

سنجش موجودی رادیونوکلیدهای طبیعی و مصنوعی در زیتون محصول استان گیلان

سمانه گلمکانی^{۱*}، مسعود وهابی مقدم^۱، طاهره حسینی^۲

۱. دانشکده علوم، دانشگاه گیلان ۲. امور حفاظت در برابر اشعه کشور

چکیده:

یکی از مسیرهای مهم انتقال رادیونوکلیدها به انسان، خاک-گیاه-انسان می باشد. غذای بشر به طور مستقیم یا غیر مستقیم از گیاهان نشات می گیرد، بنابراین مطالعه دقیق روی گیاهان آلوده بخش مهمی از تحقیقات بین المللی محیطی محسوب می شود. در این مقاله به معرفی و توصیف مهمترین پارامترها و فرایندهای موثر در انتقال رادیونوکلیدها به گیاهان پرداخته می شود و به تخمین موجودی هسته های پرتوزای طبیعی نخستین، پتاسیم-۴۰ (^{40}K)، رادیم-۲۲۶ (^{226}Ra)، توریم-۲۳۲ (^{232}Th) و ویژه هسته پرتوزای مصنوعی سزیم-۱۳۷ (^{137}Cs)، از محصولات شکافت هسته ای، در نمونه های زیتون تولیدی در شمال ایران و در بخش جنوب غربی دریای خزر با استفاده از گاما اسپکترومتری به کمک آشکارساز $HPGe$ می پردازد.

میزان پرتوزایی ^{137}Cs در نمونه ها کمتر از حد آشکارسازی (MDA) سیستم ($0.02 Bqkg^{-1}$) برآورد شده است. گستره تغییرات ^{40}K در نمونه ها بین 4.85 ± 0.5 و $381 \pm 10.8 Bqkg^{-1}$ با مقدار متوسط $Bqkg^{-1}$ 58.73 ± 1.07 قرار دارد. در مورد ^{226}Ra ، این گستره از کمتر از MDA سیستم تا $0.07 \pm 0.03 Bqkg^{-1}$ با مقدار متوسط $0.05 \pm 0.01 Bqkg^{-1}$ تخمین زده می شود. غلظت ^{232}Th در همه نمونه ها، به جز یکی از آن ها با مقدار $0.03 \pm 0.01 Bqkg^{-1}$ ، کمتر از حد آشکارسازی ($0.03 Bqkg^{-1}$) است.

کلیدواژه: زیتون، رادیونوکلیدهای طبیعی، سزیم-۱۳۷، گاما اسپکترومتری، گیلان

مقدمه:

مطالعات اساسی و آگاهی از میزان و چگونگی رفتار رادیونوکلیدها در خاک و گیاهان و پی بردن به عوامل موثر در این نقل و انتقال علاوه بر اینکه جزو داده های پایه ای در هر منطقه محسوب می شود به شناخت و چگونگی کنترل و کاهش و پیشگیری ورود این مواد به چرخه غذایی انسان کمک شایانی می کند، ضمن اینکه این سنجش ها برای اعتباربخشی به فرآیند های مدل سازی پخش رادیونوکلیدها نیز ضرورت اساسی محسوب می شوند [۱].

در این مقاله به بررسی زیتون از دیدگاه میزان موجودی پتاسیم-۴۰، رادیوم-۲۲۶، توریم-۲۳۲، که متعلق به گروه رادیونوکلیدهای آغازین هستند و همراه با شکل‌گیری کره زمین شکل یافته‌اند و نیز رادیونوکلید مصنوعی سزیوم-۱۳۷، که از پاره‌های شکافت هسته‌ای ناشی از آزمایش جنگ افزارهای هسته‌ای در جو و سوانح هسته‌ای می‌باشد، پرداخته می‌شود.

زیتون یکی از مهمترین و سرشارترین منابع غذایی در طول تاریخ می‌باشد و گفته می‌شود نخستین درخت در زمین است. این درخت متعلق به نواحی مدیترانه‌ای است و در قسمتی از حاشیه دریای خزر در شمال ایران نیز فراوان یافت می‌شود. انجام این پروژه از جهت تعیین میزان پرتوگیری افراد جامعه از مواد غذایی و تکمیل شناسنامه داده‌ها و اطلاعات مواد غذایی کشور مهم می‌باشد.

انجام این بررسی‌ها با روش‌های رادیوشیمیایی بسیار وقت‌گیر و هزینه‌بر می‌باشد. اما با استفاده از روش‌های اسپکترومتری به کمک آشکارسازهای ژرمانیوم فوق‌خالص نیز می‌توان موجودی رادیونوکلیدهای مطرح شده را تعیین کرد، روشی که در این پروژه نیز به کار گرفته شده است.

روش کار:

نمونه‌های زیتون مورد سنجش در آبان، دی و اسفند ماه سال ۱۳۸۵ از بخش‌های مختلف استان گیلان تهیه شدند. از آنجایی که هدف این پروژه بررسی رادیونوکلیدهای موجود در زیتون مصرفی مردم می‌باشد، رقم‌های متداول و پر مصرف، شناسایی و انتخاب شدند. برخی از نمونه‌ها از بازارهای معمول و بخشی با همکاری موسسه تحقیقات زیتون و سازمان کشاورزی رودبار فراهم گردیدند. همچنین دو نمونه زیتون خارجی محصول کشورهای یونان و مصر، توزیع شده در بازار ایران، به عنوان نماینده از دو قاره اروپا و آفریقا نیز مورد بررسی واقع شدند.

از آنجایی که میزان عناصر پرتوزا در مواد غذایی اندک می‌باشد، یکی از نکات حائز اهمیت، هر چه فشرده و چگال تر شدن مواد غذایی در ظرف استاندارد است که برای آشکار سازی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این جا نمونه‌ها پس از جداسازی هسته و خرد شدن، در داخل کوره قرار گرفتند و دمای کوره به آرامی در طی ۵۰ الی ۶۰ ساعت بالا برده شد تا به دمای ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد رسانده شد و در این دما به مدت ۶ تا ۷ ساعت باقی ماند. پس از خروج نمونه‌ها از کوره برای همگن و یکنواخت شدن، دوباره آسیاب شدند. کاهش جرم و حجم در این روش قابل ملاحظه بود به طوری که از هر یک کیلوگرم زیتون حدود ۱۰۰ گرم زیتون سوخته باقی می‌ماند و تقریباً ۴ کیلوگرم زیتون بدون هسته پس از سوختن در یک مارینلی یک لیتری جای می‌گرفت. نمونه‌ها پس از قرار گرفتن در مارینلی و محکم شدن درب آن با چسب برای عدم ارتباط با محیط بیرون به مدت ۳ هفته تا یک ماه باقی ماندند تا تعادل لازم بین رادیوم و دخترانش

حاصل گردد [۲]. تعیین اکتیویته ^{137}Cs و ^{40}K ^{226}Ra , ^{232}Th در نمونه های زیتون از طریق گاما اسپکترومتری به کمک آشکارساز ژرمانیوم فوق خالص (HPGe) صورت پذیرفت. این آشکارساز، از نوع هم محور نوع p ساخت شرکت CANBERRA، با قدرت تفکیک انرژی 1.93 keV در فتوپیک 1332 keV و 0.93 keV در فتوپیک 122 keV، و با نسبت قله به کامپتون ۶۰ به ۱ بوده و از بازده نسبی ۴۰٪ برخوردار بود. برای هر نمونه به مدت ۲۵۰۰۰۰ ثانیه شمارش صورت پذیرفت. طیف زمینه نیز با همین بازه زمانی شمارش شد و از طیف نمونه ها کاسته گردید. برای کالیبراسیون بازده و انرژی از چشمه استاندارد CERCAHM 395 ساخت کشور فرانسه با ژئومتری مشابه نمونه ها واقع در مارینلی ۱ لیتری استفاده شد. میزان اکتیویته ^{226}Ra و ^{232}Th به طور غیر مستقیم از طریق گامای ساطع شده دخترانشان به ترتیب ^{214}Bi (609 keV) و ^{208}Tl (583 keV) معین شد. برای سنجش اکتیویته ^{40}K از پیک گامای 1460 keV و برای ^{137}Cs نیز از پیک 661 keV استفاده گردید.

نتایج:

نتایج به دست آمده برای نمونه ها در جدول (۱) آورده شده است. میزان غلظت اکتیویته برای توریم-۲۳۲ در گستره کمتر از ۰/۰۳ تا ۰/۰۳ بکرل بر کیلوگرم و برای رادیم-۲۲۶ تغییرات از کمتر ۰/۰۲ تا ۰/۰۷ بکرل بر کیلوگرم و در مورد پتاسیم-۴۰ بازه تغییرات بین ۴/۸۵ تا ۳۸۱ بکرل بر کیلوگرم تخمین زده شد. تمام تخمین ها بر حسب وزن تازه نمونه های زیتون صورت پذیرفت. میزان اکتیویته سزیم-۱۳۷ نیز در همه نمونه ها کمتر از کمترین سطح آشکارسازی سیستم برآورد شد. کمترین سطح پرتوایی قابل اندازه گیری سیستم که به LLD (Lower Limit of Detection) معروف است، به کمک رابطه (۱) با ۹۵ درصد اطمینان بر حسب بکرل به دست می آید [۳]:

$$LLD = \frac{4.66S_b}{\epsilon P_\gamma} \quad (1)$$

$$S_b = \left(\frac{R_0}{t_0}\right)^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

که در این روابط، S_b خطای استاندارد میزان شمارش زمینه در واحد زمان، \mathcal{E} بازده شمارش مربوط به انرژی رادیونوکلید مورد نظر، p_γ درصد فراوانی انرژی گاما، R_0 میزان شمارش زمینه در ثانیه، و T_0 زمان شمارش زمینه برحسب ثانیه می باشند. با در نظر گرفتن شمارش زمینه سیستم، میزان LLD برای رادیونوکلیدهای مورد نظر ^{137}Cs , ^{40}K , ^{232}Th , ^{226}Ra به ترتیب 0.063 ، 0.097 ، 0.692 ، و 0.44 برحسب بکرل حاصل گردید. با تقسیم LLD بر وزن نمونه ها میزان حد اقل اکتیویته قابل آشکارسازی (Minimum MDA (Detectable Activity) به دست می آید. این کمیت بر حسب وزن تازه نمونه ها مقادیر 0.23 ، 0.30 ، 0.251 و 0.15 را برای رادیونوکلیدهای ^{137}Cs , ^{40}K , ^{232}Th , ^{226}Ra به خود اختصاص داد.

جدول ۱: میزان رادیواکتیویته در نمونه های زیتون برحسب بکرل بر کیلوگرم وزن تازه نمونه

Sample Code	^{232}Th	^{226}Ra	^{137}Cs	^{40}K
O ₁	<MDA	<MDA	<MDA	50.40 ± 0.13
O ₂	<MDA	0.02 ± 0.01	<MDA	17.30 ± 0.52
O ₃	<MDA	<MDA	<MDA	46.40 ± 1.67
O ₄	<MDA	<MDA	<MDA	9.42 ± 0.30
O ₅	<MDA	<MDA	<MDA	9.76 ± 0.31
O ₆	<MDA	<MDA	<MDA	4.85 ± 0.53
O ₇ (Greece)	<MDA	<MDA	<MDA	21.40 ± 0.63
O ₈ (Egypt)	<MDA	<MDA	<MDA	11.20 ± 0.35
O ₉	<MDA	0.06 ± 0.02	<MDA	53.70 ± 1.55
O ₁₀	<MDA	<MDA	<MDA	41.20 ± 1.52
O ₁₁	<MDA	<MDA	<MDA	65.60 ± 1.89
O ₁₂	0.03	0.03 ± 0.01	<MDA	51.20 ± 1.48
O ₁₃	<MDA	0.07 ± 0.03	<MDA	381 ± 10.80

بحث و نتیجه گیری:

از میان رادیونوکلیدهای مورد بررسی ^{40}K بیشترین غلظت اکتیویته را در بین نمونه های زیتون مورد بررسی دارا بود. نمونه O₁₃ بیشترین موجودی ^{40}K را با اختلاف زیادی نسبت به سایرین داشت. فرایندهای صنعتی مانند کنسرو کردن، خشک کردن و غیره روی میزان رادیواکتیویته مواد غذایی تاثیر گذار می باشد [۴]. O₁₃، یک نمونه زیتون سیاه بود که بر خلاف دیگر نمونه ها در محلول آب نمک برای کنسرو شدن قرار نگرفته بود بلکه به روش سنتی با نمک خشک شده بود. از آنجایی که پتاسیم در آب محلول می باشد منطقی به نظر می رسد که فرایند کنسرو سازی باعث حذف این رادیونوکلید در سایر نمونه ها شده است.

^{226}Ra ، در چهار نمونه با میزان اندک مشاهده شد، که باز هم O_{13} بیشترین مقدار را با اختلاف اندک دارا بود. هم گروه بودن رادیوم و کلسیم در جدول تناوبی و به دنبال آن مشابهت رفتاری این دو عنصر سبب می شود کمبود یکی از آنها در خاک باعث جذب دیگری در پی نیاز گیاه به این عناصر گردد [۵]. یکی از احتمالات این است که در خاک این چهار نمونه، کلسیم که یک عنصر اساسی برای درخت زیتون می باشد، به میزان کمتری نسبت به نمونه های دیگر موجود بوده است.

^{232}Th ، به جز در نمونه O_{12} آن هم به میزان اندک، در هیچ نمونه دیگری مشاهده نشد. این نتیجه را می توان به تحرک بسیار کم این عنصر در خاک و آوندهای گیاه و انحلال ناپذیری در آب نسبت داد [۱].

^{137}Cs ، در همه نمونه ها کمتر از حد آشکارسازی سیستم تخمین زده شد. از آنجایی که سزیم از طریق نهشت جوی تنها در لایه های فوقانی خاک تمرکز می یابد و آهنگ نفوذ آن به علت باند شدگی به مواد معدنی در خاک نیز اندک می باشد [۶]، و با توجه به اینکه عمده مسیر انتقال این عنصر به گیاه از طریق نهشت مستقیم روی برگ ها صورت می پذیرد [۴] و در حال حاضر به علت کاهش چشمگیر نهشت ناشی از آزمایش جنگ افزارهای هسته ای در جو، و نیز در نظر داشتن فرآیند فرآوری زیتون، این مسیر برای نمونه های سنجش شده قابل ملاحظه نبوده است.

سپاسگزاری:

از تمامی کارمندان بخش بررسی محیط در امور حفاظت در برابر اشعه سازمان انرژی اتمی ایران به خصوص سرکارخانم ها حافظی و کریمی به خاطر همکاری هایشان در انجام این پروژه صمیمانه سپاسگزاری می شود. همچنین از مرکز تحقیقات زیتون رودبار و سازمان کشاورزی آن منطقه که در تهیه و شناسایی نمونه ها ما را یاری رساندند کمال امتنان را داریم.

مراجع:

1. Eisenbud, M. & Gesell, T., Environmental Radioactivity (4th ed.). Academic Press, San Diego, 1997.
2. Banzi, F.P., Kifanga, L.D. & Bundala M., Natural Radioactivity and Radiation Exposure at Minjingu Phosphate Mine in Tanzania. J. Radiat. Prot., 20: 41-51, 2000.
3. IAEA, International Atomic Energy Agency. Measurement of Radionuclides in Food and the Environment. Technical Report Series No.295, Vienna, 1989.
4. Carini, F., Radionuclides in Plants Bearing Fruits. J. Environ. Radio., 46, 77-97, 1998.
5. Wild, A., Soils and the Environment. Cambridge University Press, Cambridge, 1993.
6. Cooper, J.R. & Randle, K., Radioactive Releases. John Wiley, London, 2003.