

Bebek pudralarında doğal radyoaktivite ve radyolojik risklerin değerlendirilmesi

Evaluation of natural radioactivity and radiological risks in baby powders

Serdar DİZMAN*¹ , Kübra CAMGÖZ² 

¹Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, 53100, Rize

²Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Fizik Anabilim Dalı, 53100, Rize

• Geliş tarihi / Received: 13.09.2024

• Kabul tarihi / Accepted: 19.01.2025

Öz

Tüm canlılar yaşamları boyunca sürekli olarak dünyada mevcut olan doğal ve yapay radyasyon kaynaklarından yayımlanan iyonlaştırıcı radyasyona maruz kalmaktadır. Bu nedenle, özellikle insanların kullandıkları ürünler ve yaşadıkları çevrenin radyoaktivite seviyelerinin belirlenmesi oldukça önemlidir. Bu kapsamda, yerel marketlerden satışa hazır farklı firmalara ait 12 adet bebek pudrası örneği temin edildi. Pudra örneklerinde ²²⁶Ra, ²³²Th ve ⁴⁰K konsantrasyonları yüksek saflıkta germanyum detektörü (HPGe) kullanılarak ölçüldü. İncelenen pudra örneklerinde ²²⁶Ra, ²³²Th ve ⁴⁰K radyoizotop konsantrasyonlarının sırasıyla 2.31-12.71 Bq/kg, 1.26-13.68 Bq/kg ve 4.69-38.21 Bq/kg aralığında değiştiği belirlendi. Pudra örneklerinde ortalama ²²⁶Ra, ²³²Th ve ⁴⁰K radyoaktivite konsantrasyonları sırasıyla 5.11 ± 0.81 Bq/kg, 4.17 ± 0.59 Bq/kg ve 17.30 ± 1.59 Bq/kg olarak bulundu. İncelenen pudra örneklerindeki doğal radyoizotoplardan kaynaklanan radyolojik tehlikeleri değerlendirmek için yıllık etkin doz değerleri (YED) hesaplandı ve saygın uluslararası kuruluşlar tarafından önerilen ortalama değerlerle kıyaslandı. Sonuç olarak, incelenen pudra örneklerinin kullanılmasının radyolojik olarak bir risk oluşturmayacağı belirlendi.

Anahtar kelimeler: Pudra, Radyoaktivite, Radyolojik risk, Yıllık etkin doz

Abstract

All living things are constantly exposed to ionizing radiation emitted from natural and artificial radiation sources present in the world throughout their lives. Therefore, it is very important to determine the radioactivity levels of the products that people use and the environment they live in. In this context, 12 baby powder samples of different companies were obtained from local markets. The concentrations of ²²⁶Ra, ²³²Th and ⁴⁰K in the powder samples were measured using a high purity germanium detector (HPGe). It was determined that ²²⁶Ra, ²³²Th and ⁴⁰K radioisotope concentrations in the examined powder samples ranged between 2.31-12.71 Bq/kg, 1.26-13.68 Bq/kg and 4.69-38.21 Bq/kg, respectively. The average ²²⁶Ra, ²³²Th and ⁴⁰K radioactivity concentrations in the powder samples were 5.11 ± 0.81 Bq/kg, 4.17 ± 0.59 Bq/kg and 17.30 ± 1.59 Bq/kg, respectively. To assess the radiological hazards from natural radioisotopes in the examined powder samples, the annual effective dose values (YED) was calculated and compared with the average values recommended by reputable international organizations. As a result, it was determined that the use of the examined powder samples would not pose a radiological risk.

Keywords: Powder, Radioactivity, Radiological risk, Annual effective dose

*Serdar DİZMAN; serdar.dizman@erdogan.edu.tr

1. Giriş

1. Introduction

Dünya var olduğu zamandan bu yana doğada bulunan uzun ömürlü radyoaktif çekirdekler her ortamda doğal bir radyasyon düzeyi oluşturmaktadır. İnsanlar hayatta buldukları süre boyunca doğal kaynaklardan yayımlanan radyasyonlardan önemli oranlarda doz almaktadırlar (Azeem vd., 2024; Basaran vd., 2024; Özden vd., 2023).

Halk arasında pişik olarak tanımlanan diaper dermatit, perinede, perinealtı bölgede ve etrafında kapalılık, nem ve iritasyon sonucu meydana gelen bir cilt sorunudur. Pişığı oluşturan asıl sebep, derinin aşırı nem ve sürtünme sonucunda tahriş olmasıdır. Bebeğin altındaki bezin sıklıkla değiştirilmemesinden dolayı idrarla temas eden cildin pH'ı asidikten alkaliye dönüşerek mikroorganizmalar ile kolonize olur. Alkali pH gaitadaki proteaz ve lipaz enzimini aktifleştirip stratum korneum tabakasında hasara sebep olur (Bukhari vd., 2013; Gözen vd., 2011; Güler vd., 2016; Nnorom, 2011). Bebek talk pudrası, nemi emme yeteneği ve sürtünmeyi minimize etme konusundaki becerisi nedeniyle bebeklerin cildini kuru tutmak ve pişik oluşumunu önlemek için yaygın olarak kullanılan bir bebek bakım ürünüdür (Almugren vd., 2023; Bukhari vd., 2013; Nnorom, 2011; Wudke vd., 2024). Dünya'nın kabuğundaki kaya yataklarından çıkarıldığından, ^{238}U , ^{232}Th ve ^{40}K gibi bol miktarda primordial radyonüklidlerin yanı sıra gerekli olmayan ağır metaller içerir ve kontrolsüz endüstriyel süreçler nedeniyle potansiyel bir sağlık tehlikesi oluşturabilir. Bu nedenle, Türkiye'de yaygın olarak kullanılan bebek pudralarının radyoaktivite konsantrasyonları değerlendirilmiştir. Böyle bir değerlendirme, sağlık tehlikesi varlığında tıbbi ihtiyaçlar için ilgili bilgileri sağlayabilir ve bebek talk pudrasında bulunan radyoaktif maddelere maruz kalmanın etkileri hakkında tüketicileri bilinçlendirmek için önemlidir.

Bebeklerin kullandığı yiyeceklerde radyoaktivitenin belirlenmesi üzerine literatürde son yıllarda yapılmış çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Ababneh vd., 2021; Okedeyi vd., 2024; Ong vd., 2024; Skoko vd., 2024). Son yapılan çalışmalara bakıldığında bebek yiyeceği olarak mama, gevrek ve süt tozları öne çıkmaktadır. Yapılan çalışmalarda, belirtilen bu yiyeceklerde hem doğal hem de yapay radyoaktivitenin bulunması dikkat çekicidir. Bu nedenle bebek ürünlerinde radyoaktivitenin izlenmesi son derece önemlidir. Bebek talk pudralarında da ağır metal toksisitesi ile ilgili çalışmalar literatürde yaygın olarak bulunurken radyonüklidlerin dağılımı ile ilgili çok az çalışma bulunmaktadır (Almugren vd., 2023; Apostoaei & Kocher, 2010; Bukhari vd., 2013; Moon vd., 2011; Nnorom, 2011; Wudke vd., 2024). Türkiye'de marketlerde satılan bebek pudraları için daha önce radyoaktivite değerlendirmesi yapılmamıştır. Bundan dolayı, bu çalışma ile Türkiye'de yaygın olarak kullanılan bebek pudralarının doğal radyoaktivite seviyelerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, Türkiye'deki marketlerde satılan ve tüketiciler tarafından en çok tercih edilen farklı markalara ait 12 adet bebek pudrasında Radyum (^{226}Ra), Toryum (^{232}Th) ve Potasyum (^{40}K) radyoizotop değerleri yüksek saflıkta germanyum dedektörü (HPGe) ile belirlenmiştir. Bebek pudralarındaki radyoaktivite içeriğinin sağlık risklerini değerlendirmek amacıyla yıllık etkin doz değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar, Birleşmiş Milletler Atomik Radyasyonun Etkileri Bilimsel Komitesi (UNSCEAR) tarafından sağlanan referans limitlerle karşılaştırılmıştır. Ayrıca, bu çalışma ile elde edilen veriler literatürdeki diğer çalışmaların verileriyle karşılaştırılmıştır.

2. Materyal ve metot

2. Material and method

2.1. Örneklerin toplanması

2.1. Collection of samples

Öncelikle, çevrimiçi satış gerçekleştiren bir sitedeki satış verileri kullanılarak Türkiye'de en çok satılan ve tercih edilen 12 adet bebek pudrası markası belirlenmiştir. Daha sonra, belirlenen bu markalara ait bebek pudraları yerel marketlerden son kullanıcı ürünü olarak temin edildi. Pudra örnekleri alınırken ürünün toz ve en az 100 g içerecek olmasına dikkat edilmiştir. Temin edilen pudra örnekleri, analizlere hazırlanmak üzere nükleer fizik laboratuvarına transfer edildi.

2.2. Örneklerin analize hazırlanması

2.2. Preparation of samples for analysis

Laboratuvarda, örnekler ilk olarak dedektörde kullanılan ölçüm kapları (60 mL) içerisine boşluk kalmayacak şekilde sıkıştırılarak dolduruldu. Daha sonra, doldurulan ölçüm kaplarının kapakları sıkıca kapatıldı ve

ardından parafilm ile hava almayacak şekilde bantlandı. Akabinde hazırlanan ölçüm kaplarının kütleleri hassas terazi ile belirlendi. Son olarak hazırlanmış olan numune kapları, radyoaktif dengeye gelmeleri için yaklaşık olarak 30 gün süre boyunca bekletildi.

2.3. Gama spektrometrik ölçümler

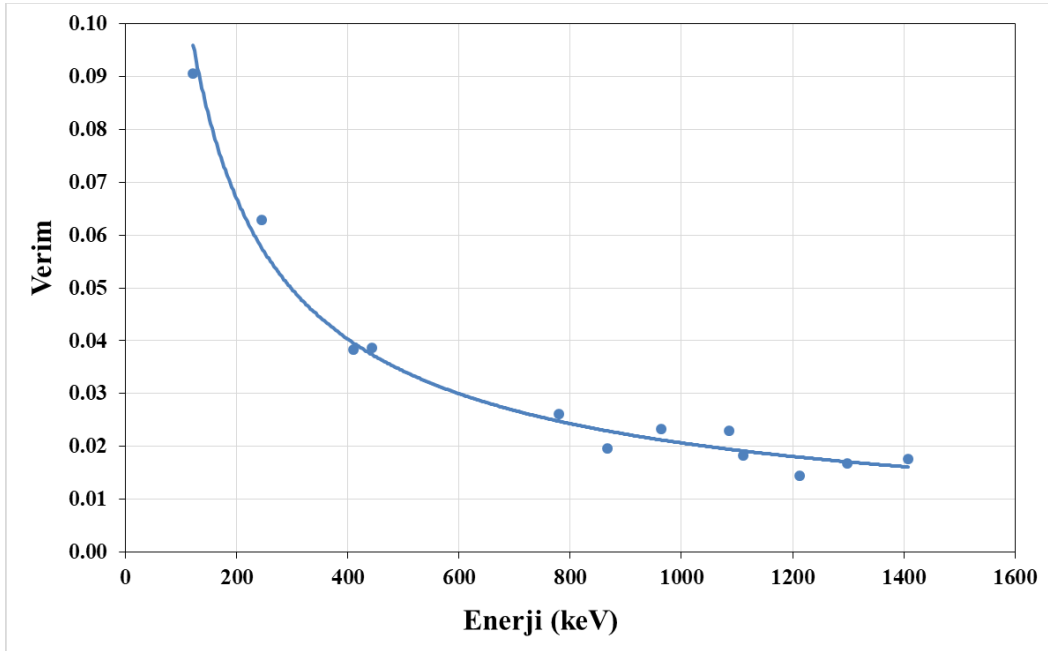
2.3. Gamma spectrometric measurements

Radyoaktivite ölçümleri (^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K) 1332.5 keV'de 1.9 keV ayırma gücüne ve % 55'lik relatif verime sahip ORTEC markasının GEM55P4-95 model numaralı yüksek saflıkta germanyum dedektörü (HPGe) kullanılarak gerçekleştirildi. Bu gama spektrometre sistemi dedektörle birlikte önyükselteç, spektroskopi yükselteci, analog sayım değerlerini elektronik sinyallere dönüştüren sistem (ADC) ve çok kanallı analizörden (MCA) oluşur. Dedektör içerisindeki numunelerin koyulduğu oda, kozmik ışıklardan ve inşaat malzemelerinden yayınlanan ışınımlardan gelen arkaplan (background) radyasyona karşı 10 cm kalınlıkta kurşun blokla zırhlanmıştır. Gama spektrometre sistemleri gıda, su ve toprak gibi çevresel örneklerin analizinde yaygın olarak kullanılan sistemlerdir (Basaran vd., 2024; Coulibaly vd., 2023; Cruz da Silva vd., 2020; Dizman vd., 2020, 2024; Siraz vd., 2023).

Dedektörün verim kalibrasyonu, sertifikalı ve aktivitesi bilinen radyoaktif Eu-152 sıvı kaynak (Amersham Company UK) kullanılarak gerçekleştirildi. Eu-152 sıvı kaynağı, %3-29 bolluklarda yayımlanma olasılığında çok geniş enerji aralığına (122, 244, 344, 411, 443, 779, 964, 1112 ve 1408 keV) sahip olduğundan verim kalibrasyonunun belirlenmesi için çok yaygın olarak kullanılır (Grigorescu vd., 2002). Verim kalibrasyonu için ilk olarak ^{152}Eu sıvı kaynağı dedektörde ölçüldü ve yayınlanan enerjilerde meydana gelen spektrumların sayım hızı değerleri belirlendi. Bu değerler kullanılarak, ilgili enerjilerdeki dedektörün verim değerleri Denklem 1 kullanılarak hesaplanmıştır (Khandaker vd., 2017).

$$E = \frac{N}{A.I\gamma} \quad (1)$$

Burada; N toplam sayım hızı (sayım/zaman), A kullanılan radyoaktif kaynağın şimdiki aktivitesi (Bq), I γ ilgilenilen gama enerjisinin yayımlanma olasılığıdır. Hesaplanan değerler yardımıyla elde edilen enerji-verim grafiği Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Kullanılan dedektör için elde edilen enerjiye karşılık verim grafiği
Figure 1. Graph of efficiency versus energy obtained for the used detector

Hazırlanan numuneler dedektörde 50000 saniye süresince sayılmış ve elde edilen spektrum görüntülerinden biri Şekil 2'de verilmiştir. Sayımdan elde edilen spektrumları değerlendirmek için bir veri analiz programı

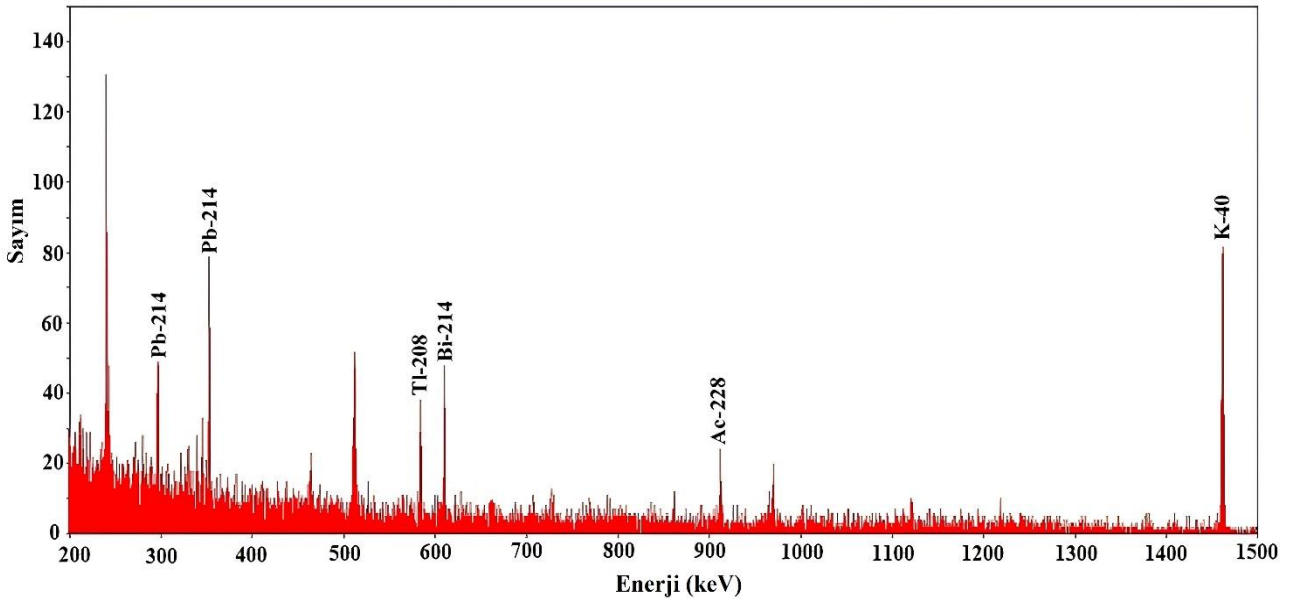
olan Gamma Vision kullanılmıştır. ^{226}Ra konsantrasyonu ^{214}Pb 'ün 295.22 ve 351.92 keV ve ^{214}Bi 'ün 609.32 keV'deki gama ışını piklerinden tahmin edilmiştir. ^{232}Th konsantrasyonu ^{208}Tl 'in 583.19 keV ve ^{228}Ac 'in 911.16 keV'deki gama ışını piklerinden tahmin edilmiştir. ^{40}K konsantrasyonları 1460 keV gama ışını piki kullanılarak tahmin edilmiştir. Bu enerjilerdeki pik alanları belirlendikten sonra pudra örneklerindeki radyoaktivite konsantrasyonları denklem 2 kullanılarak belirlenmiştir.

$$A \text{ (Bq/kg)} = \frac{N}{E.Iy.t.m} \quad (2)$$

Burada, N ilgili gama enerjisinin net sayım alanı, E ilgili gama enerjisinde dedektörün verim değeri, Iy gama ışınının ilgili enerjideki yayınlanma olasılığı, t ölçüm süresi (s) ve m numune kütlesidir (kg). Ölçümlerde kullanılan dedektör sisteminde ilgilenilen radyonüklidler için minimum ölçülebilir aktivite değerleri (MDA) Bq/kg biriminde Denklem 3 kullanılarak hesaplandı (Currie, 1968; Zare vd., 2015).

$$MDA = \frac{1,645\sqrt{B}}{E.Iy.t.m} \quad (3)$$

Burada, B ilgili gama enerjisinin arkaplan (background) sayım alanı, E ilgili gama enerjisinde dedektörün verim değeri, Iy gama ışınının ilgili enerjideki yayınlanma olasılığı, t ölçüm süresi (s) ve m numune kütlesidir (kg).



Şekil 2. Dedektörde numune ölçümlerinden elde edilen tipik bir spektrum görüntüsü

Figure 2. A typical spectrum image from sample measurements at the detector

2.4. Yıllık etkin doz (YED)

2.4. Annual effective dose (YED)

İncelenen pudra örneklerinin bebeklerde kullanılması sonucunda alınacak yıllık etkin doz (YED) değerleri Denklem 4 kullanılarak hesaplanmıştır (Basaran vd., 2024).

$$YED \text{ (mSv/y)} = A \times CR \times DC \quad (4)$$

Burada; A her bir pudra örneği için ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K radyoizotop konsantrasyonlarının toplamı (Bq/kg), CR bebeklerde yıllık olarak kullanılan pudra miktarı (kg/y) (yaklaşık 0.04 kg) (Gözen et al., 2011; Güler et al., 2016), DC radyoizotoplar için doz katsayılarıdır (^{226}Ra için 2.8×10^{-4} , ^{232}Th için 6.9×10^{-4} ve ^{40}K için 6.2×10^{-6} mSv/Bq) (IAEA, 2010). Uluslararası Radyasyondan Korunma Komisyonu (ICRP) tarafından yıllık etkin doz değerinin en çok 1 mSv/y olması önerilmektedir (ICRP, 2007).

3. Bulgular ve tartışma

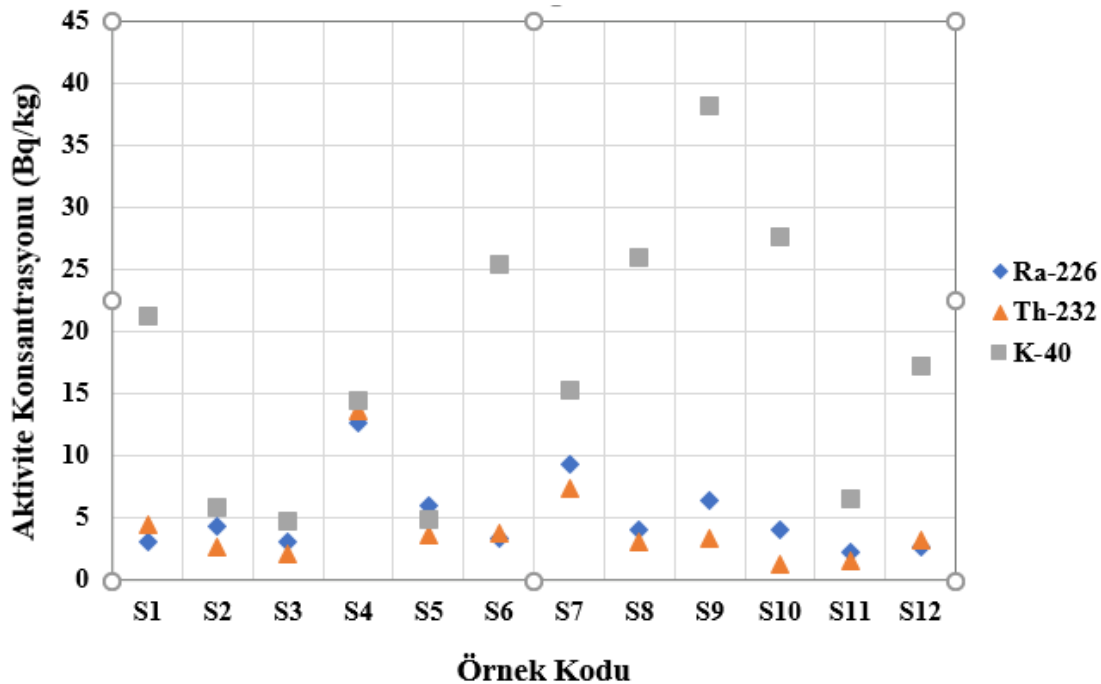
3. Results and discussion

Radyoaktivite ölçümlerinde kullanılan dedektör sistemi için minimum ölçülebilir aktivite değerleri (MDA) ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K radyoizotopları için sırasıyla 0.37 Bq/kg, 0.44 Bq/kg ve 3.51 Bq/kg olarak hesaplandı. İncelenen pudra örneklerinde belirlenen ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K radyoizotoplarının radyoaktivite konsantrasyonları Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Pudra örneklerinde belirlenen radyoaktivite konsantrasyonları
Table 1. Radioactivity concentrations determined in powder samples

Örnek Kodu	Radyoaktivite Konsantrasyonu (Bq/kg)		
	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K
S1	3.06 ± 0.81	4.45 ± 0.53	21.28 ± 0.90
S2	4.32 ± 0.87	2.67 ± 0.42	5.84 ± 0.99
S3	3.09 ± 0.43	2.04 ± 0.32	4.69 ± 1.07
S4	12.71 ± 0.79	13.68 ± 0.89	14.52 ± 2.23
S5	5.96 ± 0.94	3.56 ± 0.52	4.81 ± 0.51
S6	3.35 ± 0.82	3.80 ± 0.60	25.48 ± 1.74
S7	9.29 ± 1.05	7.31 ± 0.98	15.31 ± 2.83
S8	4.08 ± 0.76	3.07 ± 0.64	25.96 ± 2.76
S9	6.43 ± 0.99	3.37 ± 0.57	38.21 ± 1.43
S10	4.06 ± 0.91	1.26 ± 0.53	27.63 ± 2.43
S11	2.31 ± 0.52	1.59 ± 0.48	6.61 ± 0.62
S12	2.62 ± 0.88	3.23 ± 0.59	17.21 ± 1.58

İncelenen pudra örneklerinde ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K ’ın aktivite konsantrasyonları sırasıyla 2.31 – 12.71 Bq/kg, 1.26 – 13.68 Bq/kg, 4.69 – 38.21 Bq/kg aralığında değişmekte olup ortalama değerleri 5.11 ± 0.81 Bq/kg, 4.17 ± 0.59 Bq/kg ve 17.30 ± 1.59 Bq/kg olarak bulunmuştur. Araştırılan pudra örneklerinde tespit edilen radyoaktivite konsantrasyonları (^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K) grafiksel olarak Şekil 3’te ayrıca gösterilmektedir. Bu çalışmada incelenen pudra örneklerinde belirlenen tüm radyoaktivite konsantrasyon değerleri UNSCEAR tarafından önerilen limit değerlerden (^{226}Ra için 35, ^{232}Th için 30 ve ^{40}K için 400 Bq/kg) daha düşük bulunmuştur (UNSCEAR, 2000). Dolayısıyla incelenen pudra örneklerinin kullanılmasında radyolojik yönden herhangi bir risk bulunmadığı söylenebilir.



Şekil 3. Pudra örneklerinde belirlenen radyoaktivite konsantrasyonlarının dağılımı

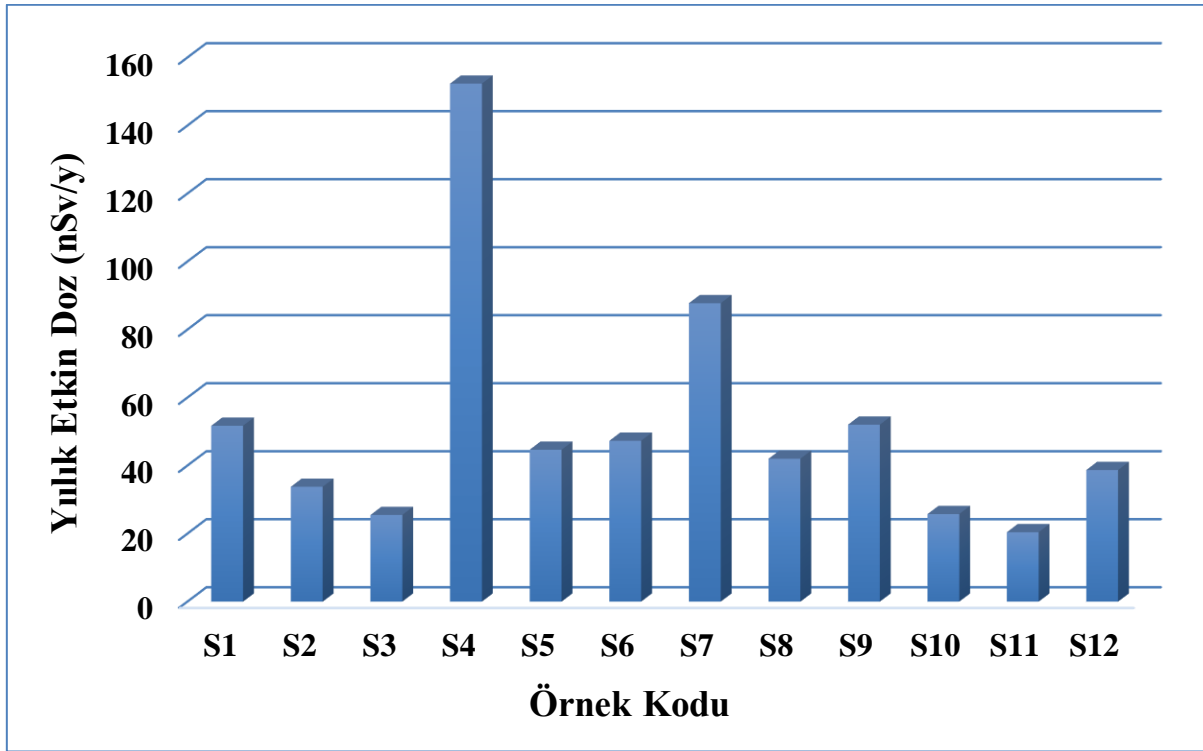
Figure 3. Distribution of radioactivity concentrations determined in powder samples

Şekil 3 incelendiğinde, ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K radyoizotop konsantrasyonlarının en yüksek değerlerinin sırasıyla S4, S4 ve S9 kodlu örneklerde olduğu görülmektedir. İncelenen pudra örneklerinin kullanılması sonucunda bebeklerin yıllık olarak alacağı etkin doz değerleri Tablo 2’de verilmektedir.

Tablo 2. Pudra örneklerinin kullanılması sonucu bebekler tarafından alınacak yıllık etkin doz değerleri
Table 2. Annual effective dose values to be received by infants as a result of the use of powder samples

Örnek Kodu	Yıllık Etkin Doz (nSv/y)		
	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K
S1	5.51	40.94	5.28
S2	7.78	24.56	1.45
S3	5.56	18.77	1.16
S4	22.88	125.86	3.60
S5	10.73	32.75	1.19
S6	6.03	34.96	6.32
S7	16.72	67.25	3.80
S8	7.34	28.24	6.44
S9	11.57	31.00	9.48
S10	7.31	11.59	6.85
S11	4.16	14.63	1.64
S12	4.72	29.72	4.27

İncelenen bebek pudrası örneklerinde yıllık etkin doz değerleri ^{226}Ra için 2.31-12.71 $\mu\text{Sv/y}$, ^{232}Th için 1.26-13.68 $\mu\text{Sv/y}$ ve ^{40}K için 4.69-27.63 $\mu\text{Sv/y}$ aralığında değişmekte olup, ortalama değerleri sırasıyla 5.11 $\mu\text{Sv/y}$, 4.17 $\mu\text{Sv/y}$ ve 17.30 $\mu\text{Sv/y}$ olarak bulunmuştur. İncelenen pudra örneklerinin kullanılması sonucunda incelenen radyoizotoplar kaynaklı bebeklerin yıllık olarak alacağı toplam etkin doz değerleri Şekil 4’te grafiksel olarak ayrıca gösterilmektedir.



Şekil 4. Pudra örneklerinin kullanılması sonucu bebekler tarafından alınacak yıllık etkin doz değerlerinin dağılımı

Figure 4. Distribution of annual effective dose values to be received by infants as a result of the use of powder samples

Şekil 4 incelendiğinde, en yüksek yıllık etkin doz değerinin S4 kodlu örnekte, en düşük doz değerinin ise S11 kodlu örnekte olduğu görülmektedir. UNSCEAR tarafından gıdaların tüketilmesiyle alınan yıllık etkin doz değerinin $2400 \mu\text{Sv/y}$ 'ı aşmaması önerilmektedir (UNSCEAR, 2000). İncelenen bebek pudrası örneklerinin kullanılması sonucu bebekler tarafından alınacak yıllık etkin doz değerleri, bu değerler oldukça altındadır. Dolayısıyla bu çalışma ile incelenen bebek pudrası örneklerinin kullanılmasının radyolojik yönden herhangi bir sağlık riski oluşturmayacağı gösterilmiştir. Bunlarla birlikte, bu çalışmada deri yoluyla emilimin spesifik tahmini değil, genel kullanım sonucunda alınan doz hesabı yapılmıştır. Ayrıca, dermal kontaminasyondan kaynaklanan cilt dozlarının, radyoaktif maddenin cilt üzerinde birikme ve tutulma derecesine bağlı olduğu unutulmamalıdır.

Bebek pudrası örneklerinde radyoaktivite konsantrasyonlarının belirlenmesi üzerine Türkiye'de hiçbir çalışma bulunmamaktadır. Buna karşın Malezya'da 2023 yılında yapılan yeni bir çalışmada yaygın olarak kullanılan bazı bebek talk pudralarının radyoaktivite konsantrasyonları belirlenmiştir. Bu çalışma ile bebek pudralarında belirlenen radyoaktivite konsantrasyonları, Malezya'da yapılan çalışmada belirlenen radyoaktivite konsantrasyonlarından (^{226}Ra için 0.174 Bq/kg , ^{232}Th için 0.317 Bq/kg ve ^{40}K için 0.742 Bq/kg) oldukça yüksek bulunmuştur (Almugren vd., 2023). Benzer olarak Ürdün'de yapılan bir çalışmada 0-6 yaş için üretilen bebek mamalarında ^{226}Ra radyoizotopu hiç tespit edilmezken ^{232}Th radyoizotopunun ortalaması $0.34 \pm 0.34 \text{ Bq/kg}$ ve ^{40}K radyoizotopunun ortalaması ise $160.2 \pm 33.5 \text{ Bq/kg}$ olarak belirlenmiştir. Bulunan ^{40}K değeri, bu çalışmada bulunan değerlerden oldukça yüksektir (Ababneh vd., 2021). Yine, Singapur'da yapılan bir çalışmada süt tozu örneklerinde ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K radyoizotop konsantrasyonları sırasıyla $0.49 \pm 0.05 \text{ Bq/kg}$, $0.50 \pm 0.07 \text{ Bq/kg}$ ve $204 \pm 9 \text{ Bq/kg}$ olarak belirlenmiştir. ^{226}Ra ve ^{232}Th konsantrasyonları bu çalışmada belirlenen değerlerden düşük iken ^{40}K konsantrasyonu ise daha yüksek bulunmuştur (Ong vd., 2024).

Gama spektrometre sisteminde (HPGe) yaptığımız ölçüm ve hesaplamaların doğruluğunu test etmek için Uluslararası Atom Enerji Ajansı'ndan temin edilen IAEA 375 referans materyali örneklerle birlikte aynı şartlar altında ölçülmüştür (URL, 2024). Ölçüm sonuçlarına göre kullanılan dedektörün geri kazanım miktarı yüzde olarak ^{226}Ra için 92.05, ^{232}Th için 96.15 ve ^{40}K için 97.18 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar, çalışmada kullanılan HPGe dedektörünün ölçüm sonuçlarının doğruluğunu ortaya koymaktadır.

4. Sonuç

4. Conclusion

Bu çalışmada, Türkiye'deki marketlerde satılan ve tüketiciler tarafından en çok tercih edilen farklı markalara ait 12 adet bebek pudrasında ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K radyoizotop konsantrasyonları yüksek saflıkta germanyum dedektörü (HPGe) kullanılarak belirlenmiştir. Alınan pudra örneklerinde ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K 'ın aktivite konsantrasyonları sırasıyla $2.31\text{-}12.71 \text{ Bq/kg}$, $1.26\text{-}13.68 \text{ Bq/kg}$, $4.69\text{-}38.21 \text{ Bq/kg}$ aralığında değişmekte olup ortalama değerleri $5.11 \pm 0.81 \text{ Bq/kg}$, $4.17 \pm 0.59 \text{ Bq/kg}$ ve $17.30 \pm 1.59 \text{ Bq/kg}$ olarak belirlenmiştir. İncelenen pudra örneklerindeki doğal radyoizotoplardan kaynaklanan radyolojik tehlikeleri değerlendirmek için yıllık etkin doz değerleri (YED) hesaplandı ve saygın uluslararası kuruluşlar tarafından önerilen ortalama değerlerle kıyaslandı. Sonuç olarak, incelenen pudra örneklerinin kullanılmasının radyolojik olarak bir risk oluşturmayacağı belirlendi. Ayrıca, Türkiye'de pudra örneklerinde radyoaktivite seviyelerinin tespiti üzerine herhangi bir çalışma olmadığından bu çalışma özgün olup benzer çalışmalara referans olabilecek niteliktedir. Bunların yanında, hem bebeklerin yiyeceklerinde hem de bebeklerin bakımında kullanılan diğer tüm malzemelerin radyolojik olarak izlenmesi ve gerekli değerlendirmelerin yapılması önerilmektedir.

Yazar katkısı

Author contribution

Yazarlar, literatür taraması, deneysel çalışmaların yürütülmesi, sonuçların yorumlanması, makalenin yazımı ve düzenlenmesine katkı sunduklarını beyan ederler.

Etik beyanı

Declaration of ethical code

Bu makalenin yazarları, bu çalışmada kullanılan materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve / veya yasal-özel izin gerektirmediğini beyan etmektedir.

Çıkar çatışması beyanı*Conflicts of interest*

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Kaynaklar*References*

- Ababneh, A.M. Jaradat, B., Samarah, Q.M. & Ababneh, Z.Q. (2021). Assessment of the radioactivity of gamma emitters in baby formula for different age groups and baby cereal consumed in Jordan. *Radiation Protection Dosimetry*, 193(1), 8-15. <https://doi.org/10.1093/rpd/ncab015>
- Almugren, K. S., Sani, S. F. A., Azim, M. K. M., Ismail, N. N., Khandaker, M. U., Alsufyani, S. J., Alkallas, F. H., Almajid, H. F., Bradley, D. A., & Naseer, K. A. (2023). The presence of NORMs and toxic heavy metals in talcum baby powder. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 16(4), 100660. <https://doi.org/10.1016/j.jrras.2023.100660>
- Apostoaie, A. L., & Kocher, D. C. (2010). Radiation Doses to Skin From Dermal Contamination. *Defense Threat Reduction Agency, DTRA-TR-09*, 1–223.
- Azeem, U., Younis, H., ullah, N., Mehboob, K., Ajaz, M., Ali, M., Hidayat, A., & Muhammad, W. (2024). Radionuclide concentrations in agricultural soil and lifetime cancer risk due to gamma radioactivity in district Swabi, KPK, Pakistan. *Nuclear Engineering and Technology*, 56(1), 207–215. <https://doi.org/10.1016/j.net.2023.09.026>
- Basaran, B., Dizman, S., & Turk, H. (2024). Radionuclides and metal levels of sea, lake, and rock salts and health risk assessment: Türkiye. *Journal of Food Composition and Analysis*, 134, 106514. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2024.106514>
- Bukhari, I. H., Riaz, M., Rasool, N., Sattar, U., & Manzoor, H. S. (2013). Determination of Toxic Heavy Metals in Different Brands of Talcum Powder. *International Journal of Applied and Natural Sciences (IJANS)*, 2(2), 45–52.
- Coulibaly, A., Kpeglo, D. O., & Darko, E. O. (2023). Assessment of Radiological Hazards in Some Foods Products Consumed by the Malian Population Using Gamma Spectrometry. *Journal of Radiation Protection and Research*, 48(2), 84–89. <https://doi.org/10.14407/jrpr.2022.00178>
- Cruz da Silva, R., Lopes, J. M., Barbosa da Silva, L., Domingues, A. M., da Silva Pinheiro, C., Faria da Silva, L., & Xavier da Silva, A. (2020). Radiological evaluation of Ra-226, Ra-228 and K-40 in tea samples: A comparative study of effective dose and cancer risk. *Applied Radiation and Isotopes*, 165, 109326. <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2020.109326>
- Currie, L. A. (1968). Limits for qualitative detection and quantitative determination. Application to radiochemistry. *Analytical Chemistry*, 40(3), 586–593. <https://doi.org/10.1021/ac60259a007>
- Dizman, S., Akdemir, T., Yeşilkanat, C. M., Nevruzoglu, V., Bal, E., & Keser, R. (2024). Investigation and mapping of natural and artificial radioactivity in sediment samples from Borçka Black Lake, Artvin-Turkey. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 104(9), 2165–2179. <https://doi.org/10.1080/03067319.2022.2060084>
- Dizman, S., Hodolli, G., Kadiri, S., Aliu, H., & Makolli, S. (2020). Radioactivity in Kosovo honey samples. *Polish Journal of Environmental Studies*, 29(2), 1119–1127. <https://doi.org/10.15244/pjoes/105968>
- Gözen, D., Çağlar, S., & Doğan, Z. (2011). 0-24 Ay arası bebeği olan annelerin pişiği önleme ve bakımına yönelik uygulamaları. *Florence Nightingale Journal of Nursing*, 19(1), 17–22.
- Grigorescu, E. L., Sahagia, M., Razdolescu, A. C., Luca, A., & Ivan, C. (2002). Standardization of Eu-152. *Applied Radiation and Isotopes*, 56, 435–439.
- Güler, S., Avcı, S., Yiğit, F., & Ortabağ, T. (2016). 0-12 Aylık Bebeği Olan Annelerin Bebek Bakımında Başvurdukları Geleneksel Uygulamalar ve Tutumlarının Belirlenmesi. *KASHED*, 4(1), 35–50.
- IAEA. (2010). Handbook of Parameter Values for the Prediction of Radionuclide Transfer in Temperate Environments. *International Atomic Energy Agency, Vienna, Technical Report Series No. 472*.

- ICRP. (2007). Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. *International Commission on Radiological Protection, Ann. ICRP*(2-4).
- Khandaker, M. U., Nasir, N. L. M., Zakirin, N. S., Kassim, H. A., Asaduzzaman, K., Bradley, D. A., Zulkifli, M. Y., & Hayyan, A. (2017). Radiation dose to the Malaysian populace via the consumption of bottled mineral water. *Radiation Physics and Chemistry, 140*, 173–179. <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2017.01.018>
- Moon, M. C., Park, J. D., Choi, B. S., Park, S. Y., Kim, D. W., Chung, Y. H., Hisanaga, N., & Yu, I. J. (2011). Risk assessment of baby powder exposure through inhalation. *Toxicological Research, 27*(3), 137–141. <https://doi.org/10.5487/TR.2011.27.3.137>
- Nnorom, I. C. (2011). Trace metals in cosmetic facial talcum powders marketed in Nigeria. *Toxicological and Environmental Chemistry, 93*(6), 1135–1148. <https://doi.org/10.1080/02772248.2011.577075>
- Okedeyi, S.A., Ikuemonisan, F.E., Olajuwon, O.O., Atilade, A.O., Mustapha, A.O. Coker, J.O., Kayode, Y.O. Ajose, A.S., Kasika, F.A. & Odubote, B.O. (2024). Assessment of natural radioactivity levels of 40K, 226Ra and 232Th in some selected baby food in southwestern Nigeria. *Caliphate Journal of Science & Technology, 2*, 175-183. <https://dx.doi.org/10.4314/cajost.v6i2.6>
- Ong, J.X., Gan, P., Lee, K.K.M., Wu, Y. & Chan, J.S.H. (2024). An assessment of natural and artificial radionuclide content in powdered milk consumed by infants and toddlers in Singapore. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 333*, 951–959. <https://doi.org/10.1007/s10967-023-09331-3>
- Özden, S., Pehlivanoglu, S. A., & Günay, O. (2023). Evaluation of natural radioactivity in soils of Konya (Turkey) and estimation of radiological health hazards. *Environmental Monitoring and Assessment, 195*(12), 1–13. <https://doi.org/10.1007/s10661-023-12162-0>
- Siraz, M. M. M., Das, S. K., Mondol, M. S., Alam, M. S., Al Mahmud, J., Rashid, M. B., Khandaker, M. U., & Yeasmin, S. (2023). Evaluation of transfer factors of 226Ra, 232Th, and 40K radionuclides from soil to grass and mango in the northern region of Bangladesh. *Environmental Monitoring and Assessment, 195*(5), 579. <https://doi.org/10.1007/s10661-023-11223-8>
- Skoko, B., Košiček, K.M., Ilievski, T., Karanović, G., Grahek, Z., Coha, I., Pavičić-Hamer, D. & Tucaković, I. (2024). Radionuclides determination by alpha (210Po, 228,230,232Th) and gamma (226,228Ra, 137Cs, 40K) spectrometry in children's food in Croatia with assessment of cumulative ingestion dose for infants. *Journal of Food Composition and Analysis, 136*, 106828. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2024.106828>
- UNSCEAR. (2000). Exposures from natural radiation sources. *United Nations Scientific Committee on The Effects of Atomic Radiation Sources, Annex B*, 140.
- URL. (2024). *Information on the IAEA 375 Reference sample*. <https://analytical-reference-materials.iaea.org/iaea-375>
- Wudke, H., Brown, K., Murchland, M., Gillis, M., Gokey, K., Bank, J., Lytle, M., McLeod, C. L., & Krekeler, M. P. S. (2024). Mineralogical and geochemical characterization of Johnson's baby powder from 1985: Evidence of contamination. *Applied Clay Science, 250*, 107252. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2023.107252>
- Zare, M. R., Kamali, M., Omidi, Z., Khorambagheri, M., Mortazavi, M. S., Ebrahimi, M., & Akbarzadeh, G. (2015). Evaluation of natural radioactivity content in high-volume surface water samples along the northern coast of Oman Sea using portable high-resolution gamma-ray spectrometry. *Journal of Environmental Radioactivity, 144*, 134–139. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2015.03.003>