



## تولید رادیونوکلئید ید-۱۲۴ از هدف تلوریم-۱۲۴ غنی سازی شده در ایران

پرویز اشتیری<sup>۱\*</sup>، سید یوسف فضاالی<sup>۱</sup>، غلامرضا اصلانی<sup>۱</sup> و شهزاد فیضی<sup>۱</sup>

۱. پژوهشکده کاربرد پرتوها، پژوهشگاه علوم و فنون هسته ای، صندوق پستی ۳۱۴۸۶۴۳۱۱۱، کرج - تهران

### چکیده:

در این پروژه با استفاده از تارگت های قرصی آبکاری شده با لایه نازک طلا علاوه بر جلوگیری از انجام واکنش های جامد-جامد در حرارت بالا و جلوگیری از ورود ناخالصی های تارگت، از خروج ید تولید شده نیز جلوگیری به عمل آمد. با افزایش شدت جریان پروتون<sup>+</sup>ها و فراهم آوردن تبادل حرارتی مناسب با استفاده از تارگت قرصی مسی، تصعید در اثر حرارت زیاد ناشی از پرتو دهی یا ذوب<sup>-</sup>شدن موضعی و تخریب ماده هدف نیز رخ نداد و میزان بهره تولید رادیونوکلئید ید-۱۲۴ افزایش یافت. در این پژوهش برای اولین بار در داخل کشور از هدف تلوریم-۱۲۴ غنی سازی شده و روش جداسازی تقطیر خشک در تولید رادیونوکلئیدهای بر پایه ی سیکلوترون استفاده شد و تولید رادیونوکلئید خالص ید-۱۲۴ از هدف تلوریم-۱۲۴ خالص در شرایط بهینه بدست آمده انجام شد.

کلیدواژه‌ها: تلوریم-۱۲۴ غنی سازی شده، ید-۱۲۴، سیکلوترون.

## Production of Iodine-124 radionuclide from the enriched tellurium-124 target in Iran

Parviz Ashtari<sup>1\*</sup>, Yousef Fazaali<sup>1</sup>, Gholamreza Aslani<sup>1</sup>, Shahzad Feizi<sup>1</sup>

1. Radiation Application Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute, P.O.BOX: 3148643111, Karaj, Iran.

### Abstract:

In this project, using thin layer gold-electroplated tablet targets, in addition to preventing solid-solid reactions at high temperatures, and preventing the entry of target impurities, excretion of the produced Iodine was also prevented. By increasing the flow intensity of the protons and providing proper heat exchange using the copper tablet target, sublimation due to excessive heat due to irradiation or local melting and destruction of the target material did not occur and the yield of Iodine-124 radio-isotope production was increased. In this study, for the first time in the country, the enriched tellurium-124 target and the dry distillation separation method was used in the production of cyclotron-based radionuclides. The production of pure Iodine-124 radionuclide from the purified tellurium-124 target was performed under optimal conditions.

**Keywords:** Enriched tellurium-124, Iodine-124, cyclotron.

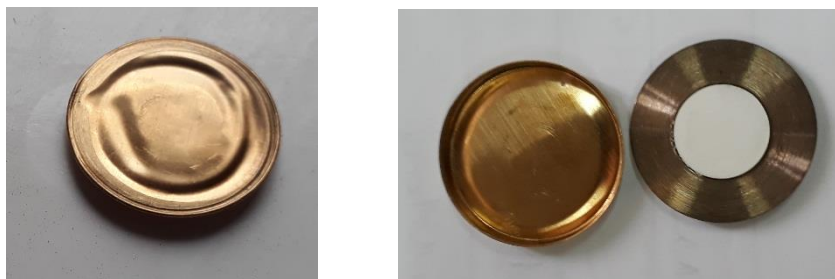
Email: pashtari@gmail.com

## ۱. مقدمه

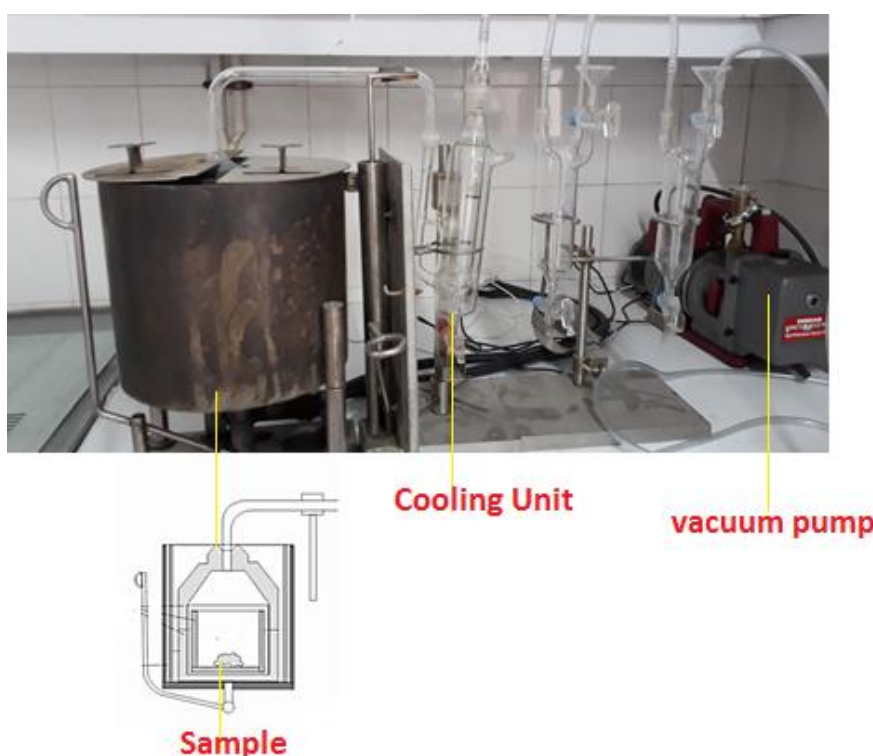
هورمون های تیروئیدی غنی شده با ید برای رشد و نمو ضروری هستند. آن ها همه جوانب متابولیسم سلول، شامل سنتز پروتئین و مصرف اکسیژن را تحریک می کنند. اینکه ید جزء حیاتی هورمون های تیروئیدی  $T_3$  و  $T_4$  می باشد، و اینکه کمبود ید (کمتر از  $50 \mu\text{g}$  دریافت روزانه ید) عامل اصلی کندی ذهن و گواتر بومی است بیش از  $50$  سال است که شناخته شده است. رادیونوکلیدهای ید نقش مهمی را در تشخیص و درمان اختلال های متنوع تیروئیدی بازی می کند. درمان سرطان تیروئید و پرکاری تیروئید با دارو های ید- $131$  برای سال ها انجام شده است، اما سایر ایزوتوپ های آن، برای مثال یدهای  $123$ ،  $124$  و  $125$  نیز تولید گردیده و در بسیاری از کاربرد های پزشکی مورد استفاده واقع شده اند. رادیونوکلید ید تغلیظ شده به وسیله تیروئید در صورت زیاد بودن مقدار می تواند باعث مرگ سلولی شود که عمدتاً به واسطه پرتو بتا می باشد. بنابراین، دز های بالای ید- $131$  برای درمان به بیماران پرکاری تیروئید داده می شود. در مقابل، صدمه حاصل از پرتوگیری از دز پایین سلول های تیروئیدی را از بین نمی برد، اما می تواند صدمه پرتوی و موتاسیون را القا کند، که منجر به سرطان تیروئید می گردد. رادیوایزوتوپ ید همچنین به عنوان یکی از مهم ترین محصولات شکافتی که می تواند از تاسیسات هسته ای به ویژه تحت شرایط تصادفی آزاد شود تشخیص داده شده است. مقدار زیاد ید- $131$  رسیده به تیروئید تقریباً همیشه منجر به کم کاری تیروئید می شود، که به واسطه تخریب دائمی سلول های تیروئید بواسطه پرتو می باشد. استفاده از پتاسیم یدید از چنین اثرات مضرى جلوگیری به عمل می آورد. در سالهای اخیر، ید- $124$  با نیمه عمر نسبتاً زیاد ( $4/2$  روز)، برای سنتز رادیاب های رادیو اکتیو و تصویربرداری توموگرافی با استفاده از نشر پوزیترون (PET) توجه بسیاری را به خود جلب نموده است. با توجه به نیمه عمر بالای آن میتوان سنتز با مراحل بیشتری را انجام داد و همچنین میتوان مطالعات تصویر برداری را در زمانهای طولانی تر انجام داد. در این پروژه با استفاده از بمباران پروتونی هدف توسط سیکلوترون و انجام واکنش هسته ای  $^{124}\text{Te}(p, n)^{124}\text{I}$  این رادیو ایزوتوپ تولید استفاده شد [۱-۳]. بهره ی تولید ید- $124$  با این روش در بازه ی انرژی  $7 \sim 18 \text{ MeV}$  (تقریباً در این بازه انرژی بازده تولید ثابت است)،  $27/4 \text{ MBq}/\mu\text{A}\cdot\text{h}$  است. با توجه به ویژگی های مناسبی که این روش دارد و نیز امکان تولید با باریکه های پروتونی کم انرژی که در اکثر مراکز پرتودهی بیمارستانی در دسترس است، این فرآیند در حال گسترش روزافزون برای تولید تجاری با خلوص بالا در سیکلوترون های سایز کوچک و متوسط می باشد.

## ۲. روش کار

در این پژوهش از روش استفاده از غلاف طلا (به عنوان ماده بی اثر) برای آماده سازی هدف  $^{124}\text{TeO}_2$  (با خلوص  $99/98\%$ ) به منظور تولید ید- $124$  استفاده شد. ابتدا غلاف های مسی را با روش آبکاری طلای فوق خالص تهیه [۴] و مقدار  $g \ 0/1$  پودر  $^{124}\text{TeO}_2$  پرس نموده و بصورت قرص در محل مخصوص غلاف قرار می دهیم (شکل ۱). پس از آنکه قرص هدف آماده شد و با شاتل مخصوص درون محفظه پرتودهی سیکلوترون قرار گرفت. پارامترهای پرتودهی پروتونی از قبیل انرژی باریکه فرودی اولیه ( $28/5$  مگا الکترون ولت که پس از عبور از لایه های آلومینیم شاتل، آب خنک کننده، غلاف مسی حدود  $16 \text{ MeV}$  کاهش می یابد)، شدت جریان باریکه ( $27/8$  میکروآمپر) شروع به بمباران هدف می شود. در مجموع بمباران هدف ( $191/8$  میکروآمپر ساعت) به مدت تقریبی  $8$  ساعت انجام شد. بعد از اتمام بمباران نیز از روی عواملی همچون تغییرات احتمالی در شرایط خلأ سیکلوترون و یا شکل ظاهری قرص پس از بمباران می توان به درستی عملیات بمباران پی برد. هرگونه تغییر شکل ظاهری قرص پس از پرتودهی مانند پف کردن یا سیاه شدن یا پوسته شدن و یا تغییر شرایط خلأ سیکلوترون نشان از نادرستی بمباران می دهد. با توجه به عدم تغییر فیزیکی قرص بمباران شده و ماده هدف، بمباران قرص موفقیت آمیز بود و مرحله جداسازی به روش تقطیر خشک با دستگاه انجام شد (شکل ۲). برای این عملیات تصعید ید- $124$  تولید شده در هدف تلوریمی در دمای  $733^\circ\text{C}$  با استفاده از کوره الکتریکی مجهز به پایش دمای دیجیتال و تله گیز اندازی ید تصعید شده، انجام شد.



شکل ۱. هدف تهیه شده از  $\text{TeO}_2$  (الف) قرص اکسید تلوریم و هدف آبکاری شده با طلا (ب) قرص آماده برای پرتو دهی.

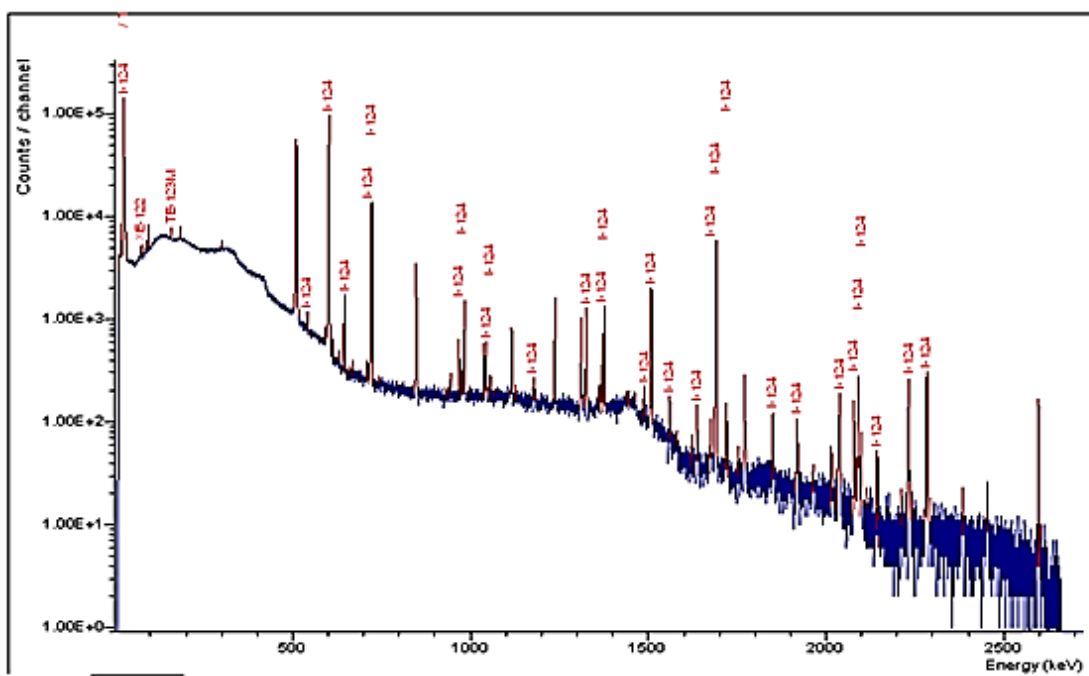


شکل ۲. تصویر دستگاه جداسازی ید-۱۲۴ از هدف  $\text{TeO}_2$ .

### ۳. نتایج و بحث

فرآیند تولید رادیوایزوتوپها، انتخاب روش های مناسب رادیوشیمیایی بر روی جداسازی و کنترل کیفی محصول پس از پرتو دهی هدف، از اهمیت خاصی برخوردار است. از جمله ویژگی های فرآیند جداسازی مطلوب، بازدهی جداسازی بالا بهمراه خلوص بالای محصول نهایی پس از جداسازی است. تاکنون روش های مختلفی از جمله پخش حرارتی، استخراج حلال، جداسازی با رزین های تبادل یون و جداسازی الکتروشیمیایی برای این منظور به کار گرفته شده اند. تقطیر خشک، روش شناخته شده ای است که امروزه اغلب برای جداسازی رادیوایزوتوپ های ید از هدف های جامد تلوریم اکسید استفاده می شود. اساس این روش، آزادسازی ید بوسیله تبخیر با حرارت دهی به ماده هدف است. این روش، ابتدا برای تولید  $^{131}\text{I}$  و سپس  $^{123}\text{I}$  و هم اکنون از آن، برای تولید  $^{124}\text{I}$  نیز استفاده شد. مهم ترین مزیت استفاده از این روش علاوه بر سهولت در بکارگیری، امکان استفاده مکرر از ماده هدف غنی شده پس از خنک کردن آن بدون هیچ اقدام خاصی می باشد. خلوص رادیونوکلئیدی ید-۱۲۴ با طیف سنجی اشعه ی گاما توسط آشکارساز HPGc (Canberra<sup>TM</sup> model GC1020-7500SL) برای تعیین میزان ناخالصی های اکتیو

موجود، بررسی شد. ویال حاوی رادیوایزوتوپ های ید را بر روی آشکارساز قرار داده و مدت زمان شمارشی در حدود ۲۰۰ ثانیه برای آن در نظر گرفته می شود، که این زمان شمارش بستگی به نیمه عمر و اکتیویته نمونه دارد. در مدت این شمارش جایگاه پیک ها مشخص می گردد. سپس نرم افزار ارزیابی طیف گاما وینن ، طیف واپاشی حاصل از آشکارساز را بررسی کرده و لیستی از شمارش های زمینه، انرژی شمارش، پهنا در نصف بیشینه پیک، سطح زیر پیک و عدم قطعیت شمارش را برای هر یک از پیک های طیف ارائه می کند. با توجه به انرژی ها و سطح زیر هر پیک می توان نوع و اکتیویته ی رادیوایزوتوپ مربوطه را شناسایی کرد. محصول ید-۱۲۴ دارای دو پیک اصلی در انرژی های ۶۰۳ و ۷۲۳ keV و چندین پیک کمکی می باشد که هر دو پیک در طیف محصول بوضوح مشاهده میشود. طیف گامای محصول بدست آمده در شکل ۳ نشان داده شده است. همانطور که در شکل ۳ مشاهده می شود، رادیوایزوتوپ تولید شده دارای خلوص رادیوشیمیایی بسیار بالا بوده و می توان از آن برای تصویربرداری هسته ای استفاده نمود.



شکل ۴. طیف گامای حاصل از آشکارساز HPGe محصول جداسازی شده ی ید-۱۲۴.

## ۴. نتیجه گیری

در این پروژه با استفاده از تارگت های قرصی آبکاری شده با لایه نازک طلا علاوه بر جلوگیری از انجام واکنش های جامد-جامد در حرارت بالا و جلوگیری از ورود ناخالصی های تارگت، از خروج ید-۱۲۴ تولید شده نیز جلوگیری به عمل آمد. با افزایش شدت جریان پروتون ها و فراهم آوردن تبادلی مناسب با استفاده از تارگت قرصی مسی، تصعید در اثر حرارت زیاد ناشی از پرتودهی یا ذوب شدن موضعی و تخریب ماده هدف نیز رخ نداد و میزان بهره تولید ید-۱۲۴ افزایش یافت. جداسازی به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۷۳۳ درجه سانتی گراد، در بین شرایط بررسی شده، بهترین نتایج را در پی داشت. محصول دارای خلوص رادیوایزوتوپی مطلوبی جهت استفاده در تصویربرداری PET می باشد.



## تشکر و قدردانی

نگارنده از شرکت پارس ایزوتوپ به دلیل تمامی همکاری های لازم کمال تشکر و قدردانی را دارد.

## ۶. مراجع

- 1- B. Scholten, Z. Kovács, F. Tárkányi, S.M. Qaim, Excitation functions of  $^{124}\text{Te}(p, xn)^{124,123}\text{I}$  reactions from 6 to 31 MeV with special reference to the production of  $^{124}\text{I}$  at a small cyclotron, *Appl. Radiat. Isot.*, 46(1995) 255–259.
- 2- S.M.Qaim, A. Hohn, Th. Bastian, K.M. El-Azoney, G. Blessing, S. Spellerberg, B. Scholten, H.H. Coenen, Some optimization studies relevant to the production of high-purity  $^{124}\text{I}$  and  $^{120}\text{gI}$  at a small-sized cyclotron, *Appl. Radiat. Isot.*, 58(2003) 69–78.
- 3- Weinreich, E.J. Knust, Quality control of  $^{124}\text{I}$ , *In Proc. 6th Workshop on Targetry and Target Chemistry*, Vancouver, Canada, August 17–19, 1995; pp. 84–86.
- 4- Y.Fazaeli, M. Erfani, Production and Quality Control of Indium-111 Pentetreotide Radiopharmaceutical in Iran, *Journal of Nuclear Science and Technology (JonSat)*, 38,2017,25-34.