

## پیشنهاد روشی سریع برای مانیتورینگ میزان پرتوگیری شهروندان، اندازه‌گیری رادیم-۲۲۶، توریم-۲۳۲، پتاسیم-۴۰ و سزیم-۱۳۷ در بعضی غذاهای سنتی ایرانی در شهر تهران به روش طیف‌سنجی گاما و تعیین میزان دز دریافتی ناشی از مصرف آنها و مقایسه با استاندارد Ali

الفی، شبنم<sup>۱\*</sup>؛ پرورش، پرویز<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیک، دانشگاه پیام نور شیراز ۲- رئیس دانشکده علوم دانشگاه پیام نور گروه فیزیک، دانشگاه پیام نور مرکز تهران

### چکیده

غلظت رادیونوکلیدهای طبیعی رادیم-۲۲۶، توریم-۲۳۲، پتاسیم-۴۰ و رادیونوکلید مصنوعی سزیم-۱۳۷ در تعدادی از پرمصرفترین غذاهای سنتی مردم ایران در تهران (شامل چلوکباب، دیزی، قورمه سبزی، قیمه و سیرابی) به روش طیف‌سنجی گاما اندازه‌گیری شده است. برای این منظور نمونه‌هایی از پنج نوع، ماده غذایی در چهار منطقه تهران بررسی شدند که هر نمونه به مقدار یک پرس معمولی و شامل مقدار متناسبی از مخلفات (سالاد، نان، دوغ، پیاز، سبزی، ماست، سماخ، کره، ترشی، نمک، و آب) بود. نتایج اندازه‌گیری و محاسبات حاکی از این است که بیشترین غلظت میانگین پتاسیم-۴۰ در دیزی، توریم-۲۳۲ در قورمه سبزی رادیم-۲۲۶ در قیمه و سزیم-۱۳۷ در تمام موارد زیر حد تشخیص آشکارساز اندازه‌گیری شده و اینکه میزان دز دریافتی گروه سنی بالاتر از ۱۷ سال در مورد هر سه رادیونوکلید اندازه‌گیری شده در هر پنج نوع غذا از دو گروه دیگر کمتر است (۱۲ تا ۱۷ سال) و نیز میزان بلع سالانه هر یک از رادیونوکلیدهای اندازه‌گیری شده با میزان استاندارد مجاز بلع سالانه هر فرد مقایسه و برای هر کدام از آنها تقریباً نصف حد مجاز بلع سالانه می‌باشد این روش به‌عنوان روشی سریع و قابل اعتماد در مورد کنترل و بازبینی سطح پرتوژایی محیط‌های پرخطر پیشنهاد می‌شود.

### مقدمه

پرتوگیری انسان از دو طریق پرتوگیری داخلی (واپاشی رادیونوکلیدهایی، که از طریق استنشاق و بلع وارد بدن می‌شوند) و خارجی (منابع پرتوژای خارجی) صورت می‌گیرد. پرتوهای طبیعی بیشترین سهم را در دریافت دز موثر موجودات زنده دارند. از این رو برآورد دز ناشی از آنها از اهمیت خاصی برخوردار است و یکی از راههای پرتوگیری از پرتوهای طبیعی، مصرف روزمره مواد غذایی است که دارای رادیونوکلیدهای طبیعی منفرد پتاسیم-۴۰ و دو زنجیره طبیعی اورانیم و توریم است. از این رو جهت تعیین میزان پرتوژایی غذاهای سنتی ایرانی در این مقاله، روش اندازه‌گیری و بررسی نتایج حاصل از غلظت رادیم-۲۲۶، توریم-۲۳۲، پتاسیم-۴۰ و سزیم-۱۳۷ (مصنوعی) در پرمصرفترین غذاهای سنتی ایرانی در شهر تهران مورد بررسی قرار گرفته است [۱]

کلمات کلیدی: مارینلی چلوکباب، دیزی، قورمه سبزی، قیمه و سیرابی

## روش طیف گیری و آماده سازی نمونه

در مجموع ۲۰ نمونه غذایی در پنج گونه، با مخلفات همراه، از چهار ناحیه شمال، جنوب، شرق و غرب شهر تهیه و برای آماده سازی آسیاب شده و به صورت یک مخلوط کاملاً همگن در آمده و پس از توزین در حجم یک لیتر جهت شمارش و طیف سنجی به ظرف مارینلی منتقل شده است. در روش بکار برده در این پروژه غذای آماده شده مستقیماً بدون هیچگونه عملیات شیمیایی اندازه گیری می شود. زمان شمارش برای هر اندازه گیری ۴۰۰۰۰ ثانیه و در مود هر نمونه چهار بار اندازه گیری تکرار و پس از شمارش هر نمونه، یک طیف زمینه و قبل از هر شمارش کالیبراسیون انرژی دستگاه طیف سنجی کنترل گردیده است. اندازه گیری غلظت رادیونوکلیدها، در ژئومتری مارینلی، به وسیله دستگاه طیف سنجی گاما با آشکارساز ژرمانیم فوق خالص و نرم افزار (EMCAPLUS) در آزمایشگاه ملی دانشگاه پیام نور در تهران انجام شده است. کارایی نسبی آشکارساز که در حفاظی مناسب به پردازنده تپ و تحلیلگر بس کانال (MCA) و رایانه متصل می باشد ۳۰ درصد است. کالیبراسیون انرژی و کارایی با استفاده از چشمه مارینلی مخلوط مایع تهیه شده در سازمان انرژی اتمی انجام شده و برای اطمینان از درستی نتایج اندازه گیری ها، چندین نمونه مشترک توسط دستگاه مستقر در آزمایشگاه ملی دانشگاه پیام نور و آزمایشگاه محیطی امور حفاظت در برابر اشعه سازمان انرژی اتمی ایران به عنوان آزمایشگاه مرجع، اندازه گیری شد. در این نمونه ها غلظت عناصر  $^{40}\text{K}$ ،  $^{137}\text{Cs}$ ،  $^{226}\text{Ra}$  و  $^{232}\text{Th}$  اندازه گیری گردیده است. نتایج در دو آزمایشگاه بایکدیگر مطابقت داشته و اعداد به دست آمده مشابه و تفاوت آنها کمتر از خطای آزمایشها است.

### روش محاسبات

**الف- محاسبه حداقل سطح پرتوزایی قابل اندازه گیری (MDA)<sup>۱</sup>** برای دستگاه طیف سنجی گاما با سطح اطمینان ۹۵ درصد برای رادیونوکلیدهای نامبرده، در ژئومتری مارینلی با زمان شمارش نمونه‌ها هر یک چهل هزار ثانیه با

$$MDA = 4.66 S_b / (\epsilon P_\gamma W) \quad (1) \quad \text{استفاده از فرمول (۱) انجام شده است:}$$

که در آن  $S_b$  انحراف معیار آهنگ شمارش زمینه،  $\epsilon$  راندمان شمارش،  $P_\gamma$  احتمال ساطع شدن برای انرژی گامای مورد نظر و  $W$  وزن نمونه است. جدول (۱) مقادیر حداقل سطح پرتوزایی قابل اندازه گیری (میلی بکرل در نمونه) را در بر دارد. [۳] و [۴]

جدول ۱- حداقل سطح پرتوزایی قابل اندازه گیری

MDA (mBq/kg)	انرژی گاما keV	رادیونوکلید
0.7	609	Ra-226
0.8	911	Th-232
1.3	661.66	Cs-137
34.5	1461	K-40

**ب -** پرتوزایی رادیونوکلید پتاسیم-۴۰ با فوتوپیک  $^{40}\text{K}$ ، سزیم با  $^{137}\text{Cs}$ ، رادیم و توریم با  $^{226}\text{Ra}$  استفاده از دختران آنها بیسموت-۲۱۴ و اکتینیم-۲۲۸ به ترتیب با فوتوپیکهای  $^{40}\text{K}$  و  $^{226}\text{Ra}$  پس از

برقراری حالت تعادلی که (حداقل ۲۱ روز) بین آنها و دخترانشان برقرار شده، صورت گرفته است با توجه به اینکه برای هر نمونه طیف گیری دو بار پس از آماده سازی نمونه و دو بار نیز پس از برقراری حالت تعادلی به

عمل آمده است. پرتوزایی برای رادیونوکلیدها در نمونه‌ها با ژئومتری مارینلی و با زمان شمارش ۴۰۰۰۰ ثانیه از فرمول (۲) انجام شده است. [۲] 
$$A = \frac{N_{Ch} - N_{Bg}}{t \epsilon P_{\gamma} W} \quad (2)$$
 که  $N_{Bg}$  و  $N_{Ch}$  به ترتیب سطح زیر فوتوقله انرژی مورد نظر در طیف زمینه و نمونه و  $\epsilon$  از نمودار کارایی بر حسب انرژی در طیف نمونه چشمه استاندارد مارینلی برای هر فوتوقله به دست آمده است

ج- در روش‌های معمولی اندازه‌گیری پرتوزایی مواد غذایی از مواد اولیه مورد استفاده در تهیه غذاها استفاده می‌شود، که برای محاسبه دز دریافتی به اطلاعات آماری متعددی از جمله میزان مصرف، زمان انتقال محصول از خرم تا استفاده و غیره نیاز است، که به دست آوردن آنها مستلزم صرف وقت و هزینه زیاد است، میزان پرتوگیری را می‌توان با استفاده از ضرایب تبدیل برای یک وعده غذایی محاسبه کرد. در این پروژه برای تعیین میزان پرتوگیری حاصل از مصرف مواد غذایی آزمایش شده از کتاب BRSS که استانداردهای پایه حفاظت در برابر اشعه را ارائه نموده استفاده شده است، در این کتاب میزان دز دریافتی به ازای هر واحد پرتوزایی مصرف شده یعنی هر بکرل برای هر رادیونوکلید، محاسبه شده است در این پروژه ضرایب مرتبط با سه گروه سنی مختلف به ترتیب ۱۲-۷، ۱۷-۱۲ ساله و ۱۷ به بالا در نظر گرفته شده است. (میزان دز بر حسب سیورت CV)، بدین ترتیب بر مبنای میانگین پرتوزایی هر عنصر در هر ماده غذایی میزان دز دریافتی برای سه گروه سنی بالا محاسبه شده است

د- برای مقایسه مقادیر اندازه‌گیری شده با استاندارد‌ها، میزان بلع هر یک از رادیویزوتوپ‌های اندازه‌گیری شده، با میزان مجاز بلع سالانه هر فرد مقایسه شده است، بدین ترتیب که میانگین هر سه ایزوتوپ در پنج نوع ماده غذایی محاسبه شده و سپس با فرض هدف روزانه آن، مقدار بلع در سال محاسبه شده است. اعداد مقادیر مجاز بلع بیان شده در استانداردهای آژانس بین‌المللی انرژی اتمی، معیار قرار داده شده و با فرض استفاده روزانه یک وعده از میانگین پنج نوع غذای آزمایش شده در طی سال میزان بلع هر کدام از رادیویزوتوپ‌های  $^{232}\text{Th}$ ،  $^{226}\text{Ra}$ ،  $^{40}\text{K}$  محاسبه شده است.

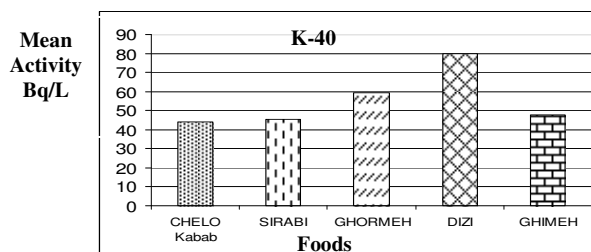
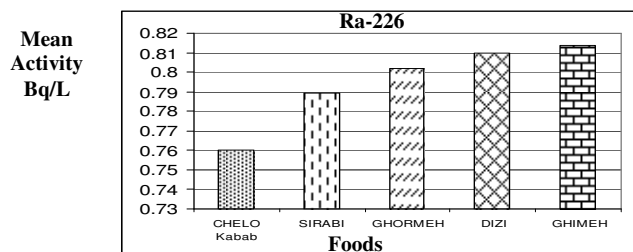
### نتایج و بحث و نتیجه‌گیری

الف- پرتوزایی نمونه‌های غذایی: چون پرتوزایی مواد غذایی می‌تواند وابسته به مکان نمونه برداری و همچنین نوع ماده غذایی باشد، لذا دو دسته تحلیل آماری بر روی نتایج انجام شد تا به دو سوال زیر پاسخ داده شود:

الف: پرتوزایی نمونه‌های غذای تهران در نقاط مختلف شهر دارای تفاوت معنی‌دار هستند یا خیر؟

ب: آیا پرتوزایی مواد غذایی مختلف با یکدیگر تفاوت دارد؟ برای بررسی آماری نتایج و تعیین تفاوت بین آنها نسبت به مکانهای نمونه برداری با توجه به اینکه توزیع آماری آنها نامعلوم بود از آزمون ناپارامتری فریدمن استفاده شد. این آزمون برای بررسی اختلاف بین میزان عناصر اندازه‌گیری شده در غذاهای مختلف (بلوک‌ها) بر حسب مکانهای نمونه برداری (تیمار: شمال، جنوب، شرق، غرب) انجام شده است، با توجه به نتایج پرتوزایی عناصر در نمونه‌ها با استفاده از این آزمون به سادگی می‌توان نتیجه گرفت که تیمارها تاثیری در بلوک‌ها

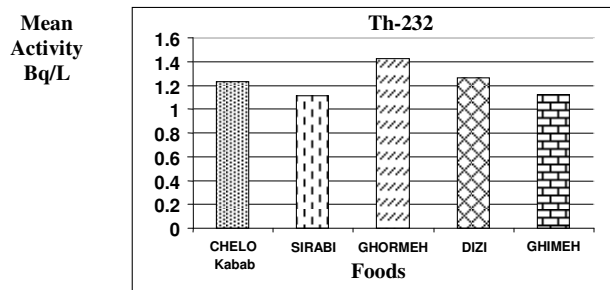
ندارند یعنی تفاوت پرتوزایی مواد غذایی بین مناطق مختلف یا حداقل در مناطق نمونه برداری شده تفاوت معنی دار ندارد، که احتمالاً نشان دهنده تأمین مواد غذایی اولیه از یک منبع است. برای تعیین میزان تفاوت پرتوزایی مواد غذایی مربوط به عناصر پرتوزای اندازه گیری شده از آنالیز واریانس استفاده شده است با استفاده از این آزمون و با توجه به نتایج، می توان مشاهده کرد که تفاوت بین پرتوزایی هر یک از عناصر ( $^{226}\text{Ra}$ ،  $^{232}\text{Th}$  و  $^{40}\text{K}$ ) در غذاهای مختلف معنی دار است. که علت آن نوع مواد مصرفی برای تهیه هریک از غذاهای مورد آزمایش می باشد. با توجه به عدم وابستگی میزان پرتوزایی به مناطق نمونه برداری، برای مواد غذایی آزمایشی، میانگین سه رادیو ایزوتوپ  $^{40}\text{K}$ ،  $^{226}\text{Ra}$  و  $^{232}\text{Th}$  برای هر یک از ۵ نمونه برحسب بکرل بر لیتر اندازه گیری شده که بر اساس آن ترتیب بزرگی تغییرات پرتوزایی میانگین پتاسیم-۴۰ (شکل ۱) به صورت زیر است: قورمه سبزی < قیمة < سیرابی < دیزی < چلوکباب



شکل-۲ بررسی تغییرات میانگین پرتوزایی رادیونوکلید رادیم-۲۲۶

شکل-۱ بررسی تغییرات میانگین پرتوزایی رادیونوکلید پتاسیم-۴۰

میانگین غلظت پتاسیم در چلوکباب کمترین و در قورمه سبزی بیشترین مقدار را نشان می دهد. رادیم-۲۲۶: قیمة < دیزی < قورمه < سیرابی < چلوکباب. توریم-۲۳۲: قورمه < دیزی < چلوکباب < قیمة < سیرابی و میزان رادیونوکلید سزیم-۱۳۷ در همه نمونه های غذایی، زیر حد تشخیص (LLD) آشکارساز اندازه گیری شده است.



شکل-۳ بررسی تغییرات میانگین پرتوزایی رادیونوکلید توریم-۲۳۲

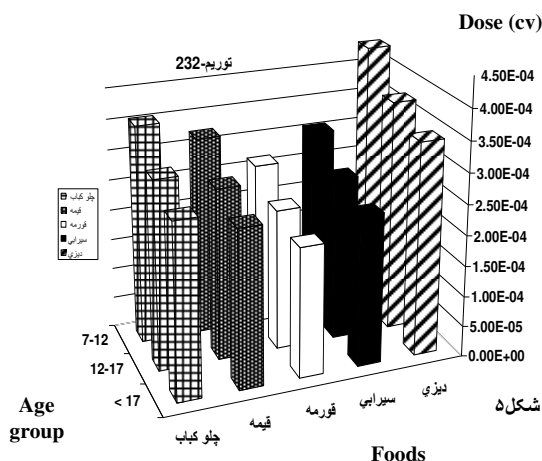
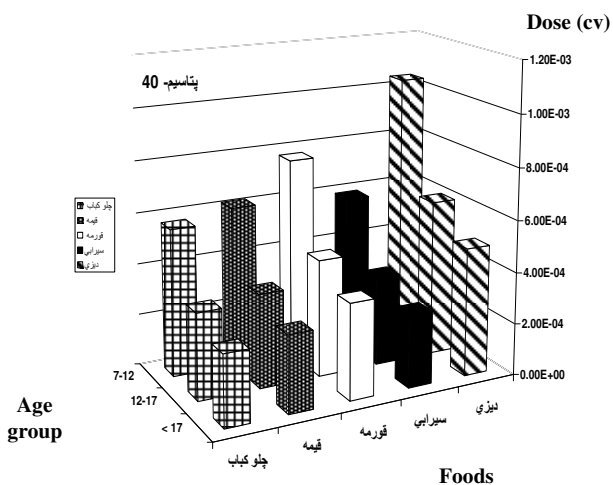
### ب- دز دریافتی ناشی از مصرف مواد غذایی آزمایش شده

میزان دز دریافتی ناشی از مصرف مواد غذایی آزمایش شده در جدول ۲ ارائه شده است. هر عدد درج شده در این جدول نشان دهنده مقدار دز دریافتی (بر حسب سیورت) به ازای مصرف یک بکرل از هر عنصر پرتوزا می باشد. بدین معنی که بر مبنای میانگین پرتوزایی هر عنصر در هر ماده غذایی، میزان دز دریافتی محاسبه شده است به طور کلی میزان پرتوگیری گروه سنی بالاتر از ۱۷ سال برای هر سه رادیو ایزوتوپ اندازه گیری شده و هر پنج نوع غذای آزمایش شده کمتر می باشد. میزان پرتوگیری گروه سنی ۱۷-۱۲ سال برای ایزوتوپ رادیم-۲۲۶ برای تمام مواد

جدول ۲- میزان دز دریافتی سه گروه سنی، برای هر غذا برای سه رادیونوکلید مورد سنجش

Food	Radionuclide	AGE GROUPE (years)	AGE GROUPE (years)	AGE GROUPE (years)
		7-12 (CV)	12-17 (CV)	<17 (CV)
CHELO Kabab	K-40	5.72E-04	3.35E-04	2.73E-04
	Ra-226	7.28E-04	1.46E-03	2.37E-04
	Th-232	3.57E-04	3.08E-04	2.83E-04
GHIMEH	K-40	6.19E-04	3.62E-04	2.95E-04
	Ra-226	6.51E-04	1.30E-03	2.12E-04
	Th-232	3.24E-04	2.79E-04	2.57E-04
GHORME	K-40	7.74E-04	4.52E-04	3.69E-04
	Ra-226	6.42E-04	1.28E-03	2.09E-04
	Th-232	2.67E-04	2.30E-04	2.12E-04
DIZI	K-40	1.04E-03	6.08E-04	4.96E-04
	Ra-226	6.77E-04	1.35E-03	2.20E-04
	Th-232	4.38E-04	3.78E-04	3.47E-04
SIRABI	K-40	5.90E-04	3.45E-04	2.81E-04
	Ra-226	6.31E-04	1.26E-03	2.05E-04
	Th-232	3.09E-04	2.66E-04	2.45E-04

غذایی آزمایش شده بیشتر از دیگران است. حال آنکه گروه سنی ۷-۱۲ سال بیشترین مقدار پرتو را از پتاسیم-۴۰ دریافت می‌کنند. میزان پرتوگیری هر سه گروه سنی در توریم-۲۳۲ تقریباً برابر است. شکل‌های (۳ تا ۶) نشان دهنده این مقایسه برای میزان دز دریافتی هر سه گروه سنی در مورد هر پنج نوع غذا است.

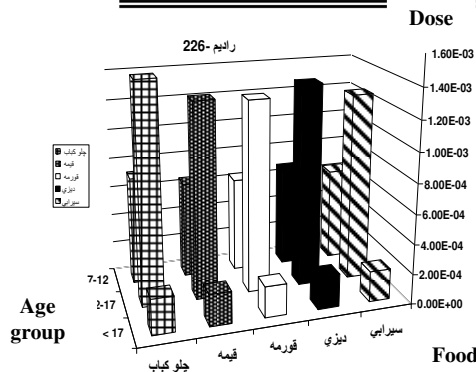


شکل ۴- میزان دز دریافتی از رادیونوکلید، پتاسیم-۴۰ ناشی از مصرف هر غذا برحسب CV

شکل ۵- میزان دز دریافتی از رادیونوکلید، توریم-۲۳۲ ناشی از مصرف هر غذا برحسب CV

### ج-مقایسه پرتوزایی غذاها با سطح استاندارد ALI

با فرض استفاده روزانه یک وعده از میانگین پنج نوع غذای آزمایش شده در طی یک سال میزان بلع هر کدام از رادیو ایزوتوپ های  $^{232}\text{Th}$ ،  $^{226}\text{Ra}$ ،  $^{40}\text{K}$  تقریباً "نصف حد مجاز بلع می باشد. این مقایسه در جدول ۳



ارائه شده است. در مجموع با در نظر گرفتن شرایط سنی، میزان دز دریافتی توسط شهروندان تهرانی از غذاهای ذکر شده کمتر از حد مجاز است. با توجه به سهولت تهیه مواد غذایی و اندازه‌گیری پرتوزایی آن در صورتی که مواد اولیه مواد غذایی بومی باشد، این روش می‌تواند به عنوان روشی سریع و قابل اعتماد برای کنترل پرتوزایی

شکل ۶- میزان دز دریافتی از رادیونکلید رادیم-۲۲۶ ناشی از مصرف هر غذا بر حسب CV

محیطی مناطق پر خطر مورد استفاده قرار گیرد

جدول ۳- مقادیر مجاز بلع سالانه (Ali) استانداردهای بین‌المللی انرژی اتمی

	میانگین دز دریافتی از هر پرس غذا	میانگین دز دریافتی از همه غذاها در هر سال	حد دز مجاز دریافتی در سال
K-40	5.53E+01	2.02E+04	1.11E+07
Ra-226	8.32E-01	3.04E+02	7.40E+04
Th-232	1.17E+00	4.27E+02	2.59E+04

## مراجع

- [۱] UNSCEAR (United nation scientific committee on the effects of atomic radiation) United Nations, New York.
- [۲] International Atomic Energy Agency, "Measurement of Radio nuclides in Food and Environment, 1989.
- [۳] Firni Banzi.p, Kifanga. L.D and Felician .M . Bundal ; natural radioactivity and radiation exposure at the minijingu, Phosphate mine in Tazania, J. Radiol . port . 20 (2000) 41-51
- [۴] S . Möbius Schule für Kernethnik, IAEA Interregional training course 17<sup>th</sup> October-11<sup>th</sup> November 1988, Determination radio nuclides in food and environmental samples. Gamma spectroscopy.
- [۵] H. Glantz, IAEA advanced regional training course 3<sup>rd</sup> - 28<sup>th</sup> June 1991, Determination radio nuclides in food and environmental samples, Gamma spectroscopy.

[۶] امور حفاظت در برابر اشعه نظام ایمنی هسته ای کشور، «استانداردهای پایه حفاظت در برابر اشعه کشور»