

ارزیابی میزان پرتوزایی آلفا و بتای کل در آب‌های بسته‌بندی شده با استفاده از شمارنده

سنتیلاسیون مایع

INC29-1164

حسن رنجبر\*، رضا داورخواه

پژوهشکده چرخه سوخت هسته‌ای، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، صندوق پستی ۸۴۸۶-۱۱۳۶۵، تهران - ایران

چکیده:

بررسی کیفیت آب‌های بسته‌بندی شده از نظر پرتوزایی با توجه به توصیه‌های سازمان بهداشت جهانی و گرایش روزافزون مردم به مصرف آب‌های بسته‌بندی شده از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. هدف از این تحقیق اندازه‌گیری میزان پرتوزایی آلفا و بتای کل تعدادی از آب‌های بطری شده با نام‌های تجاری مختلف و مقایسه آن‌ها با حد مجاز و استانداردهای بین‌المللی است. ده نمونه آب بسته‌بندی شده با نام‌های تجاری مختلف توسط دستگاه شمارنده سنتیلاسیون مایع مدل Quantulus ۱۲۲۰ مورد آنالیز و شمارش قرار گرفت. نتایج، پرتوزایی ۲۹-۴۴ mBq/l را برای آلفای کل و ۶۱-۸۸ mBq/l را برای بتای کل نشان می‌داد. با توجه به دستورالعمل استاندارد ملی ایران برای کنترل خطرات رادیولوژیکی در آب غلظت آلفای کل از بالاترین حد پیشنهاد شده یعنی ۵/۰ Bq/l کمتر و همچنین غلظت بتای کل کمتر از مقدار پیشنهادی ۱ Bq/l برای بتا هستند.

کلیدواژه‌ها: پرتوزایی، آلفا و بتای کل، شمارنده سنتیلاسیون مایع، آب بسته‌بندی شده

## Evaluation of gross alpha and beta radioactivity in bottled water using liquid scintillation counter

Hassan Ranjbar\*, Reza Davarkhah

Nuclear Fuel Cycle Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute, P.O.BOX: 11365-8486, Tehran, Iran

### Abstract:

Considering the recommendations of the World Health Organization and the increasing trend of people to consume bottled water, assessment of the quality of bottled water in terms of radioactivity is of particular importance. The purpose of this research is to measure the amount of gross alpha and beta radioactivity of a number of bottled waters with different brand and compare them with the permissible limit and international standards. Ten bottled water samples with different brand were analyzed and counted by Quantulus 1220 model liquid scintillation counter. The results showed radiation of 29-44 mBq/l for gross alpha and 48-61 mBq/l for gross beta, which are below the permissible limits by comparing the standard limits. According to Iran's national standard guidelines for controlling radiological hazards in water, the gross alpha concentration is lower than the highest suggested limit, i.e. 0.5 Bq/l, and the gross beta concentration is lower than the suggested value of 1 Bq/l.

**Keywords:** Radioactivity, Gross alpha and beta, Liquid scintillation counter, Bottled water

## ۱. مقدمه

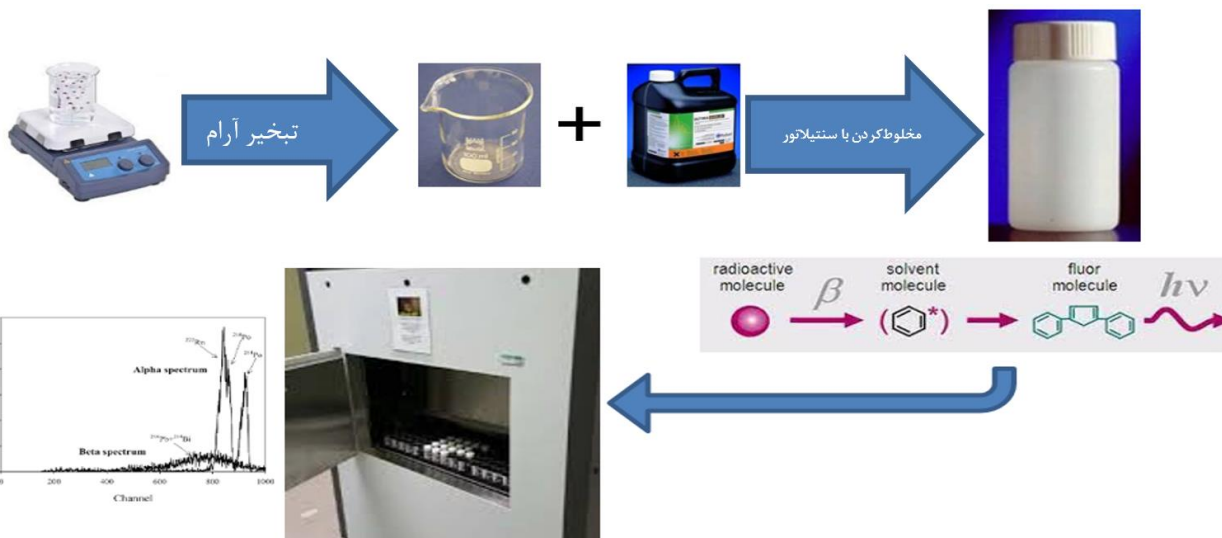
پرتوزایی موجود در محیط زیست، ناشی از چندین رخداد طبیعی و همچنین منابع مصنوعی است. بنابراین منابع آبی هم می‌توانند حاوی هسته‌های پرتوزای طبیعی یا مصنوعی باشند [۱]. هسته‌های پرتوزای طبیعی شامل پتاسیم-۴۰ و هسته‌هایی که از زنجیره واپاشی توریم و اورانیوم نشأت می‌گیرند، به‌ویژه رادیم-۲۲۶، رادیم-۲۲۸، اورانیوم-۲۳۴، اورانیوم-۲۳۸ و سرب-۲۱۰ می‌توانند در اثر عوامل طبیعی (جدا شدن از خاک و یا شسته شدن توسط آب باران) در آب یافت شوند و یا می‌توانند حاصل از رهاسازی مواد پرتوزا ناشی از فرآیندهای تکنولوژیکی (مانند معدن و فرآوری شن‌های معدنی و یا تولید و مصرف کودهای فسفاته) باشند که در آن‌ها مواد پرتوزای طبیعی وجود دارد. بنابراین اندازه‌گیری میزان پرتوزایی عناصر رادیواکتیو طبیعی و مصنوعی در محیط پیرامون از جمله آب و بررسی اثرات زیست‌محیطی آن‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است [۲].

از آنجایی که آلودگی آب (رادیواکتیو یا میکروبی) عملاً می‌تواند باعث مشکلات و بیماری شوند [۳] در همین راستا، اکثر کارشناسان بهداشتی، توصیه می‌کنند از آب‌های بسته‌بندی برای آشامیدن استفاده شود لذا در حال حاضر کم نیستند افرادی که آب مصرفیشان را به این نوع آب‌ها محدود کرده‌اند. این مسئله در بسیاری از کشورهای دنیا، حتی در کشورهایی که شبکه آب ایمن و مناسب دارند نیز دیده می‌شود [۴]. لذا تعیین میزان پرتوزایی آلفا و بتای کل آب‌های معدنی مصرفی از نظر پرتوزایی با توجه به توصیه‌های سازمان بهداشت جهانی (WHO) از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است [۵]. در کشور ایران نیز به‌منظور بررسی پرتوزایی در آب‌های آشامیدنی توسط نظام ایمنی هسته‌ای کشور و محققین دیگر آزمایش‌های جامع و مختلفی انجام شده است [۱۰-۶] ولی اطلاعات در زمینه پرتوزایی آب‌های بطری شده در ایران اندک است. بنابراین در این پژوهش، میزان پرتوزایی آلفا و بتای کل تعدادی از آب‌های بطری شده با نام‌های تجاری مختلف اندازه‌گیری و میزان پرتوزایی آن‌ها با حد مجاز و استانداردهای موجود بین‌المللی مقایسه خواهد شد.

## ۲. روش کار

از آنجایی که چگونگی آماده‌سازی نمونه‌ها برای اندازه‌گیری پرتوزایی آلفا و بتای کل در نمونه‌های آب به روش اندازه‌گیری آن بستگی دارد و با یکدیگر متفاوت است، لازم است که به صورت صحیح و استاندارد نمونه‌سازی انجام شود. در این تحقیق برای تعیین میزان آلفا و بتای کل از روش شمارش سنتیلاسیون مایع توسط دستگاه شمارنده سنتیلاسیون مایع (LSC) مدل ۱۲۲۰ Quantulus استفاده شد. اساس روش سنتیلاسیون مایع بر این مبنا است که مواد شیمیایی آلی خاص (ماده سنتیلاتور یا کوکتل) زمانی که تحت تابش‌های ذرات بتا و آلفا قرار می‌گیرند از خود نور فلورسانت تابش می‌کنند و این نور توسط تیوپ فتومولتی پلایر به الکترون و در نهایت به‌صورت پالس الکتریکی اندازه‌گیری می‌شوند [۱۱].

همان‌طور که در شکل ۱ قابل مشاهده است، برای نمونه‌سازی در این روش شمارش، به‌منظور افزایش حساسیت و کاهش زمان شمارش، حجم مشخصی از نمونه‌های آب اسیدی شده اولیه با pH در حدود ۲ الی ۳ با تبخیر ملایم (بدون جوشیدن) تا مرحله خشک شدن تغلیظ می‌شوند. نمونه آب موجود در بشر خشک‌شده و پس از رسیدن به دمای اتاق، مواد باقیمانده در بشر با ۱۰ میلی‌لیتر آب غیر پرتوزای دوبار تقطیر شده و نیتریک اسید ۰/۱ مولار شسته شده و داخل ویال مخصوص ۲۰ میلی‌لیتری ریخته می‌شود و مقدار ۱۰ میلی‌لیتر از کوکتل سنتیلاتور به آن اضافه می‌گردد. سپس ویال محتوی نمونه تکان داده می‌شود تا نمونه و کوکتل کاملاً مخلوط شوند سپس به مدت ۳ ساعت نگهداری و پس از آن به مدت ۲۴۰ دقیقه در دستگاه مورد شمارش قرار می‌گیرند. برای تعیین میزان تابش زمینه، مقدار ۱۰ میلی‌لیتر از آب نمونه دوبار تقطیر شده که فاقد هرگونه گاز رادون-۲۲۲ است در شرایط مشابه با سایر نمونه‌ها و همراه با نمونه‌های استاندارد رادیوم-۲۲۶ به مدت ۲۴۰ دقیقه در دستگاه LSC مورد شمارش قرار می‌گیرد.



شکل ۱. طرح‌واره‌ای از تمام مراحل ارزیابی و اندازه‌گیری پرتوزایی آب با دستگاه LSC

### ۳. نتایج

کمترین حد آشکارسازی که با نماد MDA نمایش داده می‌شود، عبارت است از حداقل غلظت پرتوزایی قابل آشکارسازی توسط دستگاه که در این تحقیق برای آلفای کل  $0.15 \text{ Bq/l}$  و برای بتای کل  $0.3 \text{ Bq/l}$  به دست آمد. در این مطالعه ۱۰ نوع نمونه آب بسته‌بندی‌شده با نام‌های تجاری مختلف BW-b1 الی BW-b10 (مخفف bottled water brands) جمع‌آوری گردید و طبق روش استاندارد نمونه‌سازی گردید که جدول ۱ میزان پرتوزایی آلفا و بتای کل آن‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۱. میزان پرتوزایی کل آلفا و بتا در نمونه‌های آب بسته‌بندی‌شده

ردیف	نام تجاری آب بطری‌شده	اکتیویته آلفای کل (Bq/l)	اکتیویته بتای کل (Bq/l)
۱	BW-b1	$0.32 \pm 0.06$	$0.61 \pm 0.03$
۲	BW-b2	$0.42 \pm 0.04$	$0.54 \pm 0.05$
۳	BW-b3	$0.38 \pm 0.05$	$0.57 \pm 0.05$
۴	BW-b4	$0.41 \pm 0.04$	$0.6 \pm 0.03$
۵	BW-b5	$0.37 \pm 0.05$	$0.49 \pm 0.06$
۶	BW-b6	$0.36 \pm 0.05$	$0.51 \pm 0.06$
۷	BW-b7	$0.44 \pm 0.04$	$0.54 \pm 0.05$
۸	BW-b8	$0.29 \pm 0.06$	$0.51 \pm 0.06$
۹	BW-b9	$0.32 \pm 0.06$	$0.48 \pm 0.06$
۱۰	BW-b10	$0.43 \pm 0.04$	$0.58 \pm 0.04$

طبق نتایج اندازه‌گیری شده که در جدول ۱ قابل مشاهده است پرتوزایی آلفای کل در نمونه‌ها در محدوده  $0.29 - 0.44 \text{ mBq/l}$  قرار گرفت. همچنین میزان پرتوزایی بتای کل در محدوده  $0.48 - 0.61 \text{ mBq/l}$  قرار گرفت.

#### ۴. بحث و نتیجه‌گیری

در سال‌های اخیر گرایش مردم به مصرف آب‌های بسته‌بندی‌شده افزایش چشمگیری داشته است. با توجه به فعالیت‌های انسان و تأثیر بر پیرامون خود و همچنین وجود هسته‌های پرتوزای طبیعی در تمام طبیعت حتی در آب، آب آشامیدنی ممکن است محتوای هسته‌های پرتوزای در سطح غلظت‌های پرتوزایی باشد که برای سلامت انسان مخاطره‌آمیز باشد. به‌منظور تعیین کیفیت آب آشامیدنی برحسب مقدار هسته‌های پرتوزا و تهیه راهنمایی جهت کاهش ریسک سلامتی از طریق به‌کارگیری اقداماتی جهت کاهش غلظت‌های پرتوزایی هسته‌های پرتوزا، مقدار پرتوزایی منابع آبی و آب‌های آشامیدنی با توجه به توصیه‌های سازمان بهداشت جهانی (WHO) پایش می‌شود. اولین قدم در تعیین میزان پرتوزایی آب، اندازه‌گیری آلفای کل و بتای کل در آب است. سازمان بهداشت جهانی بیشینه حد مجاز مجموع گسیلنده‌های آلفا و بتا را در ویرایش دوم راهنمای آب آشامیدنی به ترتیب  $1 \text{ Bq/l}$  و  $0.1 \text{ Bq/l}$  تعیین کرده است. در ویرایش سوم راهنمای آب آشامیدنی این سازمان، اکتیویته مجاز آلفای کل و بتای کل به ترتیب به  $0.5 \text{ Bq/l}$  و  $1 \text{ Bq/l}$  تغییر یافته است. مطابق با این استاندارد، چنانچه میزان آلفای کل و بتای کل نمونه‌ای بالاتر از  $0.5 \text{ Bq/l}$  و  $1 \text{ Bq/l}$  باشند می‌بایست رادیونوکلیدهای مهمی مانند رادیوم، رادون و اورانیوم به‌صورت جداگانه در نمونه‌ها بررسی و اندازه‌گیری شوند و حد مجاز رادیوم و اورانیوم طبق جدول موجود در استاندارد مذکور به ترتیب  $1 \text{ Bq/l}$  و  $10 \text{ Bq/l}$  تعیین شده است. در این تحقیق برای اندازه‌گیری غلظت آلفای کل و بتای کل در آب از دستگاه شمارنده سنتیلاسیون مایع استفاده گردید که دارای مزایای بسیاری مانند شمارش خودکار تعداد زیاد نمونه‌ها، حجم کم نمونه موردنیاز، دقت و حساسیت بالای آنالیز و مراحل کوتاه آماده‌سازی است. نتایج اندازه‌گیری ۱۰ نوع آب بسته‌بندی‌شده با نام‌های تجاری مختلف و مقایسه با حدود استاندارد، نشان می‌دهد که میزان پرتوزایی آلفا و بتای کل در این آب‌ها زیر حد مجاز است.

#### ۵. تشکر و قدردانی

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند مراتب تشکر صمیمانه خود را از آقایان یزدانی و کریمی که ما را در تهیه و آنالیز نمونه‌ها و همچنین در ارتقاء کیفی این پژوهش یاری دادند، اعلام نمایند.

#### ۶. مراجع

- 1- Zorer, Özlem Selçuk. "Evaluations of environmental hazard parameters of natural and some artificial radionuclides in river water and sediments." *Microchemical Journal* 145 (2019): 762-766.
- 2- ISO 11704: Water quality — Measurement of gross alpha and beta activity concentration in non-saline water — Liquid scintillation counting method, 2010.
- 3- Karabıdak, Salih M., A. Kaya, and S. Kaya. "Cancer risk analysis of some drinking water resources in Gümüşhane, Turkey." *Sustainable Water Resources Management* 5, no. 4 (2019): 1939-1949.
- 4- Hu, Zhihua, Lois Wright Morton, and Robert L. Mahler. "Bottled water: United States consumers and their perceptions of water quality." *International Journal of Environmental Research and Public Health* 8, no. 2 (2011): 565-578.
- 5- WHO. Guidelines for drinking-water quality, 3rd edition. Geneva: World Health Organization, 2008.

- 6- Ranjbar, Hassan, Reza Bagheri, Nafise Salak, and Sara Vosoughi. "Assessment and Measurement of Radioactivity in Drinking Waters in Hormozgan Province." *Journal of Water and Sustainable Development* 9, no. 2 (2022): 109-114.
- 7- Abbasi, Akbar, and Fatemeh Mirekhtiary. "Gross alpha and beta exposure assessment due to intake of drinking water in Guilan, Iran." *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 314, no. 2 (2017): 1075-1081.
- 8- Ranjbar, Hassan, and Mohsen Tabasi. "Evaluation of natural radioactivity in Tehran's water using the gross alpha and beta measurements." *Journal of Applied Research in Water and Wastewater* 8, no. 2 (2021): 129-132.
- 9- Fakhri, Yadolah, G. Oliveri Conti, Margherita Ferrante, Abotaleb Bay, Moayed Avazpour, Bigard Moradi, Yahya Zandsalimi, L. Rasouli Amirhajeloo, Ghazaleh Langarizadeh, and Hassan Keramati. "Assessment of concentration of radon 222 and effective dose; Bandar Abbas city (Iran) citizens exposed through drinking tap water." *International Journal of Pharmacy and Technology* 8, no. 1 (2016): 10782-10793.
- 10- Hosseini, S. A. "Radioactivity monitoring in drinking water of Zahedan, Iran." (2007): 97-100.
- 11- Quantulus, Instrument Manual-Wallac. 1220 Quantulus TM Ultra Low-Level Liquid Scintillation Spectrometer. 2009.