Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi 7(3): 540–554, 2020
https://doi.org/10.30910/turkjans.625792

TÜRK
TARIM ve DOĞA BİLİMLERİ
DERGİSİ

TTDB

TURKISH
JOURNAL of AGRICULTURAL
and NATURAL SCIENCES

www.dergipark.gov.tr/turkjans
Araştırma Makalesi

Rize İlinde Yetişen Cennet Hurması Örneklerinde Doğal ve Yapay Radyonüklitlerin Aktivite Konsantrasyonlarının Belirlenmesi ve Yıllık Etkin Doz Değerleri

Nilay AKÇAY
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü, Rize, Türkiye
Sorumlu yazar: nilay.akcay@erdogan.edu.tr

Geliş Tarihi: 27.09.2019 Düzeltme Geliş Tarihi: 25.05.2020 Kabul Tarihi: 28.05.2020

Öz

Dünyanın pek çok bölgesinde, meyve örneklerindeki radyonüklitlerin radyasyon aktivitelerinin belirlenmesi ve bu aktivitelerden maruz kalınan yıllık etkin doz değerlerinin hesaplanması ile ilgili araştırmalar yapılmaktadır. Ancak, Cennet Hurması (*Diospyros kaki* L.) meyvesindeki radyonüklitlerin radyasyon aktivite düzeyleri hakkında yeterli miktarda veriye rastlanmamaktadır. Bu çalışmada Rize ilinde yetişen Cennet hurması örneklerinde doğal (^{238}U, ^{232}Th, ^{40}K) ve yapay (^{137}Cs) radyonüklitlerin aktivite konsantrasyonlarının belirlenmesi ve bu meyvenin tüketiminden yöre halkının maruz kalabilecekleri yıllık etkin doz değerlerinin hesaplanması amaçlanmıştır. Örneklerin analizi için yüksek saflıkta germanyum dedektörü (HPGe) ve gama spektrometre sistemi kullanılmış olup, örneklerdeki ^{238}U, ^{232}Th, ^{137}Cs ve ^{40}K radyonüklitleri için ortalama aktivite konsantrasyonları sırasıyla 5.01±0.48 Bq kg^{-1}, 5.87±0.93 Bq kg^{-1}, 21.25±0.74 Bq kg^{-1} ve 1438.69±22.14 Bq kg^{-1} olarak bulunmuştur. Aynı radyonüklitler için ortalama yıllık etkin doz değerleri sırasıyla 0.632 µSv y^{-1}, 3.787 µSv y^{-1}, 0.774 µSv y^{-1} ve 24.976 µSv y^{-1} olarak elde edilmiştir. Toplam yıllık etkin doz değerleri 18.215 µSv y^{-1} ile 45.990 µSv y^{-1} aralığında hesaplanmıştır. Bu değerler, Birleşmiş Milletler Atomik Radyasyonun Etkileri Bilimsel Komitesi (UNSCEAR) tarafından belirtilen, insanların doğal radyoaktif kaynaklardan gıda yoluyla maruz kaldıkları yıllık ortalama radyasyon dozu olan 0.29 mSv değerinden oldukça düşük olup halk sağlığı açısından herhangi bir risk teşkil etmemektedir.

Anahtar Kelimeler: Cennet hurması, Radyonüklit, Aktivite, Yıllık Etkin Doz, Rize

Determination of Activity Concentrations of Natural and Artificial Radionuclides in *Diospyros kaki* L. Samples Grown in Rize Province and Annual Effective Dose Values

Abstract

In many regions of the world, researches are carried out to determine the radiation activities of radionuclides in fruit samples and to calculate the annual effective dose values exposed from these activities. However, there is not enough data about the radiation activity levels of radionuclides in the *Diospyros kaki* L. fruit. In this study it was aimed to determine the activity concentrations of natural (^{238}U, ^{232}Th, ^{40}K) and artificial (^{137}Cs) radionuclides in the *Diospyros kaki* L. samples grown in Rize province and to calculate the annual effective dose values that the local people are exposed from the consumption of this fruit. The high purity germanium detector (HPGe) and gamma spectrometry system were used for the analysis of the samples, and the average activity concentrations for the ^{238}U, ^{232}Th, ^{137}Cs and ^{40}K radionuclides in the samples were found as 5.01±0.48 Bq kg^{-1}, 5.87±0.93 Bq kg^{-1}, 21.25±0.74 Bq kg^{-1} and 1438.69±22.14 Bq kg^{-1}, respectively. The mean annual effective dose values for the same radionuclides were obtained as 0.632 µSv y^{-1}, 3.787 µSv y^{-1}, 0.774 µSv y^{-1} and 24.976 µSv y^{-1}, respectively. The total annual effective dose values were calculated between 18.215 µSv y^{-1} and 45.990 µSv y^{-1}. These values are considerably lower than the annual average radiation dose of 0.29 mSv, which is specified by the United Nation Scientific Committe on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR), to which people are exposed from natural radioactive sources in foodstuff, and poses no risk to public health.

Key Words: *Diospyros kaki* L., Radionuclide, Activity, Annual Effective Dose, Rize

Giriş

Cennet hurması (*Diospyros kaki* L.), abanozgiller (*Ebenaceae*) familyasına ait, pürüzsüz ve parlak kabuklu, turuncu renkli bir meyvedir (Sargın ve ark., 2013; Vardal, 2009). Yapısında bulunan tanen, meyveye buruk bir tat vermektedir (Jackson, 1986; Öz ve Özelkök, 2003). Yeterince olgunlaşmış ve burukluğu giderilmiş meyveler taze veya kurutularak tüketilebildiği gibi, taze tüketime uygun olmayanlar yeterli dondurucu ve muhafaza şartları altında depolanarak gıda sanayisinde jöle, sos, nektar, dondurma, krema, marmelat, sakız ve püre yapımında kullanılmaktadır (Karaaslan, 2014; Onur ve Onur, 1997; Özdemir ve ark., 2014). Cennet hurması, antioksidan özelliklere sahip olması, düşük kalori içermesi ve kolesterolü arttırmayan etki göstermesinden dolayı doğal beslenmeye önem verilen ekonomik düzeyleri yüksek ülkelerde geleceğin meyvesi olarak tanımlanmaktadır (Çalışkan ve Dirim, 2015; Kaplankıran, 2011; Yıldız ve ark., 2012). Ayrıca bağışıklık sistemini güçlendirdiği, kansızlığa ve sindirim sistemi rahatsızlıklarına iyi geldiği ve bazı kanser ve sinir sistemi hastalıklarından korunmada etkili olduğu için kişisel sağlıklarına özen gösteren tüketiciler tarafından her geçen gün artan bir talep oluşturmaktadır (Butt ve ark., 2015; Kuzucu, 2003; Parseker ve ark., 2008). Cennet hurmasının dünyadaki yıllık üretimi 5 190 624 tondur (Anonymous, 2017; Özcan, 2018). Başlıca üretici ülkeler; Çin (3 730 800 ton), Kore Cumhuriyeti (428 363 ton), İspanya (245 000 ton), Japonya (240 600 ton), Brezilya (182 290 ton), Azerbaycan (140 405 ton), Özbekistan (66 000 ton) ve İtalya (39 149 ton)'dır (Anonymous, 2017; Özcan, 2018). Türkiye'deki yıllık üretim ise 1990 yılı verilerine göre 10 000 ton iken, 2016 yılı verilerine göre, %247 düzeyinde artış göstererek 34 650 tona ulaşmıştır (Anonim, 2017; Özcan, 2018).

Çizelge 1'de Dünyadaki Cennet hurması üretiminde başlıca üretici ülkelerin yıllara göre üretim miktarları ve Çizelge 2'de Türkiye'deki Cennet hurması üretiminde yıllara göre gelişme verileri gösterilmiştir.

Çizelge 1. Dünyadaki Cennet hurması üretiminde başlıca üretici ülkelerin yıllara göre üretim miktarları (Anonymous, 2017; Özcan, 2018)

	Üretim miktarı (ton)				
Üllkeler	1995	2000	2005	2010	2014
Çin	969 363	1 591 906	2 185 041	2 875 600	3 730 800
Kore Cum.	194 585	287 847	363 822	390 630	428 363
İspanya	10 826	33 000	51 950	125 280	245 000
Japonya	254 100	278 800	285 900	189 400	240 600
Brezilya	51 685	63 300	164 849	167 215	182 290
Azerbaycan	-	70 300	108 965	142 188	140 405
Özbekistan	-	16 000	21 000	38 000	66 000
İtalya	61 300	42 450	51 332	48 165	39 149
Türkiye	9 200	12 000	18 000	26 277	33 470
Diğer ülkeler	22 362	32 043	63 872	67 620	84 547
Toplam	1 573 421	2 427 646	3 314 731	4 070 375	5 190 624

Çizelge 2. Türkiye'deki Cennet hurması üretiminde yıllara göre gelişme verileri (Anonim, 2017; Özcan, 2018)

Yıllar	Ağaç sayısı (1000 adet)			Üretim (ton)	Verim (kg/ağaç)
	Meyve veren yaşta	Meyve vermeyen yaşta	Toplam		
1990	284	86	370	10 000	35
1995	344	114	458	9 200	27
2000	500	165	665	12 000	24
2005	590	195	785	18 000	31
2010	734	194	928	26 277	36
2015	860	197	1 057	33 725	39
2016	865	276	1 141	34 650	40

Cennet hurması Türkiye'de çok eski yıllardan beri yetiştirilmekte olup yöreler arasında isim farklılıkları göstererek Amme, Frenk elması, Japon elması, Trabzon hurması ve Rize hurması olarak adlandırılmaktadır (Onur, 1985; Yıldız ve ark., 2012). Genellikle Akdeniz, Karadeniz, Marmara ve Ege Bölgelerindeki illerde tek ağaç ya da küçük parseller içinde yetiştirilen Cennet hurması için son yıllarda artan talepler doğrultusunda yeni bahçeler oluşturulmakta ve alternatif meyve olarak tarım sahalarında yaygınlaştırma çalışmaları devam etmektedir (Onur, 1990; Toplu ve ark., 2016; Tuzcu ve Yıldırım, 2000).

Çizelge 3'te Türkiye'deki Cennet hurması üretiminin bölgelere göre dağılımı ile ilgili veriler gösterilmiştir. Çizelge 4 ve Çizelge 5'de sırası ile, Türkiye'deki Cennet hurması üretiminde önemli bazı illerin yıllara göre üretim alanları ve üretim miktarları verilmiştir.

Çizelge 3. Türkiye'deki Cennet hurması üretiminin bölgelere göre dağılımı (Anonim, 2017; Özcan, 2018)

Bölge	Üretim (ton)	Üretimdeki payı (%)	Ağaç verimi (kg/ağaç)
Akdeniz	17 040	49.18	46
Ege	5 815	16.78	35
Doğu Marmara	4 146	11.97	46
Güneydoğu Anadolu	2 558	7.38	26
Doğu Karadeniz	2 131	6.15	33
Batı Karadeniz	1 290	3.72	50
Batı Marmara	1 157	3.34	51
Ortadoğu Anadolu	310	0.90	20
Kuzeydoğu Anadolu	77	0.22	23
Batı Anadolu	73	0.21	72
İstanbul	53	0.15	19
Toplam	34 650	100	~ 40

Çizelge 4. Türkiye'deki Cennet hurması üretiminde önemli bazı illerin yıllara göre üretim alanları (Anonim, 2016a)

	Üretim alanı (dekar)						
İller	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Adana	3713	4034	4092	4066	4035	3235	4107
İzmir	75	100	102	100	250	250	315
Mersin	3210	3176	3266	3285	3415	3525	3505
Hatay	4466	4496	4562	4554	1674	1675	2074
Yalova	265	310	389	717	912	912	926
Denizli	2374	2664	2733	2812	3439	3914	3814
Adıyaman	1131	1157	1108	1634	1630	1633	1695
Kahramanmaraş	1150	1076	1144	1144	940	945	1211
Sakarya	312	493	494	495	471	569	631
Gaziantep	1245	1255	868	802	751	751	751
Artvin	3	43	44	43	43	43	45
Rize	140	140	144	144	147	147	147
Trabzon	289	291	292	292	299	228	218
Türkiye	19741	20900	21317	22642	20619	20789	23024

Çizelge 5. Türkiye'deki Cennet hurması üretiminde önemli bazı illerin yıllara göre üretim miktarları (Anonim, 2016a)

	Üretim miktarı (ton)						
İller	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Adana	4784	7177	7760	8694	8586	9215	8374
İzmir	336	318	340	328	3989	4043	4123
Mersin	4219	3915	4256	3731	3532	3642	3507
Hatay	5881	6292	6281	5585	3306	3245	3249
Yalova	281	293	654	1081	1434	1379	1742
Denizli	2460	1524	2310	2436	2278	693	1457
Adıyaman	1011	1099	1272	1302	1348	1438	1435
Kahramanmaraş	1633	1642	1843	1873	1514	1363	1262
Sakarya	680	675	697	716	994	1046	1134
Gaziantep	619	641	1254	1267	866	1118	1091
Artvin	944	1015	1026	1002	921	866	863
Rize	148	174	193	245	233	231	211
Trabzon	96	108	151	162	91	131	144
Türkiye	26277	28295	32392	33232	33470	33725	34650

Rize ili Doğu Karadeniz Bölgesinde bulunan ve Cennet hurmasının yetiştirildiği bir ildir. İlin özellikle denize kıyı ilçelerindeki bahçelerde doğal olarak yetişen Cennet hurması ağaçları bol ve kaliteli ürünler vermektedir. Yöre halkı tarafından toplanan meyveler, pazara sunularak, kurutularak, taze (yaş) olarak ya da pekmez veya marmelatları yapılarak tüketilmektedir. Çizelge 4 ve Çizelge 5'deki Türkiye İstatistik Kurumu (TUİK) verilerine göre, 2016 yılında Rize ilinde 147 dekar alanda 211 ton Cennet hurması üretimi gerçekleştirilmiştir (Anonim, 2016a).

Rize ili Çernobil Nükleer Santral Kazası'ndan etkilenmiş bir ildir. 26 Nisan 1986 tarihinde meydana gelen Çernobil Nükleer Santral Kazası'ndan sonra oluşan radyoaktif bulutların bir kısmı Avrupa'nın kuzey, doğu ve batısına doğru ilerlerken bir kısmı da güneye doğru inerek Türkiye'nin Batı Trakya Bölgesi ve Rize'nin de içinde bulunduğu Doğu Karadeniz Bölgesi'nde etkili olmuştur.

Çernobil Nükleer Santral Kazası'ndan sonra çevreye yarı ömürleri gün ve haftalarla ifade edilebilecek İyot-131 (^{131}I) ve Tellüryum-132 (^{132}Te) gibi nispeten kısa yarı ömürlü radyonüklitlerle beraber Sezyum-137 (^{137}Cs) gibi yarı ömrü 30 yıl mertebesinde olan uzun yarı ömürlü radyonüklitler de yayınlanmıştır (Anonymous, 2003). Kısa yarı ömürlü radyonüklitler kazayı izleyen ilk birkaç ay içerisinde çevreden kaybolmasına rağmen ^{137}Cs, 30 yıl yarı ömre sahip olmasından dolayı halen bazı bitkilerde tespit edilmeye devam etmektedir.

^{137}Cs, nükleer santrallerin normal işletimleri sırasında, yakıt çubuklarındaki Uranyum atomlarının fisyonuyla üretilmektedir (Anonymous, 2004a). Nükleer kaza ve patlamalar sonucu atmosfere yayılabilen ^{137}Cs, yağmur sularıyla toprağa süzülebilmekte, bitkilerin bünyelerine alınabilmekte, bu bitkileri tüketen insanların vücuduna taşınabilmekte ve bazı doku ve organlarda haftalarca veya aylarca kalabilmektedir.

^{137}Cs yapay radyoaktif bir element olup kararlı hale gelebilmek için ~661 keV enerjisinde gama radyasyonu yayınlamaktadır. ^{137}Cs tarafından yayılan gama radyasyonu, insanların yapay radyasyon kaynaklarından dahili olarak aldıkları radyasyon doz değerine katkıda bulunmaktadır.

Dünya genelinde insanların doğal ve yapay radyasyon kaynaklarından maruz kaldıkları ortalama radyasyon dozu 2.8 mSv y^{-1}'dır. Bunun %14'ü (0.4 mSv y^{-1}) yapay radyasyon kaynaklarına ve %86'sı (2.4 mSv y^{-1}) doğal radyasyon kaynaklarına aittir (Anonymous, 2004b).

Uranyum-238 (^{238}U), Toryum-232 (^{232}Th) ve Potasyum-40 (^{40}K) başlıca doğal radyasyon kaynakları olup dünyanın var oluşundan bu yana bitkilerin yapılarında doğal olarak yerlerini almışlardır. Sindirim yolu ile ^{238}U, ^{232}Th ve ^{40}K radyonüklitleri tarafından maruz kalınan radyasyon dozu, bölgeden bölgeye, beslenme alışkanlıklarına, tüketim miktarına ve

radyonüklitlerin konsantrasyonuna göre değişiklik göstermektedir. Yapılarında ^{238}U, ^{232}Th ve ^{40}K bulunduran gıdaların tüketilmesiyle insanların dahili olarak maruz kaldıkları yıllık ortalama doğal radyasyon dozu 0.29 mSv (290 µSv)'dir. Bunun %58.6'sı (0.17 mSv) ^{40}K radyonüklitine ve %41.3'ü (0.12 mSv) ^{238}U ve ^{232}Th serisi radyonüklitlere aittir (Anonymous, 2000)^{238}U, ^{232}Th, ^{137}Cs ve ^{40}K radyonüklitleri tarafından yayınlanan gama radyasyonları uzun vadede insan sağlığı açısından olumsuz etkiler oluşturabileceği için, gıda örneklerindeki doğal (^{238}U, ^{232}Th, ^{40}K) ve yapay (^{137}Cs) radyonüklitlerin aktivite konsantrasyonlarının belirlenmesi, bu gıda maddelerini tüketen kişilerin maruz kaldıkları radyasyon dozunun değerlendirilmesi açısından önemlidir. Pek çok çalışmada Cennet hurmasının A, C ve E vitaminleri bakımından zengin olduğu, bol miktarda karbonhidrat, beta karoten, suda eriyebilen lifler ve antioksidan maddeler içerdiği belirtilmesine rağmen (Kuzucu, 2003; Aktepe ve ark., 2010; Tuzcu ve Yıldırım, 2000), Cennet hurmasının gerek Türkiye'de gerekse diğer ülkelerde radyonüklit içerikleri ve radyasyon aktivite düzeyleri hakkında fazla sayıda veriye rastlanmamaktadır.

Bu çalışmada Rize ilinde yetişen Cennet hurması örneklerinde doğal (^{238}U, ^{232}Th, ^{40}K) ve yapay (^{137}Cs) radyonüklitlerin aktivite konsantrasyonlarının belirlenmesi ve bu meyvenin tüketiminden yöre halkının maruz kalabilecekleri yıllık etkin doz değerlerinin hesaplanması amaçlanmıştır. Elde edilen sonuçlar uluslararası kuruluşlar tarafından ifade edilen ortalama ve limit değerlerle karşılaştırılmıştır. Şu ana kadar Rize ilindeki Cennet hurması örnekleri kullanılarak yapılmış bu tarz bir çalışmaya rastlanmamaktadır. Bu anlamda bu çalışma ulusal ve uluslararası literatür için temel bir veri olmada katkı sağlayacak ve ileriki yıllarda çeşitli bölgelerde yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar ile karşılaştırma fırsatı oluşturacaktır.

Materyal ve Yöntem

Rize ili, Doğu Karadeniz Bölgesinin doğusunda, 40°22' ve 41°28' doğu meridyenleri ile 40°20' ve 41°20' kuzey paralelleri arasında yer alan 331 048 nüfuslu bir ildir. Batıdan Trabzon'un Of ilçesi ile, güneyden Erzurum'un İspir ilçesi ile, doğudan Artvin'in Yusufeli ve Arhavi ilçeleri ile ve kuzeyden Karadeniz ile çevrilidir. Rize ilinin göller hariç yüzölçümü 3920 km^2 dir ve denize kıyı şeridinin uzunluğu 80 km'dir. Çok dar olan bu kıyı şeridinin genişliği akarsu vadileri dışında ortalama 20-150 m arasında değişiklik göstermektedir. Genellikle dağlık ve engebeli olan Rize ili arazisi, kıyı düzlüğünün hemen gerisinde yükselmekte ve yükseltisi birdenbire 150-200 m'yi bulmaktadır. Kıyıdan yaklaşık 750 m yüksekliğe kadar olan geniş saha kıyı ormanları ile kaplıdır. Bu sahada yerleşim yerlerinin yanı sıra yer yer kayın, kestane, ıhlamur, gürgen, defne, çınar, meşe ve şimşir ağaçları yetişmektedir. Cennet hurması ise bu alanlarda yetişen ağaç türlerden bir diğeridir (Anonim, 2019).

Rize ili, Türkiye'deki Cennet hurması üretiminde, önemli kapasiteye sahip illerden biridir. Bu çalışmada Rize ilinde yetişen Cennet hurması örneklerindeki doğal (^{238}U, ^{232}Th, ^{40}K) ve yapay (^{137}Cs) radyonüklitlerin aktivite konsantrasyonlarının belirlenmesi ve bu meyvenin tüketiminden yöre halkının maruz kalabilecekleri yıllık etkin doz değerlerinin hesaplanması amaçlanmıştır. Bu amaçla 80 km'lik Rize ili kıyı şeridi boyunca İyidere, Derepazarı, Rize Merkez İlçe, Çayeli, Pazar, Ardeşen ve Fındıklı ilçelerinden 3'er istasyondan Cennet hurması örnekleri toplanmıştır. Toplanan örneklere ait istasyonlar Şekil 1'de gösterilmiştir ve istasyonların koordinat bilgileri Çizelge 6'da belirtilmiştir.



Şekil 1. Cennet hurması örneklerinin toplandığı istasyonlar

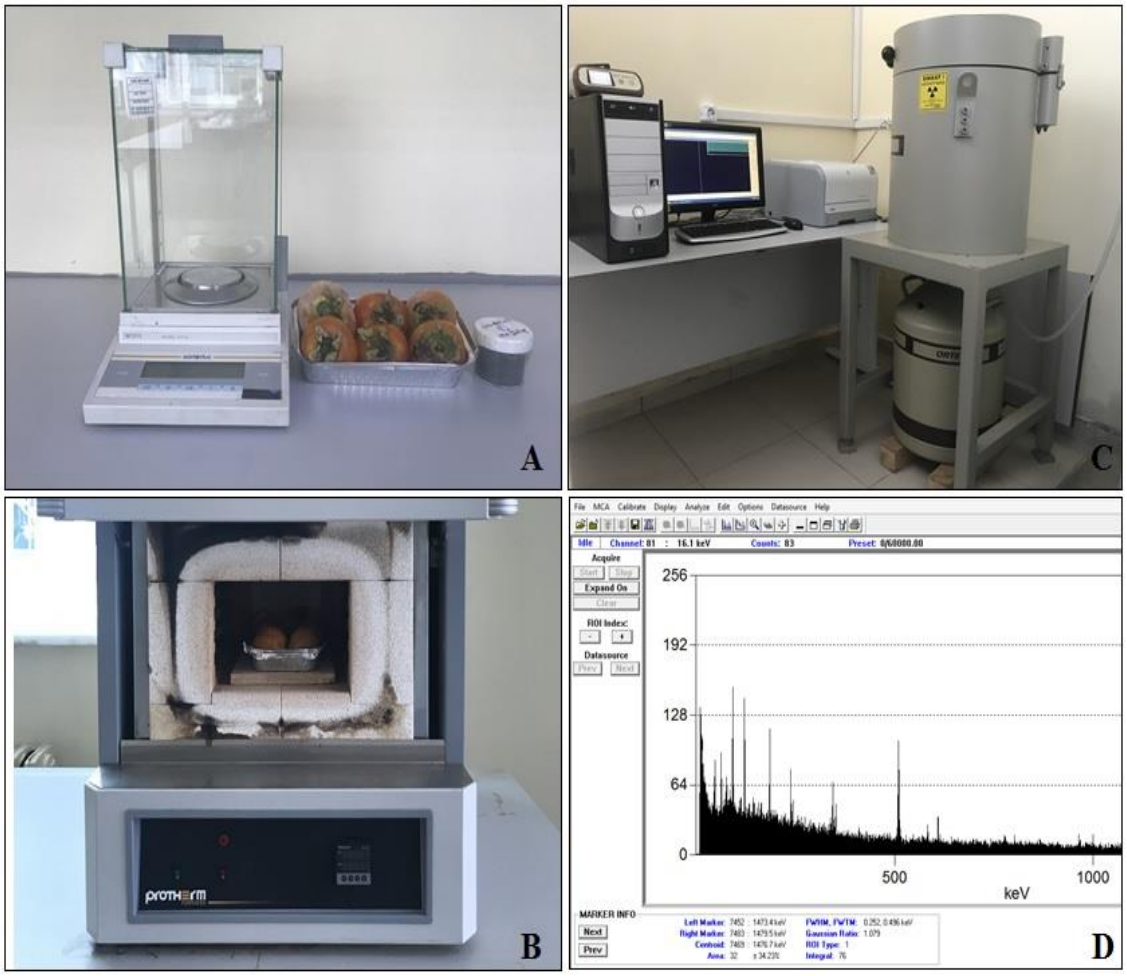
Çizelge 6. Cennet hurması örneklerinin toplandığı istasyonların koordinat bilgileri

No	İlçe	İstasyon	Koordinatlar
S1	İyidere	Denizgören	40°58'15.4" K ; 40°22'7.6" D
S2		Fıçıtaşı	41°00'14.0" K ; 40°21'35.0" D
S3		Sarayköy	41°01'28.7" K ; 40°23'03.4" D
S4	Derepazarı	Fıçıcılar	41°00'40.3" K ; 40°25'01.5" D
S5		Sayıyer	41°01'14.8" K ; 40°26'02.4" D
S6		Bürücek	41°01'42.8" K ; 40°26'22.8" D
S7	Merkez İlçe	Kendirli	40°58'20.6" K ; 40°25'49.8" D
S8		Fener	41°01'58.9" K ; 40°29'30.7" D
S9		Veliköy	41°01'39.0" K ; 40°37'16.6" D
S10	Çayeli	Limanköy	41°04'29.5" K ; 40°41'10.7" D
S11		Büyükköy	41°00'58.9" K ; 40°40'07.7" D
S12		Kesmetaş	41°06'58.7" K ; 40°45'33.7" D
S13	Pazar	Hisarlı	41°10'52.5" K ; 40°52'31.6" D
S14		Kirazlık	41°10'04.0" K ; 40°54'29.3" D
S15		Hamidiye	41°10'33.4" K ; 40°56'47.3" D
S16	Ardeşen	Gazi Caddesi	41°10'46.4" K ; 40°58'31.4" D
S17		Pirinçlik	41°10'16.8" K ; 40°59'37.4" D
S18		Işıklı	41°12'16.1" K ; 41°01'20.9" D
S19	Fındıklı	Yeniköy	41°01'14.8" K ; 40°26'02.4" D
S20		Sahil	41°15'21.7" K ; 41°07'32.0" D
S21		Dereüstü	41°15'50.3" K ; 41°08'56.1" D

İstasyonlardan toplanan Cennet hurması örnekleri 1 kg'lık plastik poşetlere konularak laboratuvara nakledilmiştir ve 12 saat boyunca 400 °C'ye ayarlanmış fırında kül haline getirilmiştir. Kül haline getirilmiş numuneler 1 mm'lik elekten geçirilerek hassas terazi ile tartılmış ve vida kapaklı 100 ml'lik plastik şeffaf numune kutularına konularak muhafaza edilmişlerdir. Numune kutularının üzerlerine örneklerin istasyon numaraları, kütleleri ve yakılma tarihleri yazılmıştır. Her bir numune iyice kapatılarak, ^{226}Ra ve ^{222}Rn arasındaki radyoaktif dengenin oluşması için 1 ay boyunca bekletilmiştir.

Radyoaktivite analizlerinin yapılabilmesi için hazır hale getirilen örneklerin gama radyoaktivite analizleri Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü Nükleer Fizik Laboratuvarı'ndaki yüksek saflıkta Germanyum (High Purity Germanium) detektör sistemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Cennet hurması örneklerindeki ^{238}U, ^{232}Th, ^{137}Cs ve ^{40}K radyonüklitlerinin aktivite konsantrasyonlarını belirlemek için Şekil 2'de gösterilen yüksek saflıkta germanyum (HPGe Ortec Gem55P4-95) dedektör sistemi, çok kanallı analizör ve Ortec Maestro 32 yazılımı kullanılmıştır. Ayrıca örneklerin analizi için Genie 2000 programından yararlanılmıştır.

HPGe dedektörünün tavsiye edilen çalışma voltajı 4800 V olup, yarıçapı 7.76 cm, yüksekliği 3.97 cm ve bağıl verimi %55'dir (Anonymous, 2008). Dedektör sisteminin soğutulması için 30 lt hacminde azot tankı kullanılmıştır ve ortamdaki fon (background) radyasyonunun en aza indirilmesi için dedektör, 10 cm kalınlığında kurşun zırh ile zırhlanmıştır.



Şekil 2. A: Çalışmada kullanılan terazi B: Örneklerin kül hale getirilmesi için kullanılan fırın C: Radyonüklitlerin aktivite konsantrasyonlarının belirlenmesi için kullanılan HPGe dedektör sistemi D: Cennet hurması örneklerine ait bir spektrum

HPGe dedektörünün fotopik verimi, Evropyum-152 (^{152}Eu) kaynağının 121.8, 244.5, 344.2, 411.0, 444.1, 779.3, 867.6 ve 1408.4 keV enerjilerindeki pikleri dikkate alınarak Denklem 1 yardımıyla hesaplanmıştır (Parmaksız, 2004). Denklem 1'de, ε(E): dedektörün ilgilenilen gama enerjisindeki fotopik verimini, N: E enerjili fotopikin altındaki net alanı (sayım), P_γ(%): ilgilenilen bir E enerjisindeki gama ışınının yayınlanma olasılığını, A_0: ^{152}Eu kaynağının referans tarihindeki aktivitesini (bozunma/saniye), t: sayım süresini (saniye), λ: bozunma sabitini, t_d:^{152}Eu kaynağının referans tarihinden ölçme işlemi tarihine kadar geçen süreyi ifade etmektedir.

$$\varepsilon(E) = \frac{N}{t \cdot P_\gamma \cdot A_0 \cdot e^{-\lambda t_d}} \quad (1)$$

Her bir örnek 60.000 saniye sayım alınması için dedektöre yerleştirilmiş ve background (fon) ölçümleri aynı koşullar altında gerçekleştirilerek örneklerdeki gama konsantrasyonlarının net sayımlarının hesaplanmasında kullanılmıştır. Örneklerdeki ^{238}U aktivite konsantrasyonunun belirlenmesi için ^{214}Pb radyoizotopunun 295.2 keV ve 351.9 keV ile ^{214}Bi radyoizotopunun 609.3 keV gama ışını enerjili piklerindeki aktivitelerin ortalaması ve ^{232}Th aktivite konsantrasyonunun belirlenmesi için ^{228}Ac radyoizotopunun 911.2 keV ve 968.9 keV gama enerjili piklerindeki aktivitelerin ortalaması dikkate alınmıştır. ^{137}Cs ve ^{40}K radyonüklitlerinin aktivitesini belirlemek için sırasıyla, 661.6 keV ve 1460.8 keV gama enerjisindeki piklerin alanlarından yararlanılmıştır. Radyonüklidlerin aktivite konsantrasyonlarını hesaplamak için Denklem 2 kullanılmıştır (Aswood ve ark., 2017).

Denklem 2'de C_n: ilgilenilen E enerjili gama fotopikinin altındaki net alanı (sayım), t: sayım süresini (saniye), ε(E): dedektörün

ilgilenilen fotopikteki verimini, Pγ (%): E enerjisindeki gama ışınının yayınlanma olasılığını ve m: numune kütlesini (kilogram) belirtmektedir.

$$C = \frac{C_n}{t.\varepsilon(E).P_\gamma.m} \quad (2)$$

Her bir radyonüklit için dedektör sisteminin minimum dedekte edilebilir aktivite değerleri (mda) Denklem 3 kullanılarak hesaplanmıştır (Anonymous, 1989; Keser, 2009). Denklem 3'de, mda: ilgilenilen radyonüklit için minimum dedekte edilebilir aktiviteyi, B: doğal fon spektrumunda ilgilenilen radyonüklit piki için sayımı (alanı), t: sayım süresini, Pγ (%): E enerjisindeki gama ışınının yayınlanma olasılığını, m: numune kütlesini ve ε(E): dedektörün ilgilenilen fotopikteki verimini ifade etmektedir.

$$mda = \frac{4.66\sqrt{B}}{t.P_\gamma.m.\varepsilon(E)} \quad (3)$$

Çizelge 7'de aktivitesi ölçülen radyonüklitlerin bazı özellikleri belirtilmiştir. Çizelge 9 ve 10'da minimum dedekte edilebilir aktivite değerlerinden daha düşük olan veriler tespit edilemedi (te) olarak ifade edilmiştir.

Çizelge 7. Aktivitesi ölçülen radyonüklitlerin bazı özellikleri (Al-Masri ve ark., 2007; Caciolli ve ark., 2019; Khandaker ve ark., 2016; Salih, 2019; Ying ve ark., 2015)

Radyonüklit	Bozunma ürünü	Gama ışını enerjisi E (keV)	Yayınlanma Olasılığı Pγ (%)	Verim ε(E)	Minimum dedeksiyon aktivitesi (Bq kg^{-1})
^{238}U	^{214}Pb	295.2	18.2	0.0575	1.71
	^{214}Pb	351.9	37.6	0.0510	1.10
	^{214}Bi	609.3	46.3	0.0349	1.15
^{232}Th	^{228}Ac	911.2	25.8	0.0265	1.61
	^{228}Ac	968.9	15.8	0.0254	0.10
^{137}Cs	^{137}Cs	661.6	85.1	0.0330	0.00
^{40}K	^{40}K	1460.8	10.6	0.0191	9.66

İnsanların tükettikleri gıda maddelerindeki radyonüklitlerden maruz kaldıkları radyasyon doz değerlerinin tespiti ve bu doz değerlerinin, uluslararası kuruluşlar tarafından belirlenen ortalama değerlere göre risk teşkil edip etmediğini belirlemek için yıllık etkin doz kavramı kullanılmaktadır. Yıllık etkin doz, bir yıllık süre içerisinde tüketilen gıda maddelerinden yayınlanan gama ışınlarına dahili olarak maruz kalmak suretiyle oluşabilecek radyasyon doz değeridir. Bu çalışmada Cennet hurması örneklerindeki ^{238}U, ^{232}Th, ^{137}Cs ve ^{40}K radyonüklitlerinden kaynaklanabilecek yıllık etkin doz değerleri Denklem 4 yardımıyla hesaplanmıştır (Harb, 2015; Nasreddine ve ark., 2008).

Denklem 4'te H_r: iç ışınlamadan kaynaklanabilecek yıllık etkin doz değerini (µSv y^{-1}), U_r: bir yıllık tüketim miktarını (kg), C^r: ilgilenilen radyonüklitin aktivite konsantrasyonunu, g_r: ilgilenilen radyonüklit için doz dönüşüm faktörünü ifade etmektedir. ^{238}U için doz dönüşüm faktörü 4.5x10^{-8} Sv Bq^{-1}, ^{232}Th için 2.3x10^{-7} Sv Bq^{-1}, ^{137}Cs için 1.3x10^{-8} Sv Bq^{-1} ve ^{40}K için 6.2x10^{-9} Sv Bq^{-1}'dir (Anonymous, 2012).

Çizelge 10 ve Çizelge 11'de $H_{U\text{-}238}$, $H_{Th\text{-}232}$, $H_{Cs\text{-}137}$ ve $H_{K\text{-}40}$, sırası ile Cennet hurması örneklerindeki ^{238}U, ^{232}Th, ^{137}Cs ve ^{40}K radyonüklitlerinden kaynaklanabilecek yıllık etkin doz değerlerini belirtmektedir, H_{Toplam} ise tüm bu radyonüklitlerden kaynaklanan toplam yıllık etkin doz değerlerini ifade etmektedir.

$$H_r = (U_r.C^r).g_r \quad (4)$$

Cennet hurması meyvesinin, günlük beslenme alışkanlığı içerisinde tüketimi, 25 gr gün^{-1} olarak önerilen günlük lif ihtiyacının karşılanması açısından önemlidir (Yücecan, 2008). Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre (Anonim, 2016b), Türkiye'de kişi başına tüketilen meyve miktarlarının yıllara göre

değişimi Çizelge 8'de belirtilmiştir. Çizelge 8'e göre 2016 yılında 20 farklı meyvenin kişi başına yıllık tüketim miktarları 0.5 kg ile 43.2 kg arasında değişiklik göstermiştir. Kişi başına yıllık tüketim miktarı en yüksek karpuz için ve en düşük incir için belirlenmiştir. 2016 yılında diğer meyvelerin yıllık kişi başına meyve tüketimindeki değeri ise 2.8 kg olarak tespit edilmiştir (Anonim, 2016b). Bu çalışmada yetişkin bir insan için bir yılda 2.8 kg Cennet hurması tüketmesi durumunda, temin edilen örneklerdeki radyonüklitlerin aktivite konsantrasyonları yardımıyla, yöre halkının ^{238}U, ^{232}Th, ^{137}Cs ve ^{40}K radyonüklitlerinden maruz kalabilecekleri yıllık etkin doz değerleri hesaplanmıştır.

Çizelge 8. Türkiye'de kişi başına tüketilen meyve miktarlarının yıllara göre değişimi (Anonim, 2016b)

	Kişi başı tüketim miktarı (kg)						
Meyveler	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Karpuz	43.4	45.2	46.6	44.4	43.4	43.3	43.2
Üzüm	34.4	34.8	31.6	32.7	29.8	26.3	28.7
Elma	24.8	25.3	30	27.3	21.3	23	23.5
Kavun	19.1	19.3	19.5	19.3	19.2	19	20.3
Portakal	17.2	16.7	17.5	16.9	17.2	15.8	14.2
Mandalina	5.1	4.9	5.7	5	5.2	6.9	7.3
Şeftali	6.1	6.1	6.6	7	6.5	6.6	7
Muz	5.4	5.2	5.4	5	5.5	5.6	5.9
Kiraz	4.1	4.4	4.7	4.9	4.3	4.9	5.5
Armut	4.3	4.4	4.9	5	4.9	4.8	4.9
Çilek	3.2	3.2	3.8	4	4	3.9	4.3
Limon	3.3	3.8	3.8	3.1	3.2	3.5	3.9
Nar	1.7	1.8	2.6	2.7	2.9	3.1	3.3
Kayısı	0.3	1.5	2.2	2.5	0.6	1.6	2.7
Erik	2.5	2.6	2.8	2.8	2.4	2.3	2.4
Vişne	2.3	2.1	2.2	2.1	2.1	2	2.1
Greyfurt	0.7	0.4	1.1	0.6	0.9	0.6	1.4
Ayva	1.3	1.4	1.4	1.4	1.1	1.1	1.2
Dut	0.9	0.9	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7
İncir	0.2	0.3	0.2	0.2	0.5	0.6	0.5
Diğer meyveler	2.6	2.7	2.9	3	2.5	2.6	2.8

Araştırma Bulguları ve Tartışma

Bu çalışma kapsamında Rize ilindeki yedi ilçeden (İyidere, Derepazarı, Rize Merkez İlçe, Çayeli, Pazar, Ardeşen, Fındıklı) toplanan Cennet hurması örneklerindeki doğal (^{238}U, ^{232}Th, ^{40}K) ve yapay (^{137}Cs) radyonüklitlerin aktivite konsantrasyonları Çizelge 9'da gösterilmiştir.

Çizelge 9. Cennet hurması örneklerindeki doğal (^{238}U, ^{232}Th, ^{40}K) ve yapay (^{137}Cs) radyonüklitlerin aktivite konsantrasyonları (Bq kg^{-1})

No	İlçe	İstasyon	^{238}U	^{232}Th	^{137}Cs	^{40}K
S1	İyidere	Denizgören	4.59±0.49	3.16±0.51	2.10±0.39	1382.82±21.57
S2		Fıçıtaşı	3.15±0.29	te	7.78±0.38	1346.54±14.95
S3		Sarayköy	5.87±0.55	2.71±0.57	te	1137.35±17.63
S4	Derepazarı	Fıçıcılar	te	te	te	1234.29±21.72
S5		Sayıyer	5.48±0.56	5.75±0.87	te	1684.01±26.61
S6	Merkez İlçe	Bürücek	7.66±0.75	10.29±1.45	4.99±0.53	1903.27±29.52
S7		Kendirli	3.18±0.39	10.91±1.78	29.24±1.15	2160.07±33.70
S8		Fener	te	te	6.09±0.54	1086.04±19.70
S9		Veliköy	3.16±0.37	te	14.63±0.70	1441.92±22.93
S10	Çayeli	Limanköy	2.82±0.29	3.06±0.56	2.35±0.35	954.11±16.51
S11		Büyükköy	2.43±0.33	8.65±1.22	10.04±0.70	1658.79±26.87
S12		Kesmetaş	te	6.60±1.30	2.08±0.28	1118.00±14.43
S13	Pazar	Hisarlı	4.36±0.46	3.63±0.35	2.87±0.39	1393.55±20.90
S14		Kirazlık M.	4.89±0.44	9.22±1.22	3.02±0.49	1607.34±22.82
S15		Hamidiye	5.34±0.59	4.93±0.84	14.28±0.72	1503.26±22.55
S16	Ardeşen	Gazi Cd.	te	2.36±0.42	46.78±0.83	863.62±12.52
S17		Pirinçlik	3.63±0.45	te	30.97±1.20	2278.29±33.49
S18		Işıklı	te	2.29±0.48	85.03±1.07	901.51±12.71
S19	Fındıklı	Yeniköy	5.21±0.59	9.02±1.55	45.09±1.42	1722.18±29.45
S20		Sahil	te	2.36±0.42	29.04±0.72	935.57±13.94
S21		Dereüstü	13.47±0.62	9.14±1.41	46.14±1.45	1899.91±30.40
Minimum			2.43±0.33	2.29±0.48	2.08±0.28	863.62±12.52
Maksimum			13.47±0.62	10.91±1.78	85.03±1.07	2278.29±33.49
Ortalama			5.01±0.48	5.87±0.93	21.25±0.74	1438.69±22.14

*te: tespit edilemedi

Çizelge 9 incelendiğinde, Cennet hurması örneklerinde tespit edilen en düşük radyasyon aktivite konsantrasyonları ^{238}U için 2.43±0.33 Bq kg^{-1} olarak Çayeli Büyükköy (S11) istasyonunda, ^{232}Th için 2.29±0.48 Bq kg^{-1} olarak Ardeşen Işıklı (S18) istasyonunda ve ^{137}Cs için 2.08±0.28 Bq kg^{-1} olarak Çayeli Kesmetaş (S12) istasyonunda ölçülmüştür. İyidere Sarayköy (S3), Derepazarı Fıçıcılar (S4) ve Derepazarı Sayıyer (S5) istasyonlarında ^{137}Cs aktivitesine rastlanmazken, Derepazarı Fıçıcılar (S4) ve Rize Merkez İlçe Fener (S8) istasyonlarında hem ^{238}U hem de ^{232}Th aktivite konsantrasyonları dedeksiyon limitlerinin altında olduğu için tespit edilememiştir. Bununla birlikte Çayeli Kesmetaş (S12), Ardeşen Gazi Cd. (S16), Ardeşen Işıklı (S18) ve Fındıklı Sahil (S20) istasyonlarındaki örneklerde ^{238}U aktivite konsantrasyonunun, İyidere Fıçıtaşı (S2), Rize Merkez İlçe Veliköy (S9) ve Ardeşen Pirinçlik (S17) istasyonlarındaki örneklerde ^{232}Th aktivite konsantrasyonunun dedeksiyon limitlerinin altıda olduğu ve tespit edilemedikleri görülmektedir.

Çizelge 9'daki verilere göre en yüksek radyasyon aktivite konsantrasyonları ^{238}U için 13.47±0.62 Bq kg^{-1} olarak Fındıklı Dereüstü (S21) istasyonunda, ^{232}Th için 10.91± 1.78 Bq kg^{-1} olarak Rize Merkez İlçe Kendirli (S7) istasyonunda ve ^{137}Cs için 85.03±1.07 Bq kg^{-1} olarak Ardeşen Işıklı (S18) istasyonunda tespit edilmiştir. İstasyonlardaki ^{40}K aktivite konsantrasyonu en düşük değeri Ardeşen Gazi Cd. istasyonunda (S16) 863.62±12.52 Bq kg^{-1} olarak ve en yüksek değeri Ardeşen Pirinçlik (S17) istasyonunda 2278.29±33.49 Bq kg^{-1} olarak almıştır.

Çizelge 9'da örneklerde hesaplanan ortalama ^{238}U, ^{232}Th, ^{137}Cs ve ^{40}K aktivite konsantrasyonları sırasıyla 5.01±0.48 Bq kg^{-1}, 5.87±0.93 Bq kg^{-1}, 21.25±0.74 Bq kg^{-1} ve 1438.69±22.14 Bq kg^{-1} olarak bulunmuştur. Uluslararası Radyolojik Korunma Komitesi (ICRP)'ne göre tüketilen gıda maddeleri için izin verilen ^{137}Cs aktivite konsantrasyonunun limit değeri 1000 Bq kg^{-1} olup (Anonymous, 2004c), bu çalışmadaki istasyonlardan temin edilen Cennet hurması örneklerinde tespit edilen ^{137}Cs aktivite konsantrasyonlarının 1000 Bq kg^{-1} limit

değerinden oldukça düşük olduğu ve halk sağlığını tehdit edecek düzeyde olmadığı gözlenmiştir.

Bu çalışmada, istasyonlardan toplanan Cennet hurması örneklerinin insan sağlığı açısından risk teşkil edip etmediğini değerlendirebilmek için yıllık etkin doz değerleri hesaplanmıştır. Çizelge 10'da Cennet hurması örneklerindeki ^{238}U, ^{232}Th, ^{137}Cs ve ^{40}K radyonüklitlerinden kaynaklanan yıllık etkin doz değerleri verilmiştir.

Çizelge 10'da ^{238}U, ^{232}Th ve ^{137}Cs'dan kaynaklanan en yüksek yıllık etkin doz değerlerinin sırasıyla ^{238}U için Fındıklı Dereüstü (S21) istasyonunda 1.697 µSv y^{-1}, ^{232}Th için Rize Merkez İlçe Kendirli (S7) istasyonunda 7.026 µSv y^{-1} ve ^{137}Cs için Ardeşen Işıklı (S18) istasyonunda 3.095 µSv y^{-1} olduğu görülmektedir. ^{238}U, ^{232}Th ve ^{137}Cs için ortalama yıllık etkin doz değerleri sırasıyla ^{238}U için 0.632 µSv y^{-1}, ^{232}Th için 3.787 µSv y^{-1} ve ^{137}Cs için 0.774 µSv y^{-1} olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 10'da ^{238}U, ^{232}Th, ^{137}Cs ve ^{40}K radyonüklitlerinden kaynaklanan toplam yıllık etkin doz değeri en düşük Ardeşen Gazi Cd. (S16) istasyonunda 18.215 µSv y^{-1} ve en yüksek Merkez İlçe Kendirli (S7) istasyonunda 45.990 µSv y^{-1} olarak tespit edilmiştir. İstasyonlardaki toplam yıllık etkin doz değerlerinin ortalaması ise 28.975 µSv y^{-1} olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 10'dan açıkça görüldüğü üzere toplam yıllık etkin doz değerine en yüksek katkı ^{40}K radyonüklitinden gelmektedir. ^{40}K radyonüklitinden kaynaklanan yıllık etkin doz değeri en düşük Ardeşen Gazi Cd. (S16) istasyonunda 14.992 µSv y^{-1} ve en yüksek Ardeşen Pirinçlik (S17) istasyonunda 39.551 µSv y^{-1} olarak tespit edilmiştir. ^{40}K'dan kaynaklanan yıllık etkin doz değerinin ortalaması ise 24.976 µSv y^{-1} olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 10. Cennet hurması örneklerindeki ^{238}U, ^{232}Th, ^{137}Cs ve ^{40}K radyonüklitlerinden kaynaklanan yıllık etkin doz değerleri (µSv y^{-1})

No	İlçe	İstasyon	H_{U-238}	H_{Th-232}	H_{Cs-137}	H_{K-40}	H_{Toplam}
S1	İyidere	Denizgören	0.578	2.035	0.076	24.006	26.696
S2		Fıçıtaşı	0.397	te	0.283	23.376	24.056
S3		Sarayköy	0.740	1.745	te	19.744	22.229
S4	Derepazarı	Fıçıcılar	te	te	te	21.427	21.427
S5		Sayıyer	0.690	3.703	te	29.234	33.628
S6	Merkez İlçe	Bürücek	0.965	6.627	0.182	33.041	40.814
S7		Kendirli	0.401	7.026	1.064	37.499	45.990
S8		Fener	te	te	0.222	18.854	19.075
S9		Veliköy	0.398	te	0.533	25.032	25.962
S10	Çayeli	Limanköy	0.355	1.971	0.086	16.563	18.975
S11		Büyükköy	0.306	5.571	0.365	28.797	35.039
S12	Pazar	Kesmetaş	te	4.250	0.076	19.408	23.735
S13		Hisarlı	0.549	2.338	0.104	24.192	27.184
S14		Kirazlık M.	0.616	5.938	0.110	27.903	34.567
S15		Hamidiye	0.673	3.175	0.520	26.097	30.464
S16	Ardeşen	Gazi Cd.	te	1.520	1.703	14.992	18.215
S17		Pirinçlik	0.457	te	1.127	39.551	41.136
S18		Işıklı	te	1.475	3.095	15.650	20.220
S19	Fındıklı	Yeniköy	0.656	5.809	1.641	29.897	38.004
S20		Sahil	te	1.520	1.057	16.241	18.818
S21		Dereüstü	1.697	5.886	1.679	32.982	42.245
Minimum			0.306	1.475	0.076	14.992	18.215
Maksimum			1.697	7.026	3.095	39.551	45.990
Ortalama			0.632	3.787	0.774	24.976	28.975

*te: tespit edilemedi

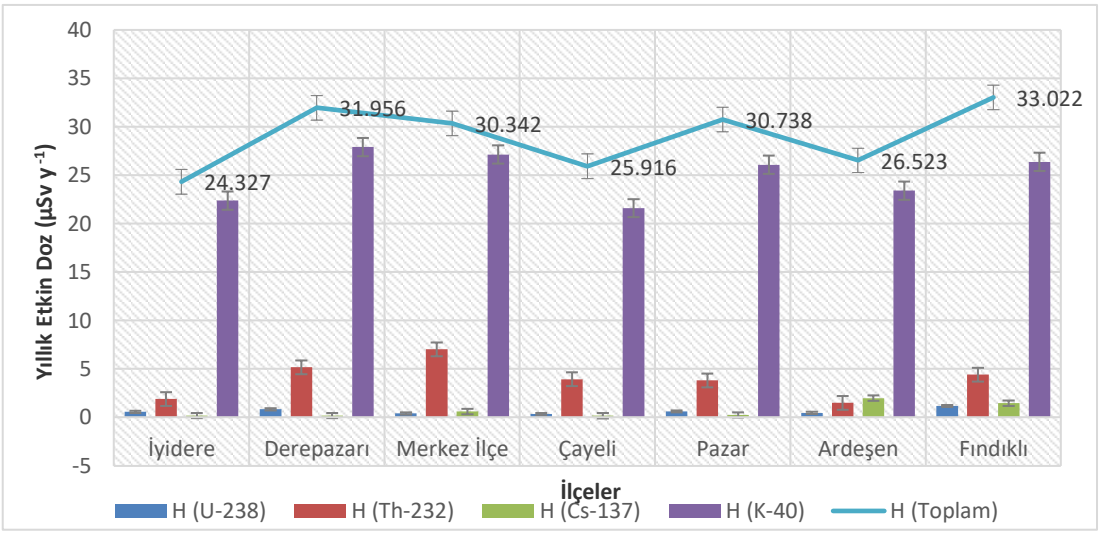
Çizelge 11'de Cennet hurması örneklerindeki ^{238}U, ^{232}Th, ^{137}Cs ve ^{40}K radyonüklitlerinden kaynaklanan yıllık etkin doz değerlerinin ilçelere göre ortalaması, Şekil 3'de ise bu verilerin grafiği verilmiştir. Çizelge 11 ve Şekil 3 incelendiğinde örneklerdeki en düşük ortalama yıllık etkin doz değeri ^{238}U için 0.330 µSv y^{-1}, ^{137}Cs için 0.175 µSv y^{-1} ve ^{40}K için 21.589 µSv y^{-1} olarak Çayeli ilçesinde, ^{232}Th için 1.497 µSv y^{-1} olarak Ardeşen ilçesinde olduğu, en

yüksek ortalama yıllık etkin doz değerinin ^{238}U için Fındıklı ilçesinde 1.176 µSv y^{-1}, ^{232}Th için Rize Merkez İlçede 7.026 µSv y^{-1}, ^{137}Cs için Ardeşen ilçesinde 1.975 µSv y^{-1} ve ^{40}K için Derepazarı ilçesinde 27.902 µSv y^{-1} olduğu tespit edilmiştir. ^{238}U, ^{232}Th, ^{137}Cs ve ^{40}K radyonüklitlerinden kaynaklanan toplam yıllık etkin doz değerlerinin ilçelere göre ortalaması dikkate alındığında en düşük toplam yıllık etkin doz değerinin İyidere ilçesinde 24.327 µSv y^{-1} ve en yüksek toplam yıllık etkin doz değerinin Fındıklı ilçesinde 33.022 µSv y^{-1} olduğu görülmektedir.

Bu çalışmada, Cennet hurması örneklerindeki ^{238}U ve ^{232}Th radyonüklitlerinden olan katkının, Birleşmiş Milletler Atomik Radyasyonun Etkileri Bilimsel Komitesi (UNSCEAR) tarafından belirtilen dünya genelinde gıda numunelerindeki ^{238}U ve ^{232}Th serisi radyonüklitlerin oluşturduğu ortalama yıllık etkin doz değeri olan 0.12 mSv (120 µSv)'den düşük olduğu, aynı şekilde ^{40}K'dan olan katkının Birleşmiş Milletler Atomik Radyasyonun Etkileri Bilimsel Komitesi (UNSCEAR) tarafından belirtilen dünya genelinde gıda numunelerindeki ^{40}K'dan oluşan ortalama yıllık etkin doz değeri olan 0.17 mSv (170 µSv)'den düşük olduğu görülmektedir (Anonymous, 2000). Ayrıca örneklerdeki ^{238}U, ^{232}Th, ^{137}Cs ve ^{40}K'radyonüklitleri tarafından kaynaklanan toplam yıllık etkin doz değerleri Birleşmiş Milletler Atomik Radyasyonun Etkileri Bilimsel Komitesi (UNSCEAR) tarafından belirtilen gıda yoluyla insanların doğal radyasyon kaynaklarına dahili olarak maruz kaldıkları yıllık ortalama radyasyon dozu olan 0.29 mSv (290 µSv) değerinin oldukça altındadır (Anonymous, 2000).

Çizelge 11. Cennet hurması örneklerindeki ^{238}U, ^{232}Th, ^{137}Cs ve ^{40}K radyonüklitlerinden kaynaklanan yıllık etkin doz değerlerinin ilçelere göre ortalaması (µSv y^{-1})

İlçe	H_{U-238}	H_{Th-232}	H_{Cs-137}	H_{K-40}	H_{Toplam}
İyidere	0.571	1.890	0.179	22.374	24.327
Derepazarı	0.827	5.165	0.182	27.902	31.956
Merkez İlçe	0.399	7.026	0.606	27.129	30.342
Çayeli	0.330	3.930	0.175	21.589	25.916
Pazar	0.612	3.817	0.244	26.064	30.738
Ardeşen	0.457	1.497	1.975	23.397	26.523
Fındıklı	1.176	4.405	1.459	26.373	33.022
Minimum	0.330	1.497	0.175	21.589	24.327
Maksimum	1.176	7.026	1.975	27.902	33.022
Ortalama	0.624	3.961	0.688	24.976	28.975



Şekil 3. Cennet hurması örneklerindeki ^{238}U, ^{232}Th, ^{137}Cs ve ^{40}K radyonüklitlerinden kaynaklanan yıllık etkin doz değerlerinin ilçelere göre ortalamalarının grafiği

Sonuç

Bu çalışmada Cennet hurması üretiminde önemli bir kapasiteye sahip olan Rize ilinden temin edilen Cennet hurması örneklerinde doğal ve yapay radyoüklitlerin aktivite konsantrasyonları ve bu radyonüklitlerin oluşturduğu yıllık etkin doz değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen veriler neticesinde istasyonlardaki ^{238}U, ^{232}Th, ^{137}Cs ve ^{40}K aktivite konsantrasyonlarının ortalaması sırasıyla 5.01±0.48 Bq kg^{-1}, 5.87±0.93 Bq kg^{-1}, 21.25±0.74 Bq kg^{-1} ve 1438.69±22.14 Bq kg^{-1} olarak bulunmuştur ve aynı radyonüklitlerden kaynaklanan toplam yıllık etkin doz değerleri 18.215 µSv y^{-1} ile 45.990 µSv y^{-1} aralığında tespit edilmiştir. Örneklerdeki ^{137}Cs aktivitelerinin, Uluslararası Radyolojik Korunma Komitesi (ICRP) tarafından gıda numunelerindeki ^{137}Cs aktivite konsantrasyonu için belirlenen 1000 Bq kg^{-1} limit değerinden düşük olduğu ve toplam yıllık etkin doz değerlerinin Birleşmiş Milletler Atomik Radyasyonun Etkileri Bilimsel Komitesi (UNSCEAR) tarafından belirtilen insanların gıda yoluyla tüm doğal radyoaktif kaynaklardan dahili olarak maruz kaldıkları yıllık ortalama radyasyon dozu olan 0.29 mSv (290 µSv) değerinin oldukça altında olduğu sonucuna varılmıştır (Anonymous, 2000; Anonymous, 2004c). Bu çalışma neticesinde bu örnekleri tüketen insanların ve Cennet hurması örneklerinin toplandığı istasyonlardaki halkın sağlık açısından herhangi bir radyasyon riski altında kalmadığı söylenebilmektedir. Bu çalışma, Cennet hurması örneklerinde doğal (^{238}U, ^{232}Th, ^{40}K) ve yapay (^{137}Cs) radyonüklitlerden kaynaklanan radyasyon aktivite konsantrasyonlarının ve yıllık etkin doz değerlerinin belirlendiği öncü çalışmalardan biri olup daha sonraki zamanlarda ülkemizde ve diğer ülkelerde yapılabilecek çalışmalara katkı sağlayacak temel bir veri niteliğindedir.

Kaynaklar

Anonim. 2016a. Türkiye İstatistik Kurumu Bitkisel Üretim İstatistikleri. www.tuik.gov.tr (Erişim tarihi: 14. 05. 2020)

Anonim. 2016b. Türkiye İstatistik Kurumu Bitkisel Ürün Denge Tabloları. www.tuik.gov.tr (Erişim tarihi: 14. 05. 2020)

Anonim. 2017. Türkiye İstatistik Kurumu Bitkisel Üretim İstatistikleri. www.tuik.gov.tr (Erişim tarihi: 10.07.2017).

Anonim. 2019. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Rize İl Tarım ve Orman Müdürlüğü. (https://rize.tarimorman.gov.tr (Erişim tarihi: 12.08.2019).

Anonymous. 1989. International Atomic Energy Agency, 1989. Measurement of Radionuclides in Food and Environment, Technical Reports Series No: 295.

Anonymous. 2000. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources and Effects of Ionizing Radiation, UNSCEAR 2000 Report to the General Assembly, with Scientific Annexes Volume I: Sources, Annex B: Exposures From Natural Radiation Sources, United Nations, New York.

Anonymous. 2003. Chernobyl: assessment of radiological and health impacts. 2002 Update of Chernobyl: ten years on. Paris: Nuclear Energy Agency of the Organization for Economic Cooperation and Development, 2003.

Anonymous. 2004a. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological Profile for Cesium, Atlanta, Georgia.

Anonymous. 2004b. International Atomic Energy Agency, 2004. Division of Public Information, Report No: INISXA703, Radiation, people and the environment, Ford, J. (Ed.), Austria, Vienna.

Anonymous. 2004c. International Commission on Radiological Protection, 2004. Protecting people against radiation exposure in the aftermath of a radiological attack. Final TG draft.

Anonymous. 2008. Poptop Transplantable Photon Detector User Manual, Ortec Advanced Measurement Technology Inc., USA.

Anonymous. 2012. Compendium of Dose Coefficients based on ICRP Publication 60. ICRP Publication 119. Ann. ICRP 41(Suppl.).

Anonymous. 2017. Food and Agriculture Organization of the United Nations. http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC (Erişim tarihi: 28. 06. 2017).

Aktepe Tangu, N., Erenoğlu, B. ve Yalçınkaya, E. 2010. Bazı Trabzon hurması çeşitlerinin Yalova ekolojisindeki performansları. *Bahçe*, 39(2), 1-8.

Al-Masri, S.M. and Abdul-aziz, A. 2007. First proficiency test for the determination of NORM in contaminated soil from the oil field. *Accreditation and Quality Assurance,*12, 249–256.

Aswood, M.S., Jaafar, M.S., and Salih, N. 2017. Estimation of annual effective dose due to natural radioactivity in ingestion of vegetables from Cameron Highlands, Malaysia. *Environmental Technology & Innovation*, 8, 96-102.

Butt, M.S., Sultan, M.T., Aziz, M., Naz, A., Ahmed, W., Kumar, N. and Imran, M. 2015. Persimmon (Diospyros kaki) fruit: hidden phytochemicals and health claims. *EXCLI Journal*, 4 (14): 542-561.

Caciolli, A. Depalo, R. and Rigato, V. 2019. A new study of the 10B(p,$\alpha_{1}\gamma$α1γ)7Be reaction from 0.35 to 1.8 MeV. *The European Physical Journal A, 55*, 1-6.

Çalışkan, G. ve Dirim, S.N. 2015. Freeze drying kinetics of Persimmon puree. *Gıda*, 40 (1): 9-14.

Harb, S. 2015. Natural radioactivity concentration and annual effective dose in selected vegetables and fruits. *Journal of Nuclear and Particle Physics*, 5(3): 70-73.

Jackson, D. 1986. The persimmon. "Alınmıştır: Temperate and subtropical fruit production. (ed) Monselise, S.P.. Butterworth, Wellington, New Zealand.

Kaplankıran, M. 2011. Subtropik Meyveler II (Ders Notları). Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Hatay (Yayımlanmamış).

Karaaslan, S. 2014. Trabzon Hurmasının mikrodalga ile kurutulmasında uygun kuruma modelinin belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9 (1): 8-15.

Keser, R. 2009. Rize İli Sahil Kumlarında ve Bazı Kayaçlarda Doğal Gama Radyoaktivite Seviyelerinin Belirlenmesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon, 162 s.

Khandaker, M.U., Mohd Nasir N.L., Asaduzzaman, K., Olatunji, M.A., Mohd Amin, Y., Abu Kassim, H., Bradley, D.A., Jojo, P.J. and Alrefae, T. 2016. Evaluation of radionuclides transfer from soil-to-edible flora and estimation of radiological dose to the Malaysian populace. *Chemosphere*, 154, 528-536.

Kuzucu, F.C., 2003. Çanakkale-Lapseki Koşullarında Yetiştirilen Trabzon Hurmalarında Meyve Gelişimi, Olgunlaşma ve Depolama Karakteristikleri Üzerinde Araştırmalar. Trakya Üniversitesi, Tekirdağ Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Tekirdağ, 171 s.

Nasreddine, L., El Samad, O., Hwalla, N., Baydoun, R., Hamze M. and Parent-Massin, D. 2008. Activity concentrations and mean annual effective dose from gamma emitting radionuclides in the Lebanese diet. *Radiation Protection Dosimetry*, 131(4), 545–550.

Onur, S. 1990. Trabzon hurması. Derim, 7 (1): 4-47.

Onur, S. 1985. Trabzon hurması. *Derim*, 2 (2): 38-42.

Onur, C. ve Onur, S. 1997. Karadeniz Bölgesi Trabzon hurması (*Diospyros kaki* L.) Seleksiyonu. *Derim*, 14 (4): 146-156.

Öz, A.T. ve Özelkök, İ.S. 2003. "Moralı" Trabzon hurması (*Diospyros kaki* L.) meyvesinin burukluğunun giderilmesinde kuru buz uygulamasının etkisi. *Bahçe*, 32 (1-2): 7-13.

Özcan, M. 2018. Türkiye'de Trabzon hurması (*Diospyros kaki* L.) yetiştiriciliğinin sorunları ve geleceği. *Black Sea Journal of Agriculture*, 1 (2): 38-43.

Özdemir, A. E., Toplu, C., Yıldız, E., Duman, C., Ünlü, M. 2014. Vainiglia Trabzon hurması çeşidinde soğukta muhafazanın burukluğu önlemeye etkisi. 6. Bahçe Ürünlerinde Muhafaza ve Pazarlama Sempozyumu, 22-25 Eylül, Bursa, s. 221-227.

Parmaksız, A, 2004. Gama Spektrometrik Yöntem ile Fosfojipsteki ^{226}Ra, ^{232}Th, ^{40}K Aktivitelerinin Ölçülmesi. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 43 s.

Parseker Yönel, S, Uylaşer, V. ve Yonak, S. 2008. Trabzon hurmasının bileşimi ve besleyici değeri. Türkiye 10. Gıda Kongresi, 21-23 Mayıs, Erzurum, s. 339-342.

Salih, N. F. 2019. Determination of ^{226}Ra, ^{232}Th and ^{40}K in teeth by use of gamma spectroscopy. *Isotopes in Environmental and Health Studies*, 55 (1) :80-91.

Sargın, S.A., Akçiçek, E. ve Selvi, S. 2013. An ethnobotanical study of medicinal plants used by the local people of Alasehir (Manisa) in Turkey. *Journal of Ethnopharmacology*, 150 (3): 860-874.

Toplu, C., Özdemir, A.E., Yıldız, E., Coşkun, G., Güzel, U., Duman, C. ve Ünlü, M. 2016. Amankaki ve Vainiglia Trabzon Hurması Çeşitlerinde Etanol Uygulamalarının Burukluğu Önlemeye Etkisi. *Bahçe Özel Sayı*: *7. Uulusal Bahçe Bitkileri Kongresi Bildirileri, Cilt I: Meyvecilik*, 390-395.

Tuzcu, Ö. ve Yıldırım, B. 2000. Trabzon hurması (*Diospyros kaki* L) ve yetiştiriciliği. TÜBİTAK TARP Yayınları, Adana.

Vardal, E. 2009. Rize İli Pazar ve Ardeşen İlçelerinde Yetişen Trabzon Hurmalarının (*Diospyros kaki* L.) Seleksiyon Yolu ve Islahı. Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 59 s.

Yıldız, E., Kaplankiran, M. ve Toplu, C. 2012. Genetik kaynaklarımızda yer alan bir meyve türü: Yeşil hurma (*Diospyros oleifera* Cheng). *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17 (1): 41-46.

Ying, L., Brenna, R., Yuen, R. and Hoskins, C. 2015. Spectrum quantification of radium isotopes in hydraulic fracturing wastes. *International Journal of Environmental Monitoring and Analysis*, 3 (2-1): 7-10.

Yücecan, S. 2008. Optimal Beslenme. T.C. Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü Beslenme ve Fiziksel Aktiviteler Daire Başkanlığı, Yayın No: 726, Ankara, Türkiye