648 ± 0,0214	0,4140 ± 0,0086
39	Hindistan Cevizi (Küçük)	0,0591 ± 0,0203	0,1042 ± 0,0074
40	Sarı Kantaron	0,1527 ± 0,0342	0,4877 ± 0,0316
41	Oğul Otu	0,1422 ± 0,0252	0,1586 ± 0,0094
42	Fesleğen	0,1042 ± 0,0253	0,0423 ± 0,0104
43	Hatmi Çiçeği	0,1918 ± 0,0340	0,3320 ± 0,0211
44	Alıç	0,6420 ± 0,0479	0,4110 ± 0,0477
45	Avokado	0,0443 ± 0,0297	0,2173 ± 0,0162
46	Isırgan Otu	0,2025 ± 0,0305	0,0757 ± 0,0132
47	Maydanoz	0,0728 ± 0,0272	0,0850 ± 0,0138
48	İhlamur	0,0428 ± 0,0284	0,4768 ± 0,0111
49	Keten Zeyrek	0,2102 ± 0,0253	0,2704 ± 0,0098

8.1. Şifalı Bitkilerin Yetiştği Toprak Türlerine Göre İncelenmesi

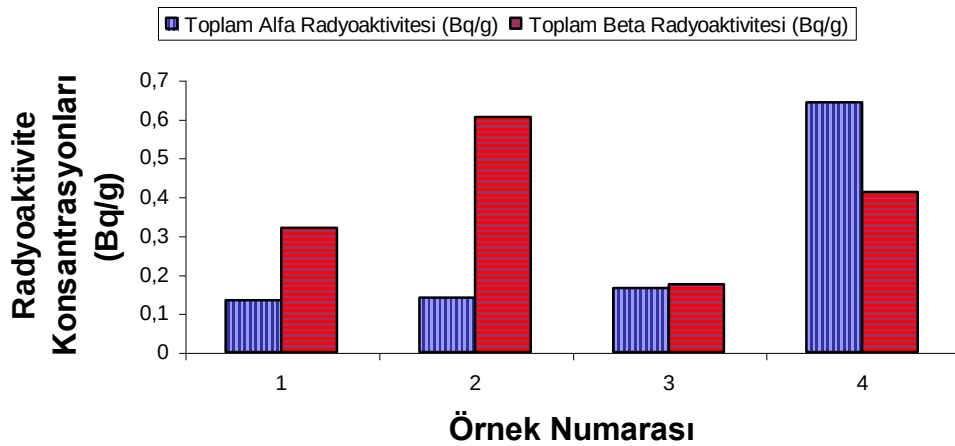
8.1.1. Kireçli Toprakta Yetişen Şifalı Bitki Örnekleri

Seçilmiş olan şifalı bitki örneklerinden kireçli toprakta yetişen bitkiler Tablo 8.2’de verilmiştir. Tablo 8.2 incelendiğinde, en yüksek toplam alfa radyoaktivite seviyesi; $0,6420 \pm 0,0479$ Bq/g olan Alıç bitkisinde ve en yüksek toplam beta radyoaktivite seviyesi de $0,6046 \pm 0,0142$ Bq/g olan Acı Sütleg n bitkisinde belirlenmiştir. En düşük toplam alfa radyoaktivite seviyesi $0,1328 \pm 0,0259$ Bq/g olan Salep bitkisinde ve en düşük toplam beta radyoaktivite seviyesi de $0,1742 \pm 0,0081$ Bq/g olan Gelincik bitkisinde belirlenmiştir.

Şekil 8.2 incelendiğinde Alıç bitkisinin toplam alfa radyoaktivite seviyesinin toplam beta radyoaktivite seviyesinden; Acı Sütleg n bitkisinin de toplam beta radyoaktivitesinin toplam alfa radyoaktivitesinden fazla olduğu gör l r.

Tablo 8.2 : Kireçli toprak çeşidinde yetişebilen şifalı bitkiler

Numune No	Şifalı Bitkiler	Toplam Alfa Radyoaktivitesi (Bq/g)	Toplam Beta Radyoaktivitesi (Bq/g)
1	Salep	$0,1328 \pm 0,0259$	$0,3201 \pm 0,0081$
2	Acı S�tleğ�n	$0,1402 \pm 0,0354$	$0,6046 \pm 0,0142$
3	Gelincik	$0,1648 \pm 0,0221$	$0,1742 \pm 0,0081$
4	Alıç	$0,6420 \pm 0,0479$	$0,4110 \pm 0,0477$



Şekil 8.2 : Kireçli toprakta yetişen şifalı bitki  rneklerinin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri. 1: Salep, 2: Acı s tleğ n, 3: Gelincik, 4: Alıç.

8.1.2. Kurak Topraklarda Yetişen Şıfalı Bitki Örnekleri

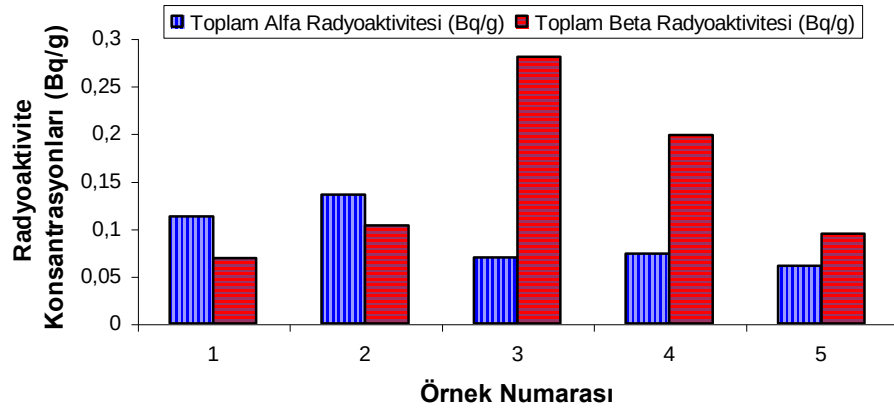
Tablo 8.3’de kurak toprakta yetişen şıfalı bitki örneklerinin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri verilmiştir.

Kurak toprakta yetişen şıfalı bitki örneklerinin toplam alfa radyoaktivite seviyeleri, $0,0605 \pm 0,0259$ Bq/g ile $0,1355 \pm 0,0219$ Bq/g değerleri arasında değişmektedir. Toplam beta radyoaktivite seviyeleri ise $0,0689 \pm 0,0071$ Bq/g ile $0,2805 \pm 0,0154$ Bq/g değerleri arasında değişmektedir. En yüksek toplam alfa radyoaktivite seviyesine Sinameki bitkisi ve en düşük toplam alfa radyoaktivite seviyesine de Bodur otu bitkisi sahiptir. Bununla beraber en yüksek toplam beta radyoaktivite seviyesine Rezene bitkisi ve en düşük toplam beta radyoaktivite seviyesine de Kekik bitkisi sahiptir.

Şekil 8.3 incelendiğinde, toplam alfa radyoaktivite seviyesi ile toplam beta radyoaktivite seviyesine sahip olma yüzdesi eşit ve %60’dır.

Tablo 8.3 : Kurak toprak çeşidinde yetişebilen şıfalı bitkiler

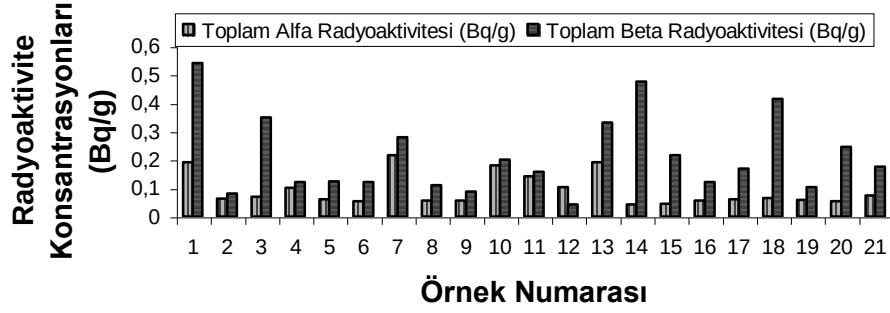
Numune No	Şıfalı Bitkiler	Toplam Alfa Radyoaktivitesi (Bq/g)	Toplam Beta Radyoaktivitesi (Bq/g)
1	Kekik	$0,1124 \pm 0,0212$	$0,0689 \pm 0,0071$
2	Sinameki	$0,1355 \pm 0,0219$	$0,1029 \pm 0,0062$
3	Rezene	$0,0695 \pm 0,0266$	$0,2805 \pm 0,0154$
4	Deve Dikeni	$0,0734 \pm 0,0289$	$0,1982 \pm 0,0140$
5	Bodur Otu	$0,0605 \pm 0,0259$	$0,0945 \pm 0,0073$



Şekil 8.3 : Kurak toprakta yetişen şıfalı bitki örneklerinin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri. 1: Kekik, 2: Sinameki, 3: Rezene, 4: Deve dikeni, 5: Bodur otu.

8.1.3. Sulu Toprakta Yetişen Şifalı Bitki Örnekleri

Tablo 8.4, bu çalışmada seçilen şifalı bitki örneklerinin arasında; sulu topraklarda yetişen şifalı bitki örneklerinin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyelerini göstermektedir.



Şekil 8.4 : Sulu toprakta yetişen şifalı bitki örneklerinin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri. 1: Adaçayı, 2: At kuyruğu, 3: Mersin yaprağı, 4: Karanfil, 5: Nane, 6: Ökalyptus, 7: Su Teresi, 8: Zerdeçal, 9: Kereviz tohumu, 10: Keçi boynuzu, 11: Oğul otu, 12: Fesleğen, 13: Hatmi çiçeği, 14: İhlamur, 15: Avokado, 16: Kedi otu, 17: Kına kına, 18: Hünnap, 19: Hindistan cevizi (küçük), 20: Kebabiye, 21: Darulfülül.

Tablo 8.4 : Sulu toprak çeşidinde yetişebilen şifalı bitki numuneleri

Örnek No	Şifalı Bitkiler	Toplam Alfa (Bq/g)	Toplam Beta (Bq/g)
1	Adaçayı	0,1919 ± 0,0352	0,5420 ± 0,0095
2	At Kuyruğu	0,0634 ± 0,0278	0,0810 ± 0,0078
3	Mersin Yaprığı	0,0690 ± 0,0276	0,3497 ± 0,0109
4	Karanfil	0,1016 ± 0,0381	0,1209 ± 0,0296
5	Nane	0,0620 ± 0,0232	0,1245 ± 0,0084
6	Ökalyptus	0,0534 ± 0,0220	0,1223 ± 0,0077
7	Su Teresi	0,2173 ± 0,0306	0,2806 ± 0,0157
8	Zerdeçal	0,0570 ± 0,0223	0,1095 ± 0,0062
9	Kereviz Tohumu	0,0573 ± 0,0308	0,0889 ± 0,0086
10	Keçi Boynuzu	0,1804 ± 0,0226	0,2005 ± 0,0088
11	Oğul Otu	0,1422 ± 0,0252	0,1586 ± 0,0094
12	Fesleğen	0,1042 ± 0,0253	0,0423 ± 0,0104
13	Hatmi Çiçeği	0,1918 ± 0,0340	0,3320 ± 0,0211
14	İhlamur	0,0428 ± 0,0284	0,4768 ± 0,0111
15	Avokado	0,0443 ± 0,0297	0,2173 ± 0,0162
16	Kedi Otu	0,0571 ± 0,0200	0,1228 ± 0,0063
17	Kına Kına	0,0616 ± 0,0260	0,1683 ± 0,0079
18	Hünnap	0,0648 ± 0,0214	0,4140 ± 0,0086
19	Hindistan Cevizi (Küçük)	0,0591 ± 0,0203	0,1042 ± 0,0074
20	Kebabiye	0,0545 ± 0,0233	0,2452 ± 0,0094
21	Darulfülül	0,0752 ± 0,0221	0,1751 ± 0,0075

Tablo 8.4’de en yüksek toplam alfa radyoaktivite seviyesi $0,2173 \pm 0,0306$ Bq/g olan Su teresi bitkisinde ve en düşük toplam alfa radyoaktivitesi de $0,0428 \pm 0,0284$ Bq/g olan Ihlamur bitkisinde belirlenmiştir. En yüksek toplam beta radyoaktivitesi $0,5420 \pm 0,0095$ Bq/g olan Adaçayı bitkisinde ve en düşük toplam beta radyoaktivite seviyesi de $0,0423 \pm 0,0104$ Bq/g olan Fesleğen bitkisinde belirlenmiştir.

Şekil 8.4 incelendiğinde, bitki örneklerinin yaklaşık olarak %96’sının toplam beta radyoaktivite seviyesinin toplam alfa radyoaktivite seviyesinden fazla olduğu görülür. Bu örnekler arasında sadece Fesleğen şifalı bitkisinin toplam alfa radyoaktivitesi, toplam beta radyoaktivitesinden fazladır.

8.1.4. Her Türlü Toprakta Yetişen Şifalı Bitki Örnekleri

49 şifalı bitki örneği arasında, her türlü toprak çeşidinde yetişen şifalı bitki örneklerinin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri Tablo 8.5’de verilmiştir.

Tablo 8.5 incelendiğinde; toplam alfa radyoaktivite seviyelerinin $0,0538 \pm 0,0228$ Bq/g ile $0,2102 \pm 0,0253$ Bq/g değerleri ve toplam beta radyoaktivite seviyelerinin de $0,0316 \pm 0,0102$ Bq/g ile $1,0327 \pm 0,0101$ Bq/g değerleri arasında değiştiği görülür. En yüksek toplam alfa radyoaktivite seviyesine Ketan zeyrek bitkisi, en yüksek toplam beta radyoaktivite seviyesine de Gül bitkisi sahiptir.

8.2. Toprak Türlerine Göre Şifalı Bitki Numunelerinin Toplam Alfa ve Toplam Beta Radyoaktivite Seviyeleri

8.2.1. En Yüksek Toplam Alfa ve Toplam Beta Radyoaktivite Seviyeleri

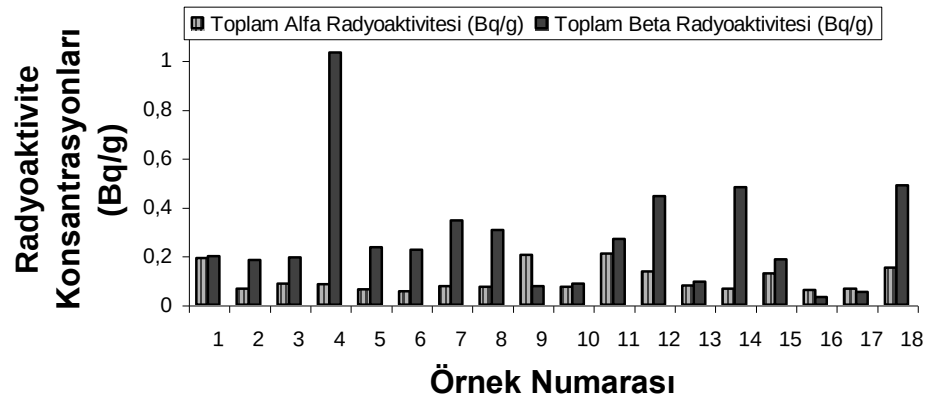
Toprak çeşitlerine göre yapılan incelemeye bağlı olarak Tablo 8.6 elde edilmiştir. Toprak çeşitleri arasında en yüksek toplam alfa radyoaktivite seviyesi $0,6420 \pm 0,0479$ (Bq/g) değerine sahip olan kireçli toprakta (kireçli toprakta yetişebilen Alıç bitkinde) ve en yüksek toplam beta radyoaktivite seviyesi de $1,0327 \pm 0,0101$ (Bq/g) değerine sahip olan her türlü toprak çeşidinde yetişebilen Gül bitkisinden elde edilmiştir.

Şekil 8.5 incelendiğinde bitki örneklerinin % 83,3’nün toplam beta radyoaktivitesinin toplam alfa radyoaktivitesinden fazla olduğu görülür.

Tablo 8.6’daki değerler incelendiğinde $0,1355 \pm 0,0219$ (Bq/g) değerine sahip kurak toprakta yetişebilen Sinameki bitkisinin toplam alfa radyoaktivitesinin ve $0,2805 \pm 0,0154$ (Bq/g) değerine sahip kurak toprakta yetişebilen Rezene bitkisinin de toplam beta radyoaktivitesinin bu gruba göre en düşük değere sahip olduğu görülür.

Tablo 8.5 : Her türlü toprak çeşidinde yetişebilen şifalı bitkiler

Numune No	Şifalı Bitkiler	Toplam Alfa (Bq/g)	Toplam Beta (Bq/g)
1	Ayva Yapağı	$0,1911 \pm 0,0456$	$0,1991 \pm 0,0165$
2	Mahlep	$0,0662 \pm 0,0279$	$0,1838 \pm 0,0101$
3	Ebegümece	$0,0862 \pm 0,0250$	$0,1936 \pm 0,0108$
4	Gül	$0,0827 \pm 0,0252$	$1,0327 \pm 0,0101$
5	Papatya	$0,0635 \pm 0,0227$	$0,2354 \pm 0,0079$
6	Kiraz Sapı	$0,0538 \pm 0,0228$	$0,2234 \pm 0,0080$
7	Ayrık Otu	$0,0769 \pm 0,0296$	$0,3445 \pm 0,0190$
8	Kuşburnu	$0,0734 \pm 0,0293$	$0,3070 \pm 0,0191$
9	Isırgan Otu	$0,2025 \pm 0,0305$	$0,0757 \pm 0,0132$
10	Maydanoz	$0,0728 \pm 0,0272$	$0,0850 \pm 0,0138$
11	Keten Zeyrek	$0,2102 \pm 0,0253$	$0,2704 \pm 0,0098$
12	Böğürtlen Kökü	$0,1362 \pm 0,0391$	$0,4435 \pm 0,0147$
13	Altın Otu	$0,0785 \pm 0,0464$	$0,0939 \pm 0,0449$
14	Tane Kimyon	$0,0656 \pm 0,0291$	$0,4809 \pm 0,0101$
15	Menekşe	$0,1276 \pm 0,0245$	$0,1867 \pm 0,0083$
16	Pelin Otu	$0,0596 \pm 0,0231$	$0,0316 \pm 0,0102$
17	Çörek Otu	$0,0662 \pm 0,0218$	$0,0534 \pm 0,0084$
18	Sarı Kantaron	$0,1527 \pm 0,0342$	$0,4877 \pm 0,0316$



Şekil 8.5 : Her türlü toprakta yetişen şifalı bitki örneklerinin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri. 1: Ayva yapağı, 2: Mahlep, 3: Ebegümece, 4: Gül, 5: Papatya, 6: Kiraz sapı, 7: Ayrık otu, 8: Kuş burnu, 9: Isırgan otu, 10: Maydanoz, 11: Ketan zeyrek, 12: Böğürtlen kökü, 13: Altın otu, 14: Tane kimyon, 15: Menekşe, 16: Pelin otu, 17: Çörek otu, 18: Sarı kantaron.

Tablo 8.6 : Şifalı bitki numunelerinin toprak çeşidine bağlı olarak toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyelerinin en yüksek değerleri

Toprak Çeşidi	Şifalı Bitki		Toplam Radyoaktivite Değerleri (Bq/g)	
	α	B	α	β
Kireçli toprak	Alıç	Acı Sütleşen	$0,6420 \pm 0,0479$	$0,6046 \pm 0,0142$
Kurak toprak	Sinameki	Rezene	$0,1355 \pm 0,0219$	$0,2805 \pm 0,0154$
Sulu toprak	Su Teresi	Adaçayı	$0,2173 \pm 0,0306$	$0,5420 \pm 0,0095$
Her türlü toprak	Keten Zeyrek	Gül	$0,2102 \pm 0,0253$	$1,0327 \pm 0,0101$

Tablo 8.7 : Şifalı bitki numunelerinin toprak çeşidine bağlı olarak toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyelerinin en düşük değerleri

Toprak Çeşidi	Şifalı Bitki		Toplam Radyoaktivite Değerleri (Bq/g)	
	α	B	α	β
Kireçli toprak	Salep	Gelincik	$0,1328 \pm 0,0259$	$0,1742 \pm 0,0081$
Kurak toprak	Bodur Otu	Kekik	$0,0605 \pm 0,0259$	$0,0689 \pm 0,0071$
Sulu toprak	İhlamur	Fesleğen	$0,0428 \pm 0,0284$	$0,0423 \pm 0,0104$
Her türlü toprak	Kiraz Sapı	Pelin Otu	$0,0538 \pm 0,0228$	$0,0316 \pm 0,0102$

8.2.2. En Düşük Toplam Alfa ve Toplam Beta Radyoaktivite Seviyeleri

Şifalı bitkiler toprak çeşidine göre ayrıca, en düşük toplam beta radyoaktivite seviyelerine göre de incelendiğinde; Tablo 8.7 elde edilir. Bu gruba bağlı olarak; en düşük toplam alfa radyoaktivite seviyesi $0,0428 \pm 0,0284$ (Bq/g) değerine sahip olan ve sulu toprakta yetişen İhlamur bitkisinde tespit edilmiştir. En yüksek toplam alfa radyoaktivite seviyesi, $0,1328 \pm 0,0259$ (Bq/g) değerine sahip Salep bitkisinde ve en yüksek toplam beta radyoaktivite seviyesi ise $0,1742 \pm 0,0081$ (Bq/g) değerine sahip Gelincik bitkisindedir. En düşük toplam beta radyoaktivite seviyesi de $0,0316 \pm 0,0102$ (Bq/g) değeri ile Pelin otu bitkisinde tespit edilmiştir.

8.3. Bazı Rahatsızlıklara Göre Şifalı Bitkilerin Toplam Alfa ve Toplam Beta Radyoaktivite Seviyeleri

Hemen hemen bütün bölgelerde tüketilen şifalı bitkiler; tüketim amaçlarının çoğu hastalıklarına şifa bulmayı güder. Şifalı bitkilerin bünyelerinde doğal radyasyon seviyesi bulundurdıkları daha önce yapılan çalışmalarda tespit edilmiştir [35].

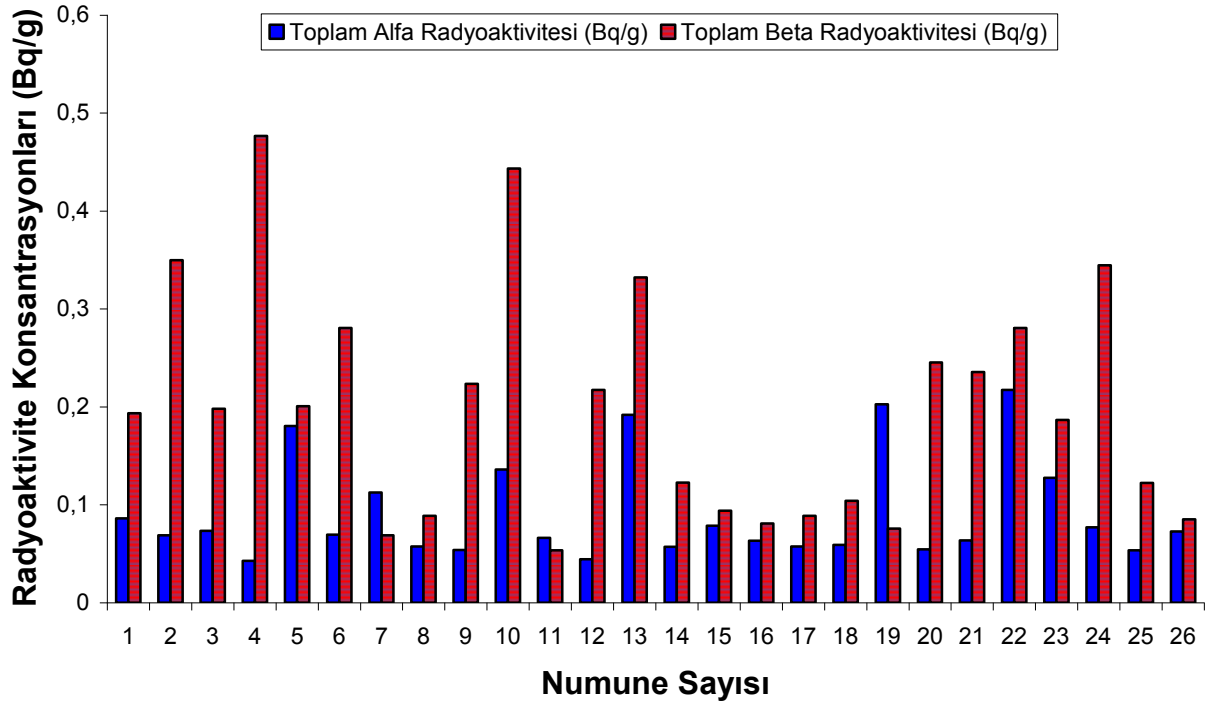
8.3.1. Böbrek Rahatsızlıklarına Faydalı Olan Şifalı Bitkiler

Böbrekte taş bulunması, böbrekte ağrıların olması gibi böbrek rahatsızlıklarına faydalı olduğuna inanılan şifalı bitki numunelerinde belirlenen toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri Tablo 8.8’de mevcuttur.

En düşük toplam alfa radyoaktivite seviyesi, $0,0428 \pm 0,0284$ (Bq/g) değerine sahip olan Ihlamur bitkisinde ve en düşük toplam beta radyoaktivite seviyesi ise; $0,4435 \pm 0,0147$ (Bq/g) değeri belirlenen Böğürtlen kökü şifalı bitkisinde belirlenmiştir. En yüksek toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyesine sahip olan bitkiler sırası ile; $0,2173 \pm 0,0306$ (Bq/g) değerinde olan Su teresi bitkisi ve $0,4768 \pm 0,0111$ (Bq/g) değerinde olan Ihlamur bitkisidir.

Tablo 8.8 : Böbrek rahatsızlıklarına faydalı olan şifalı bitkilerin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri

Numune No	Şifalı Bitkiler	Toplam Alfa Radyoaktivitesi (Bq/g)	Toplam Beta Radyoaktivitesi (Bq/g)
1	Ebegümeci	$0,0862 \pm 0,0250$	$0,1936 \pm 0,0108$
2	Mersin Yaprağı	$0,0690 \pm 0,0276$	$0,3497 \pm 0,0109$
3	Deve Dikeni	$0,0734 \pm 0,0289$	$0,1982 \pm 0,0140$
4	Ihlamur	$0,0428 \pm 0,0284$	$0,4768 \pm 0,0111$
5	Keçi Boynuzu	$0,1804 \pm 0,0226$	$0,2005 \pm 0,0088$
6	Rezene	$0,0695 \pm 0,0266$	$0,2805 \pm 0,0154$
7	Kekik	$0,1124 \pm 0,0212$	$0,0689 \pm 0,0071$
8	Kereviz Tohumu	$0,0573 \pm 0,0308$	$0,0889 \pm 0,0086$
9	Kiraz Sapı	$0,0538 \pm 0,0228$	$0,2234 \pm 0,0080$
10	Böğürtlen Kökü	$0,1362 \pm 0,0391$	$0,4435 \pm 0,0147$
11	Çörek Otu	$0,0662 \pm 0,0218$	$0,0534 \pm 0,0084$
12	Avokado	$0,0443 \pm 0,0297$	$0,2173 \pm 0,0162$
13	Hatmi Çiçeği	$0,1918 \pm 0,0340$	$0,3320 \pm 0,0211$
14	Kedi Otu	$0,0571 \pm 0,0200$	$0,1228 \pm 0,0063$
15	Altın Otu	$0,0785 \pm 0,0464$	$0,0939 \pm 0,0449$
16	At Kuyruğu	$0,0634 \pm 0,0278$	$0,0810 \pm 0,0078$
17	Kereviz Tohumu	$0,0573 \pm 0,0308$	$0,0889 \pm 0,0086$
18	Hindistan Cevizi (Küçük)	$0,0591 \pm 0,0203$	$0,1042 \pm 0,0074$
19	Isırgan Otu	$0,2025 \pm 0,0305$	$0,0757 \pm 0,0132$
20	Kebabiye	$0,0545 \pm 0,0233$	$0,2452 \pm 0,0094$
21	Papatya	$0,0635 \pm 0,0227$	$0,2354 \pm 0,0079$
22	Su Teresi	$0,2173 \pm 0,0306$	$0,2806 \pm 0,0157$
23	Menekşe	$0,1276 \pm 0,0245$	$0,1867 \pm 0,0083$
24	Ayrık Otu	$0,0769 \pm 0,0296$	$0,3445 \pm 0,0190$
25	Ökaliptus	$0,0534 \pm 0,0220$	$0,1223 \pm 0,0077$
26	Maydanoz	$0,0728 \pm 0,0272$	$0,0850 \pm 0,0138$



Şekil 8.6 : Böbrek rahatsızlıklarına faydalı olan şifalı bitkilerin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri

Şekil 8.6 incelendiğinde numunelerin yaklaşık olarak % 89'unun toplam beta radyoaktivitesinin toplam alfa radyoaktivitesinden fazla olduğu görülür.

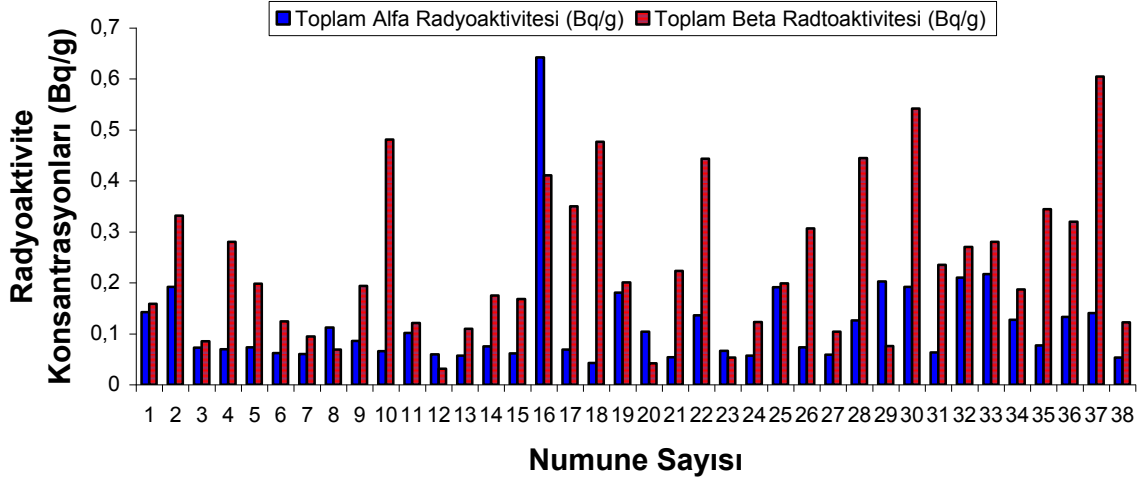
8.3.2. Mide Rahatsızlıklarına Faydalı Olan Şifalı Bitkiler

Mide üşütmesi, bulantı vb. mide rahatsızlıklarına faydalı olduğuna inanılan şifalı bitkilerin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri Tablo 8.9'da verilmiştir.

49 şifalı bitki numuneleri arasında, mide rahatsızlıklarına iyi geldiğine inanıldığı 38 tanesinin içinde en yüksek ve en düşük toplam alfa radyoaktivite seviyesine sahip numuneler sırası ile; $0,6420 \pm 0,0479$ (Bq/g) değerindeki Alıç bitkisi ve $0,0428 \pm 0,0284$ (Bq/g) değerindeki İhlamur bitkisidir.

En yüksek ve en düşük toplam beta radyoaktivite seviyelerine sahip olan bitkiler; $0,6046 \pm 0,0142$ (Bq/g) değerine sahip Acı sütlegen bitkisi ve $0,0316 \pm 0,0102$ (Bq/g) değerine sahip Pelin otu bitkisidir.

Şekil 8.7’de mide rahatsızlıklarına faydalı olan şifalı bitki numunelerinin yaklaşık % 84’nün toplam beta radyoaktivite seviyesinin toplam alfa radyoaktivite seviyesinden fazla



Şekil 8.7 : Mide rahatsızlıklarına faydalı olan şifalı bitkilerin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri

olduğu görülür. Şekil 8.7’e göre toplam alfa radyoaktivitesinin toplam beta radyoaktivitesine oranla fazlalığı dikkat çeken bitki numunesi Alıç bitkisidir.

8.3.3. Kanser Faydalı Olan Şifalı Bitkiler

Tablo 8.10 kansere faydalı olduğuna inanılan şifalı bitki numunelerinin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyelerini içermektedir.

En yüksek toplam alfa radyoaktivite seviyesine Isırgan otu bitkisi ve en düşük toplam alfa radyoaktivite seviyesine ise Mersin yaprağı sahiptir. Bununla beraber en yüksek toplam beta radyoaktivite seviyesine Mersin yaprağı ve en düşük toplam beta radyoaktivite seviyesine ise Isırgan otu bitkisi sahiptir.

Isırgan otu bitkisi ile Mersin yaprağı arasındaki ilişki oldukça ilgi çekicidir. Bu bitkilerden biri en yüksek değere sahip iken diğeri bu inceleme grubu için en düşük değere sahiptir. Ayrıca, Deve dikenli bitkisi ile Kuşburnu bitkisinin toplam alfa radyoaktivite seviyelerinin yaklaşık olarak aynı çıkması da yine ilgi çekicidir.

Şekil 8.8 incelendiğinde; sadece Isırgan otu bitkisinin toplam alfa radyoaktivitesinin toplam beta radyoaktivitesinden fazla olduğu görülür.

Tablo 8.9 : Mide rahatsızlıklarına faydalı olan şifalı bitkilerin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri

Numune No	Şifalı Bitkiler	Toplam Alfa Radyoaktivitesi (Bq/g)	Toplam Beta Radyoaktivitesi (Bq/g)
1	Oğul Otu	$0,1422 \pm 0,0252$	$0,1586 \pm 0,0094$
2	Hatmi Çiçeği	$0,1918 \pm 0,0340$	$0,3320 \pm 0,0211$
3	Maydanoz	$0,0728 \pm 0,0272$	$0,0850 \pm 0,0138$
4	Rezene	$0,0695 \pm 0,0266$	$0,2805 \pm 0,0154$
5	Deve Dikeni	$0,0734 \pm 0,0289$	$0,1982 \pm 0,0140$
6	Nane	$0,0620 \pm 0,0232$	$0,1245 \pm 0,0084$
7	Bodur Otu	$0,0605 \pm 0,0259$	$0,0945 \pm 0,0073$
8	Kekik	$0,1124 \pm 0,0212$	$0,0689 \pm 0,0071$
9	Ebegümeci	$0,0862 \pm 0,0250$	$0,1936 \pm 0,0108$
10	Tane Kimyon	$0,0656 \pm 0,0291$	$0,4809 \pm 0,0101$
11	Karanfil	$0,1016 \pm 0,0381$	$0,1209 \pm 0,0296$
12	Pelin Otu	$0,0596 \pm 0,0231$	$0,0316 \pm 0,0102$
13	Zerdeçal	$0,0570 \pm 0,0223$	$0,1095 \pm 0,0062$
14	Darulfulful	$0,0752 \pm 0,0221$	$0,1751 \pm 0,0075$
15	Kına Kına	$0,0616 \pm 0,0260$	$0,1683 \pm 0,0079$
16	Alıç	$0,6420 \pm 0,0479$	$0,4110 \pm 0,0477$
17	Mersin Yaprağı	$0,0690 \pm 0,0276$	$0,3497 \pm 0,0109$
18	Ihlamur	$0,0428 \pm 0,0284$	$0,4768 \pm 0,0111$
19	Keçi Boynuzu	$0,1804 \pm 0,0226$	$0,2005 \pm 0,0088$
20	Fesleğen	$0,1042 \pm 0,0253$	$0,0423 \pm 0,0104$
21	Kiraz Sapı	$0,0538 \pm 0,0228$	$0,2234 \pm 0,0080$
22	Böğürtlen Kökü	$0,1362 \pm 0,0391$	$0,4435 \pm 0,0147$
23	Çörek Otu	$0,0662 \pm 0,0218$	$0,0534 \pm 0,0084$
24	Kedi Otu	$0,0571 \pm 0,0200$	$0,1228 \pm 0,0063$
25	Ayva Yaprağı	$0,1911 \pm 0,0456$	$0,1991 \pm 0,0165$
26	Kuşburnu	$0,0734 \pm 0,0293$	$0,3070 \pm 0,0191$
27	Hindistan Cevizi (Küçük)	$0,0591 \pm 0,0203$	$0,1042 \pm 0,0074$
28	Kandil Çiçeği	$0,1259 \pm 0,0550$	$0,4447 \pm 0,0389$
29	Isırgan Otu	$0,2025 \pm 0,0305$	$0,0757 \pm 0,0132$
30	Adaçayı	$0,1919 \pm 0,0352$	$0,5420 \pm 0,0095$
31	Papatya	$0,0635 \pm 0,0227$	$0,2354 \pm 0,0079$
32	Keten Zeyrek	$0,2102 \pm 0,0253$	$0,2704 \pm 0,0098$
33	Su Teresi	$0,2173 \pm 0,0306$	$0,2806 \pm 0,0157$
34	Menekşe	$0,1276 \pm 0,0245$	$0,1867 \pm 0,0083$
35	Ayrık Otu	$0,0769 \pm 0,0296$	$0,3445 \pm 0,0190$
36	Salep	$0,1328 \pm 0,0259$	$0,3201 \pm 0,0081$
37	Acı Sütleğen	$0,1402 \pm 0,0354$	$0,6046 \pm 0,0142$
38	Ökalyptus	$0,0534 \pm 0,0220$	$0,1223 \pm 0,0077$

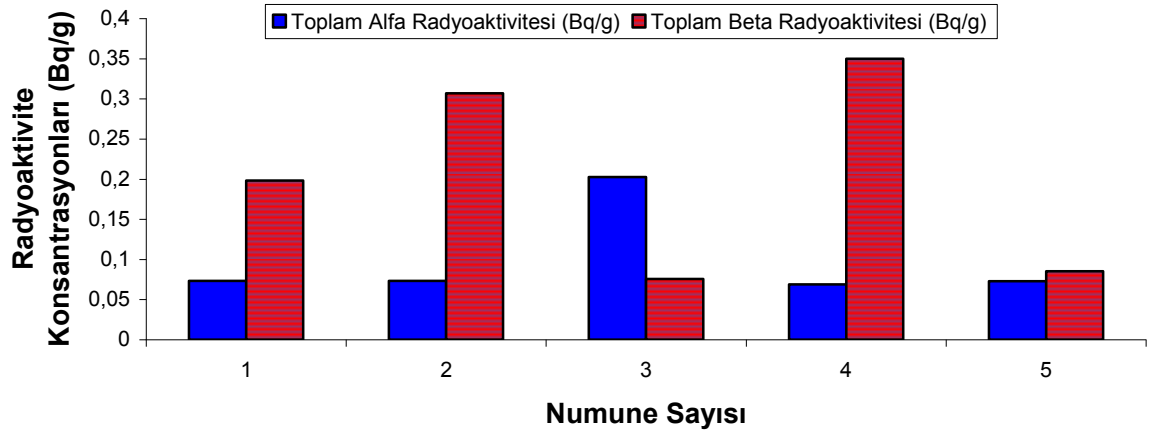
Tablo 8.10 : Kanserle faydalı olan şifalı bitkilerin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri

Numune No	Şifalı Bitkiler	Toplam Alfa Radyoaktivitesi (Bq/g)	Toplam Beta Radyoaktivitesi (Bq/g)
1	Deve Dikeni	$0,0734 \pm 0,0289$	$0,1982 \pm 0,0140$
2	Kuşburnu	$0,0734 \pm 0,0293$	$0,3070 \pm 0,0191$
3	Isırgan Otu	$0,2025 \pm 0,0305$	$0,0757 \pm 0,0132$
4	Mersin Yaprağı	$0,0690 \pm 0,0276$	$0,3497 \pm 0,0109$
5	Maydanoz	$0,0728 \pm 0,0272$	$0,0850 \pm 0,0138$

8.3.4. Şeker Hastalığına Faydalı Olan Şifalı Bitkiler

Bu bitkiler arasında en yüksek toplam alfa ve beta radyoaktivite seviyeleri sırası ile; $0,2173 \pm 0,0306$ (Bq/g) değerine sahip Su teresi bitkisinde ve $0,5420 \pm 0,0095$ (Bq/g) değerine sahip Adaçayı bitkisindedir.

Şeker hastalığına faydalı olduğu düşünülen şifalı bitki numunelerinin % 89'unun toplam beta radyoaktivitesinin toplam alfa radyoaktivitesinden fazla olduğu Şekil 8.9'dan görülür. Bu grupta Isırgan otu bitkisinin toplam alfa radyoaktivite seviyesi toplam beta radyoaktivite seviyesinden fazladır.



Şekil 8.8 : Kanserle faydalı olan şifalı bitkilerin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri. 1: Deve dikeni, 2: Kuşburnu, 3: Isırgan otu, 4: Mersin yaprağı, 5: Maydanoz

Tablo 8.11 : Şeker hastalığına faydalı olan şifalı bitkilerin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri

Numune No	Şifalı Bitkiler	Toplam Alfa Radyoaktivitesi (Bq/g)	Toplam Beta Radyoaktivitesi (Bq/g)
1	Isırgan Otu	$0,2025 \pm 0,0305$	$0,0757 \pm 0,0132$
2	Bodur Otu	$0,0605 \pm 0,0259$	$0,0945 \pm 0,0073$
3	Kuşburnu	$0,0734 \pm 0,0293$	$0,3070 \pm 0,0191$
4	Böğürtlen Kökü	$0,1362 \pm 0,0391$	$0,4435 \pm 0,0147$
5	Ökalyptus	$0,0534 \pm 0,0220$	$0,1223 \pm 0,0077$
6	Mahlep	$0,0662 \pm 0,0279$	$0,1838 \pm 0,0101$
7	Hünnap	$0,0648 \pm 0,0214$	$0,4140 \pm 0,0086$
8	Adaçayı	$0,1919 \pm 0,0352$	$0,5420 \pm 0,0095$
9	Su Teresi	$0,2173 \pm 0,0306$	$0,2806 \pm 0,0157$

8.3.5. Depresyona Faydalı Olan Şifalı Bitkiler

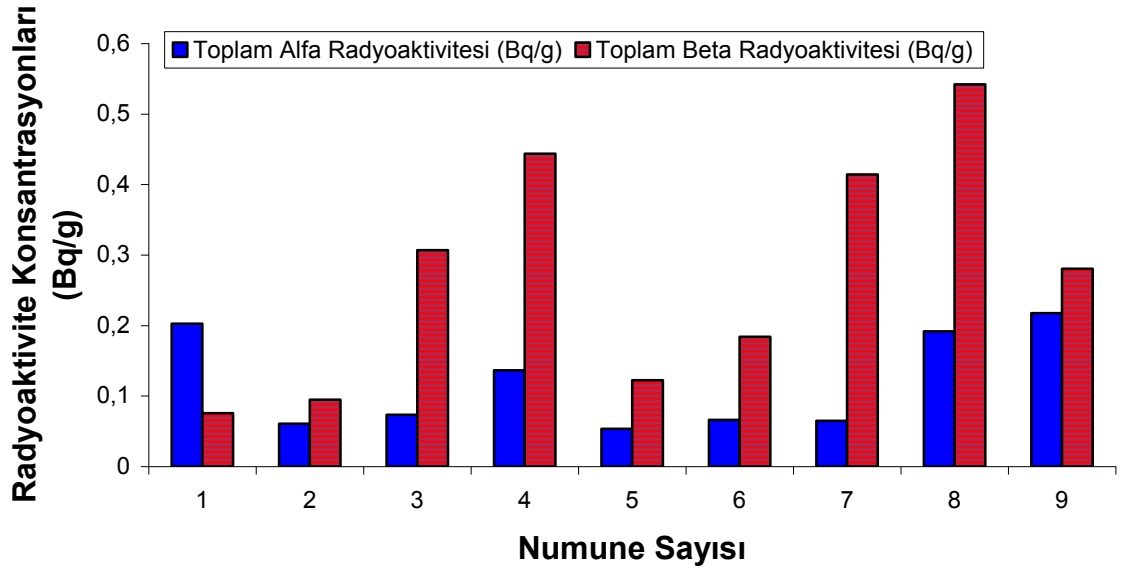
Seçilen şifalı bitki numuneleri arasından depresyona faydalı olduğuna inanılan ve çoğunlukla yatıştırıcı özelliği olan şifalı bitki numunelerinin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri Tablo 8.12’de verilmiştir.

En yüksek toplam alfa radyoaktivite seviyesi $0,1919 \pm 0,0352$ (Bq/g) değerine sahip olan Adaçayı bitkisinden ve en düşük toplam alfa radyoaktivitesi $0,0571 \pm 0,0200$ (Bq/g) değerine sahip olan Kedi otu bitkisinden elde edilmiştir. En yüksek toplam beta radyoaktivite seviyesi $0,5420 \pm 0,0095$ (Bq/g) değerine sahip Adaçayı bitkisinden ve en düşük toplam beta radyoaktivite seviyesi ise $0,0423 \pm 0,0104$ (Bq/g) değerine sahip Fesleğen bitkisinden elde edilmiştir.

8.3.6. Karaciğer Hastalıklarına Faydalı Olan Şifalı Bitkiler

Tablo 8.13 karaciğer hastalıklarına faydalı olan şifalı bitki numunelerinin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyelerini göstermektedir.

En yüksek toplam alfa radyoaktivite seviyesi $0,2025 \pm 0,0305$ (Bq/g) değerinde olan Isırgan otu bitkisinden ve en düşük toplam alfa radyoaktivite seviyesi $0,0570 \pm 0,0223$ (Bq/g) değerinde olan Zerdeçal bitkisinden elde edilmiştir. En yüksek toplam beta radyoaktivite seviyesi $1,0327 \pm 0,0101$ (Bq/g) değerine sahip olan Gül bitkisinde ve $0,0534 \pm 0,0084$ (Bq/g) Çörek otu bitkisinde tespit edilmiştir.

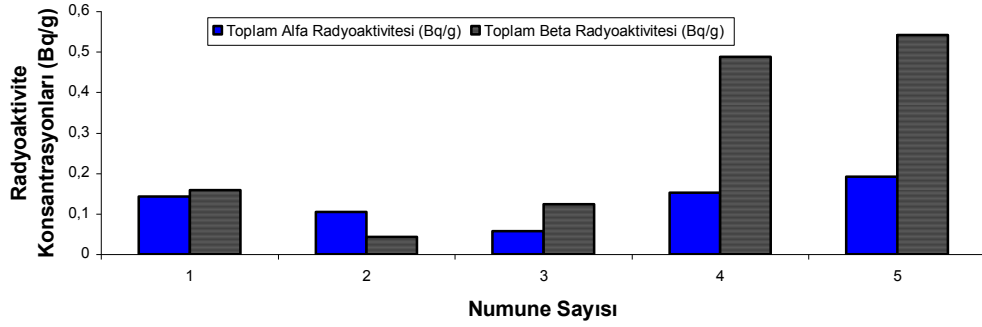


Şekil 8.9 : Şeker hastalığına faydalı olan şifalı bitkilerin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri. 1: Isırgan otu, 2: Bodur otu, 3: Kuşburnu, 4: Böğürtlen kökü, 5: Ökalyptus, 6: Mahlep, 7: Hünnap, 8: Adaçayı, 9: Su teresi

Tablo 8.12 : Depresyona faydalı olan şifalı bitkilerin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri

Numune No	Şifalı Bitkiler	Toplam Alfa Radyoaktivitesi (Bq/g)	Toplam Beta Radyoaktivitesi (Bq/g)
1	Oğul Otu	0,1422 ± 0,0252	0,1586 ± 0,0094
2	Fesleğen	0,1042 ± 0,0253	0,0423 ± 0,0104
3	Kedi Otu	0,0571 ± 0,0200	0,1228 ± 0,0063
4	Sarı Kantaron	0,1527 ± 0,0342	0,4877 ± 0,0316
5	Adaçayı	0,1919 ± 0,0352	0,5420 ± 0,0095

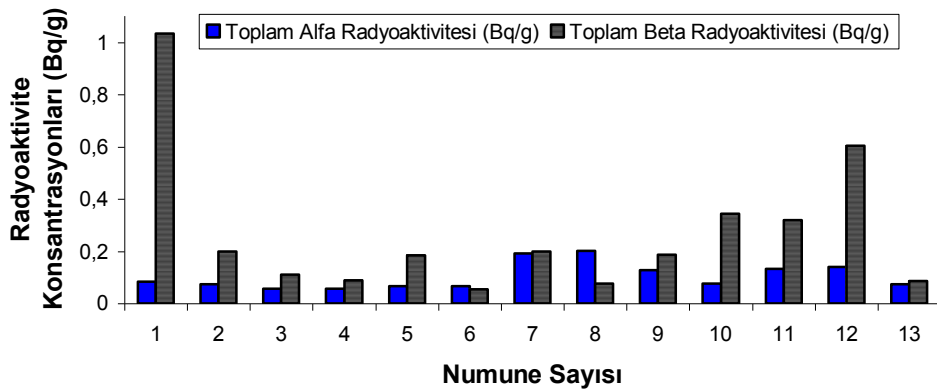
Şekil 8.11 incelendiğinde; numunelerin % 85'inin toplam beta radyoaktivite seviyesinin toplam alfa radyoaktivite seviyesinden fazla olduğu görülür. En yüksek toplam beta radyoaktivite seviyesine sahip olan Gül bitkisinin bu gruptaki numuneler arasında olduğu gibi diğer bütün numuneler arasında da en yüksek değere sahiptir.



Şekil 8.10 : Depresyona faydalı olan şifalı bitkilerin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri.
1: Oğul otu, 2: Fesleğen, 3: Kedi otu, 4: Sarı kantaron, 5: Adaçayı

Tablo 8.13 : Karaciğer hastalıklarına faydalı olan şifalı bitkilerin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri

Numune No	Şifalı Bitkiler	Toplam Alfa (Bq/g)	Toplam Beta (Bq/g)
1	Gül	0,0827 ± 0,0252	1,0327 ± 0,0101
2	Deve Dikeni	0,0734 ± 0,0289	0,1982 ± 0,0140
3	Zerdeçal	0,0570 ± 0,0223	0,1095 ± 0,0062
4	Kereviz Tohumu	0,0573 ± 0,0308	0,0889 ± 0,0086
5	Mahlep	0,0662 ± 0,0279	0,1838 ± 0,0101
6	Çörek Otu	0,0662 ± 0,0218	0,0534 ± 0,0084
7	Ayva Yaprağı	0,1911 ± 0,0456	0,1991 ± 0,0165
8	Isırgan Otu	0,2025 ± 0,0305	0,0757 ± 0,0132
9	Menekşe	0,1276 ± 0,0245	0,1867 ± 0,0083
10	Ayrık Otu	0,0769 ± 0,0296	0,3445 ± 0,0190
11	Salep	0,1328 ± 0,0259	0,3201 ± 0,0081
12	Acı Sütleglen	0,1402 ± 0,0354	0,6046 ± 0,0142
13	Maydanoz	0,0728 ± 0,0272	0,0850 ± 0,0138



Şekil 8.11 : Karaciğer hastalıklarına faydalı olan şifalı bitkilerin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri

9. SONUÇLAR

Daha önceki zamanlarda ve günümüzde, çeşitli hastalıklara şifa verici ve yiyeceklerle tatlandırıcı olarak kullanılan 49 çeşit şifalı bitki örneğinin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri uygun laboratuvar şartlarında, uygun sayım sistemleri kullanılarak belirlenmiştir.

Günümüzde ve daha önceki yıllarda, radyoaktivite seviyelerini belirlemeye dair yapılan çalışmalarda; yenilen veya içilen herhangi bir maddenin az da olsa radyoaktif olduğu belirlenmiştir [2]. Bu çalışmada incelenen şifalı bitkiler göz önünde bulundurulacak olursa; bitkiler, iç kirlenme (toprak solüsyonlarındaki radyoaktif maddelerin bitki kökleri ile alınmasından doğan kirlenme) ve dış kirlenme (diğer bitki yüzeyleri veya kökleri üzerindeki iyon değişiminden meydana gelen reaksiyonlar sonucunda oluşan kirlenme) ile radyoizotoplar tarafından radyoaktif olarak kirlenmeye maruz kalırlar [36]. Toprağın tabakalarında birçok radyoçekerdek bulunmaktadır ve bitkilerin; toprak, su ve havadaki radyoçekerdekleri alması nedeniyle, bünyelerinde temel seviye radyoaktivite seviyesi mevcuttur [9, 37]. Toprakta bulunan radyoçekerdeklerin bitkiye alınması ve bitkinin bünyesinde bulunan temel seviye radyoaktivite konsantrasyonu seviyesinin değişimi de; bitkinin kimyasal, biyolojik ve toprağın yapısına bağlı olabilir.

Bu çalışmada incelenen şifalı bitki numunelerinin yaklaşık olarak %86'nın toplam beta radyoaktivite seviyesinin toplam alfa radyoaktivite seviyesinden fazla olduğu belirlenmiştir. Toplam beta radyoaktivite seviyesinin toplam alfa radyoaktivite seviyesinden fazla olması aşağıdaki şekilde izah edilebilir.

Beta yayıcı olan; vücut içerisine yenilen besin, içme suyu ve teneffüs edilen hava ile alınan ^{129}I ve ^{131}I , toprak ve kayalarda bulunur [24]. Dolayısı ile bitki bünyesine de topraktan alınabilirler ve bitkide toplam beta radyoaktivite seviyesinin bulunmasına sebep olabilirler.

İyot radyoizotoplarının haricinde de; toprakta bulunan ve beta yayıcı olan, topraktan bitkiye kolayca alınabilen potasyumun izotopu ^{40}K , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$ ve ^{241}Am yine toplam beta radyoaktivite seviyesinin fazla olmasına sebep olabilirler [7, 8, 38].

Beta, alfaya oranla hareketlilik özelliğinin fazla olması nedeniyle topraktan suya kolayca geçebilir [39]. Bitkilerin, suyu kökleri vasıtasıyla kolayca alabilmesinden dolayı; bitkinin bünyesinde betanın bulunması beklenen bir durumdur.

Bitkide radyoizotopların tutulma derecesi; bitkilerin doğasına, kimyasal niteliklerine ve radyoizotopun formuna bağlıdır. Yer değiştirmeyen veya az ilerleyen elementlerin meyve tanelerindeki konsantrasyon oranı, yaprak ve köklere göre daha azdır [35]. Bu çalışmada da genel itibarıyla; meyve veya tane özelliği taşıyan (Çörek otu, Hindistan cevizi, Darulfülül, vb.)

şifalı bitki örneklerindeki toplam radyoaktivite seviyeleri, yaprak veya kök özelliğinde (Suteresi, İhlamur, Hatmi çiçeği, vb.) olan şifalı bitki örneklerine göre daha az olduğu görülür.

Bütün bitkilerdeki ve dolayısıyla şifalı bitkilerdeki radyoaktivite seviyesine en büyük etkenin su ve toprak olduğu, literatürde yer alan birçok çalışma sonucunda ortaya çıkmıştır. Kireçli toprakta yetişen şifalı bitki örneklerinin toplam radyoaktivite seviyeleri incelendiğinde; bu örneklerin toplam beta radyoaktivite seviyelerinin toplam alfa radyoaktivite seviyelerinden fazla olduğu görülür. Kireçli topraklarda, alfa yayıcı elementlerin yüksek değerde birikme meydana getirmesi nedeniyle; toplam alfa radyoaktivite seviyesinin toplam beta radyoaktivite seviyesinden fazla olması beklenir. Ancak bu çalışmada beklenen sonucun tersi olduğu görülmüştür. Bununla beraber; kurak topraklarda, toprakta madensel tuzların ve kirecin birikmesi nedeniyle tuzlu ve kireçli topraklar haline gelmesinden dolayı; kurak topraklarda yetişen şifalı bitki örneklerinde de toplam alfa radyoaktivite seviyesinin toplam beta radyoaktivite seviyesinden fazla olması beklenir. Bu çalışmada seçilen ve kurak topraklarda yetiştiği tespit edilen şifalı bitki numunelerinin çoğunda; sonuçların beklenen sonuçların tersi şeklinde olduğu görülür.

Radyoizotopların, bitkilerin bünyesine; genellikle bitki köklerinin topraktan aldıkları su vasıtasıyla, girebildiği daha önce belirtilmişti [36]. Bununla beraber betanın alfaya göre topraktan suya daha çok geçme oranına sahip olduğu belirtilmişti [39]. Literatürdeki bu çalışmalara dayanarak: Sulu toprakta yetişen bitki örneklerinde toplam beta radyoaktivite seviyesinin toplam alfa radyoaktivite seviyesinden fazla olması beklenen bir sonuçtur ve bu çalışmada da sulu toprakta yetişen şifalı bitki örneklerinin yaklaşık olarak %96'ının toplam beta radyoaktivite seviyesinin toplam alfa radyoaktivite seviyesinden fazla olduğu görülür.

Diğer toprak türlerinde yetişebilen şifalı bitki örneklerinde de toplam beta radyoaktivite seviyesinin (şifalı bitki örneklerinin %83,3'ünde) toplam alfa radyoaktivite seviyesinden fazla olduğu görülür.

En yüksek toplam alfa radyoaktivite seviyelerine göre inceleme yapıldığında; sonuç olarak kireçli toprakta yetişen Alıç bitkisinin en yüksek değere sahip olduğu çıkmıştır. Bunu yine, kireç ve kireçtaşı içeren topraklarda alfa yayıcı elementlerin yüksek değerde birikme meydana getirmesi ile açıklayabiliriz. Sulu toprakta yetişen bitkilerin genelinde toplam alfa radyoaktivite seviyeleri toplam beta radyoaktivite seviyelerinden fazla olduğu görülmüştür ve bu sonuç betanın topraktan suya geçicilik özelliğinin fazla olmasını tekrar kanıtlayabilir bir durum göstermektedir.

Şifalı bitki olarak kabul edilen bitkilerin tedavi edici özelliği her ne kadar bu çalışmada sadece ufak bir ayrıntı durumunda olsa da; şifa özelliğini az da olsa background radyoaktivite

seviyesinin etkisinin olabilme olasılığı akıla gelebilir. Her ne kadar bunun için yapılan çalışma yetersiz olsa da; yeni yapılacak çalışmalar için bir temel oluşturabileceği düşüncesini taşıyoruz.

İncelenen şifalı bitki numunelerinin faydalı olduğuna inanılan bazı hastalıklar (mide, böbrek, karaciğer rahatsızlıkları, şeker hastalığı, kanser ve depresyon) açısından toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri ele alındığında; numunelerin genelinin toplam beta radyoaktivite seviyesinin toplam alfa radyoaktivite seviyesinden fazla olduğu görülmüştür.

Seçilen hastalıklara göre yapılan incelemelerde; hemen hemen hepsinde İhlamur bitkisinin toplam alfa radyoaktivite seviyesinin en düşük olduğu görülmüştür. İhlamurun sulak bölgelerde yetiştiği daha önce de belirtilmişti; bu nedenledir ki, ıhlamur bitkisinde toplam beta radyoaktivite seviyesinin toplam alfa radyoaktivite seviyesinden fazla olması literatürdeki bilgilerle uyum sağlamaktadır.

Birçok bölgede özellikle kansere çare olarak kullanılan Isırgan otu bitkisinin toplam alfa radyoaktivite seviyesinin toplam beta radyoaktivite seviyesinden fazla olması; yetiştiği genel toprak yapısından kaynaklanabilir.

Çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar özetlenirse; incelenen şifalı bitki örneklerinin yaklaşık olarak %86'sının toplam beta radyoaktivite seviyesinin toplam alfa radyoaktivite seviyesinden fazla olduğu görülmüştür. Her ne kadar bitkinin yetiştiği toprağa, bölgeye ve aldığı suya bağlı olarak toplam radyoaktivite seviyelerinin değiştiği görölse de; diğer bir etkeninde bitkinin kimyasal ve biyolojik yapısının olabileceğidir. Sonuçlar incelendiğinde; genel itibariyle, sonuçların literatürdeki çalışmalar ile uyum içerisinde olduğu görülmüştür.

10. KAYNAKLAR

1. <http://www.bnl.gov/esd/99ser/appc>
2. <http://www.radioactivitewaste.gov-au/PDF/factsheets/fact1>
3. <http://www.ans.org/pi/ps/docs/ps41>
4. YARAMIŞ, B., 1985, Nükleer Fizik Cilt 1, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi
5. YETKİNOĞLU, S., 1991, Batı Anadolu'da Yetişen Kekiklerde Radyoaktivite Araştırması, Ege Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Bornova-İzmir
6. HOSHI, M., vd., 1994, Fallout Radioactivity in Soil and Food Samples in The Ukraine: Measurements of Iodine, Plutonium, Cesium and Strontium Isotopes, Health Phys., 67(2), 187-191
7. KOVALCHUK, O., vd., 2000, Plants Experiencing Chronic Internal Exposure to Ionizing Radiation Exhibit Higher Frequency of Homologous Recombination Than Acutely Irradiated Plants, Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis, Mutation Research, 449, 47-56
8. HUS, M., KOŠUTIĆ, K., LULIĆ, S., 2001, Radioactive Contamination of Wood and Its Products, Journal of Environmental Radioactivity, 55, 179-186
9. GÖKMEN, İ.G., BİRGÜL, KENCE, A., GÖKMEN, A., 1995, Chernobyl Radioactivity in Turkish Tea and Its Possible Health Consequences, Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Articles, 198, 2, 487-497
10. ÖZALPAN, A., 1980, Radyobiyojoloji, İstanbul Üniversitesi Yayını, Fen Fakültesi Basımevi, İstanbul
11. DEMİR, M., 2000, Nükleer Tıp Fiziği, İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi, İstanbul
12. KNOLL, G.F., 1979, Radiation Detection and Measurement, Wiley and Sons, New York
13. ŞAHİN, Y., 1989, Çekirdek Fiziğinin Esasları, Bakanlar Matbaacılık, Erzurum
14. DENAGBE, S.J., 2000, Radon-222 Concentration in Subsoils and Its Exhalation Rate From a Soil Sample, Radiation Measurements, 32, 27-34
15. LOPPI, S., MALFATTI, A., SANI, M., WHITEHEAD, N.E., 1997, Lichens as Biomonitoring of Geothermal Radionuclide Pollution, Geothermics, 26, No 4, 535-540

16. ALKAN, H., GÖKSEL, S.A., 1975, Türkiye Kaplıca ve Maden Sularının Doğal Radyoaktiviteleri, Sularda Radon Tayini, Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi, T.B.T.A.K. V. Bilim Kongresi, İstanbul
17. TOUTAIN, J.P., 1999, Gas Geochemistry and Seismotectonics, A Review, Tectonophysics, 304, 1-27
18. BAYKARA, O., 2002, Nükleer Radyasyon Algılama Yöntemleriyle Deprem Olasılığının Araştırılması, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Semineri
19. TURK, M., VOLARIĆ, B., ANTOLKOVIĆ, 1996, Radon Activity Concentration in the Ground and Its Correlation With the Water Content of the Soil, Appl. Radiat. Isot., 47, No 3, 377-381
20. <http://interno.asap.um.maine.edu/physics/radiation/radon.htm>
21. ABDUL-MAJID, S., KUTBI, I.I., BASABRAIN, M., 1995, Radioactivity Levels in Jurak and Moasel, Comparison With Cigarette Tobacco, Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Articles, 194, 2, 371-377
22. DOĞRU, M., KUMRAL, H.M., KÜLAHCI, F., CANBAZOĞLU, C., BAYKARA, O., 2001, Determination of Low Level ^{210}Pb Activity in Tobacco by Using 61 keV Beta-Energy Line, Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 249, 3, 663-664
23. JIA, G., vd., 2000, ^{210}Pb and ^{210}Po Determination in Environmental Samples, Applied Radiation and Isotopes, 53, 115-120
24. <http://www.riskcenter.doe.gov/docs/cre/factsheets/Iodine>
25. HÖGBOM, L., NOHRSTEDT, H.-Ö., 2001, The Fate of ^{137}Cs in Coniferous Forests Following the Application of Wood-ash, The Science of the Total Environment, 280, 133-141
26. BAYTOP, T., 1984, Türkiye’de Bitkiler İle Tedavi (Geçmişte ve Bugün), İstanbul Üniversitesi Eczacılık Fakültesi, İstanbul
27. TÜRKOĞLU, İ., 2000, Elazığ İlindeki Etnobotanik Değeri Olan Taksonların Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ
28. CEYLAN, A., 1994, Tıbbi Bitkiler I. Cilt, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, İzmir
29. CEYLAN, A., 1995, Tıbbi Bitkiler III. Cilt, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, İzmir
30. IVANOV, I.I., 1999, Şifalı Bitkilerde Tedavi Atlası, Pamuk Yayıncılık ve Matbaacılık, İstanbul
31. ASIMGİL, A., 1999, Şifalı Bitkiler, Timaş Yayınları, İstanbul

32. PAMUK, A., 1998, Asırlarca Uygulanmış İbni Sina'dan Terkipler, Şifalı Bitkiler Ansiklopedisi, Pamuk Yayıncılık ve Matbaası, İstanbul
33. ESKİOĞLU, A.N., 1998, Şifalı Bitkiler Ansiklopedisi Koruyucu Hekimlik ve Şifalı Sular, Gonca Yayınevi, İstanbul
34. YILDIZ, R., 1994, Büyük Şifalı Bitkiler, Sular ve Kaplıcalar Rehberi, Huzur Yayınevi, İstanbul
35. ŞAHİN, S., DOĞRU, M., CANBAZOĞLU, C., 2002, Determination of The Alpha and Beta Radioactivity Level in Some Curative Plants Used in Stomachache Treatment, BPL, 10(4), 187-190
36. DEMİREZEN, Ü., 1992, Üç Farklı Toprakta Bulunan ^{134}Cs 'ün Bitkiler Tarafından Alınması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara
37. AMANO, H., vd., 1999, The Transfer Capability of Long-Lived Chernobyl Radionuclides From Surface Soil to River Water in Dissolved Forms, Organic Geochemistry, 30, 437-442
38. COPPLESTONE, D., JOHNSON, M.S., JONES, S.R., 2001, Behaviour and Transport of Radionuclides in Soil and Vegetation of a Sand Dune Ecosystem, Journal of Environmental Radioactivity, 55, 93-108
39. DOĞRU, M., CANBAZOĞLU, C., ŞAHİN, S., 2002, Determination of the Gross Alpha and Beta Radioactivity in Kangal Curative Water Sivas-Turkey, BPL, 10(3), 130-134