

Sci. and Tech. note

یادداشت علمی و فنی

مطالعه بازیابی تالیوم-۲۰۳ از هدفهای بمباران شده و توسعه آن در تولید تالیوم-۲۰۱ با روش افزایش رادیوایزوتوپ تالیوم-۲۰۱

بهروز شیرازی*

مرکز تحقیقات کشاورزی و پزشکی هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی ایران، صندوق پستی: ۴۹۸-۳۱۴۸۵، کرج - ایران

چکیده: تالیوم-۲۰۳ غنی‌شده بعنوان ماده اولیه تولید رادیوداروی $^{201}\text{TlCl}_2$ ، به سبب گرانی قیمت و استفاده از مقادیر زیاد آن برای بمباران پروتونی ضروری است که در هر مرحله از تولید بازیابی و برای استفاده مجدد به چرخه تولید وارد شود. در این تحقیق، نتایج بدست آمده با استفاده از ستون رزینی تبادل یونی Dowex 50WX8 در ابعاد ۱۸×۱/۵ سانتی‌متر و افزایش ردیاب تالیوم-۲۰۱، بهترین سرعت عبوری محلولهای مراحل بازیابی را ۲ mL/Min و مناسب‌ترین حجم مورد استفاده از محلولهای مراحل مختلف این جداسازی را به ترتیب ۴۰۰ mL (HNO₃ ۰/۰۵ M) (محلول حاوی تالیوم-۲۰۳)، ۴۰۰ mL (H₂O)، ۱۰۰ mL (H₂O) (اسید سیتریک ۰/۰۵ M)، ۱۰۰ mL (H₂O) (EDTA ۰/۰۵ M) (pH ≥ ۱۲/۵)، ۱۰۰ mL (H₂O)، ۶۰ mL مشخص کرد.

واژه‌های کلیدی: تالیوم-۲۰۳، غنی‌سازی، تالیوم-۲۰۱، تبادل یونی، باریکه پروتون، بازیابی، رزین‌ها

Study and Development Recuperation of Thallium-203 from Bombarded Targets of This Metal in Production of Thallium-201 Via Addition of Thallium-201 Radioisotope as a Tracer

B. Shirazi*

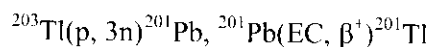
Nuclear Research Center for Agriculture and Medicine, AEOI, P. O. Box: 31485-498, Karaj - Iran

Abstract: Thallium-203 is the main material for $^{201}\text{TlCl}_2$ radiopharmaceutical. It is very important to recover the remaining enriched Thallium-203 in every stage of the process to be reused in the production loop. In this research, the recuperation of Thallium-203 was studied with Dowex 50WX8 ion exchange resin and Thallium-201 as a tracer. The results based on filling of (18 X 1.5) cm columns with this resin showed that the best flow rate of eluent is 2 mL/min. Also the most suitable volumes are { 200 mL (HNO₃ 0.05 M), 400 mL (solution of Thallium-203), 100 mL (H₂O), 500 mL (Citric acid), 100 mL (H₂O), 100 mL (EDTA 0.5 M & pH~ 12.5), 60 mL (H₂O), respectively.

Keywords: thallium-203, enrichment, thallium-201, ion exchange, proton beam, recuperation, resins

۱- مقدمه

یکی از مهمترین رادیوایزوتوپهای مورد توجه در پزشکی هسته‌ای که کاربرد وسیعی در تعیین میزان فعالیت قلب و یا بیماریهای مربوط به آن دارد، رادیوایزوتوپ تالیوم-۲۰۱ است [۱] و [۲]. یکی از مهمترین راههای دستیابی به مقادیر زیاد این رادیوایزوتوپ استفاده از واکنش‌های هسته‌ای زیر است:

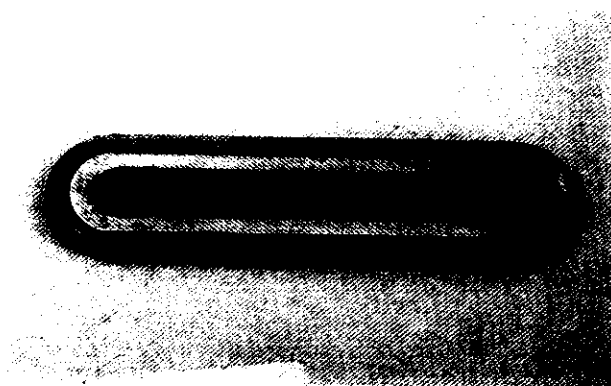


در این روش ابتدا هدفهای^(۱) فلزی تالیوم-۲۰۳ به وسیلهٔ باریکه پروتون با انرژی بیشتر از ۲۸ مگا الکترون بمباران می‌شوند. حاصل این بمباران مقدار قابل توجهی رادیوایزوتوپ سرب-۲۰۱ است که با نیم‌عمر ۹/۴ ساعت به رادیوایزوتوپ تالیوم-۲۰۱ با نیم‌عمر ۷۳ ساعت متلاشی می‌شود. بنابراین با اعمال بعضی از مراحل جداسازی رادیوشیمیایی و استفاده از خواص فیزیکی و شیمیایی رادیوایزوتوپهای تولید شده، می‌توان به محصول مورد نظر، یعنی رادیو داروی تالیوم-۲۰۱، دست یافت [۲ و ۳]. با توجه به مطالب و واکنشهای هسته‌ای مورد نظر، مشخص است که ماده اولیه این روش تولیدی، فلز تالیوم-۲۰۳ است. تالیوم-۲۰۳ دارای فراوانی طبیعی ۲۹/۵ در صد بوده و به این دلیل استفاده از تالیوم-۲۰۳ غنی‌شده برای حصول بازده مناسب و تولید زیاد محصول اجتناب‌ناپذیر است. از طرف دیگر، بدلیل طراحی خاص سیستم بمباران هدفهای جامد دستگاه شتابدهنده سیکلوترون و با توجه به نتایج کدهای کامپیوتری Alice-91, SRIM بهترین جرم لایه‌های تالیوم-۲۰۳ تقریباً یک گرم است [۲، ۳ و ۴].

۲- هدفهای تالیوم-۲۰۳ و محلول مورد بازیابی آن در پایان بمباران پروتونی و تولید

در مرحله اول و پس از تهیه الکترولیت تالیوم-۲۰۳ مورد نیاز، این فلز بر روی قطعات مسی ویژه‌ای بنام Backing لایه‌گذاری می‌شود (شکل ۱).

هدفهای تالیوم-۲۰۳ پس از بمباران، بلافاصله مورد عملیات جداسازی شیمیایی و رادیوشیمیایی قرار می‌گیرند. در طی این روش ایزوتوپهای سرب-۲۰۱ تولید شده از تالیوم-۲۰۳ پایدار و دیگر ناخالصی‌ها جداسازی شده و برای ادامه تولید مورد استفاده



شکل ۱- هدف تالیوم-۲۰۳ آماده بمباران.

قرار می‌گیرند. بنابراین در پایان کار یک محلول اسیدی که به لحاظ شیمیایی حاوی عناصر عمده مس و تالیوم-۲۰۳ و از نظر رادیوایزوتوپی دارای انواع ناخالصی‌ها به ویژه «رادیوایزوتوپ روی-۶۵» است، باقی می‌ماند [۳ تا ۶].

۳- روش کار

یکی از روشهای مهم برای جداسازی فلز تالیوم-۲۰۳ از ناخالص‌های دیگر، بکارگیری رزینهای تبادل یونی و استفاده از تفاوت خواص شیمیایی عناصر موجود در آنها است [۳ و ۶]. در این تحقیق از رزین تبادل یونی Dowex 50WX8 200-400 mesh in H⁺ form در ستون‌های استوانه‌ای شکلی به ابعاد ۱۸×۱/۵ سانتی‌متر استفاده شده و مراحل جداسازی شیمیایی و رادیوشیمیایی انجام گرفته، بطور خلاصه شامل عبور محلولهایی از این ستون‌های رزینی به ترتیب زیر است:

- محلول اسید نیتریک ۰/۰۵ M

- محلول حاوی تالیوم-۲۰۳ "Bulk"

- آب مقطر

- محلول اسید سیتریک ۰/۰۵ M

- آب مقطر

- محلول قلیانی ۰/۰۵ M EDTA

- آب مقطر

۴- یافته‌ها و بحث

در مرحله دوم با عبور دادن محلول اسیدی حاوی تالیوم-۲۰۳ از ستون رزینی، یونهای تالیوم-۲۰۳ و مس جذب رزین می‌شوند.

جدول ۱- مناسبترین حجمهای مورد نیاز کلیه محلولهای مختلف مراحل جداسازی.

ماده شیمیایی	شرایط محلول	حجم محلول (mL)
۱- اسید نیتریک	۰/۰۵ M	۲۰۰
۲- محلول تالیوم-۲۰۳	اسیدی	۴۰۰
۳- آب مقطر	-	۱۰۰
۴- اسید سیتریک	pH = ۵/۴ ، ۰/۰۵ M	۵۰۰
۵- آب مقطر	-	۱۰۰
۶- محلول EDTA	pH = ۱۲/۵ ، ۰/۰۵ M	۱۰۰
۷- آب مقطر	-	۶۰

در ادامه عمل، با عبور دادن محلول اسید سیتریک از این ستون، یونهای مس جذب شده بصورت کمپلکس سیترات مس شسته می شوند و در مرحله آخر با عبور دادن محلول قلیایی EDTA، تالیوم-۲۰۳ بصورت کمپلکس تالیوم-EDTA از ستون رزینی بازیابی می شود.

با توجه به گستردگی پارامترهای مداخله گر، پارامترهای غلظت محلولهای عبوری و ابعاد ستون رزینی ثابت در نظر گرفته شدند و مناسبترین حجم و سرعت عبور این محلولها با استفاده از روش افزودن ردیاب تالیوم-۲۰۱ مورد مطالعه قرار گرفتند (شکلهای ۲ و ۳).

تشکر و قدردانی

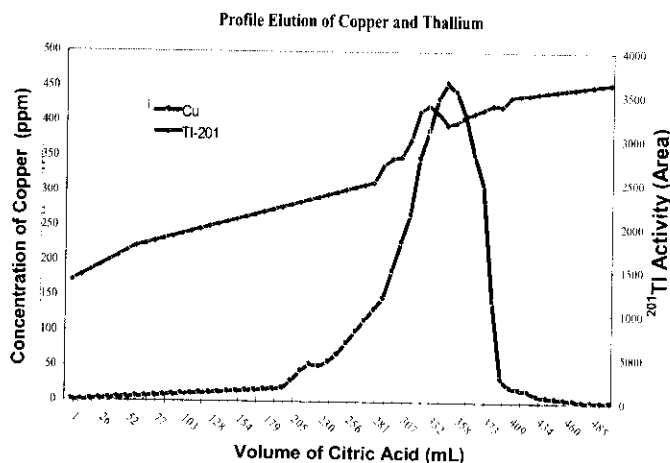
بدینوسیله از زحمات آقای دکتر خسرو آردانه بدلیل راهنمایی ایشان و نیز اعضاء گروه تولید رادیوداروی تالیوم-۲۰۱ در بخش شتابدهنده سیکلوترون مرکز تحقیقات کشاورزی و پزشکی هسته‌ای کرج تشکر و قدردانی می شود.

پی نوشت‌ها:

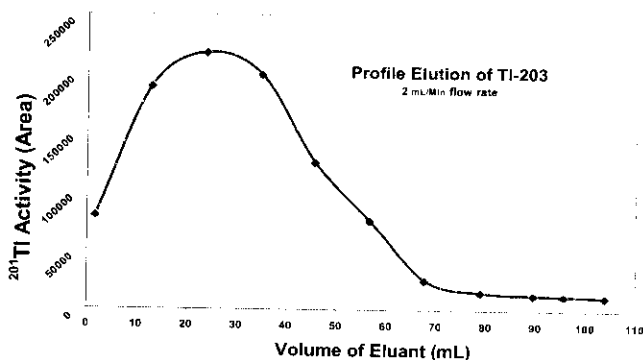
۱- Targets

۵- نتیجه گیری

با بررسی دقیق نتایج اولیه چندین آزمایش، حجم بهینه اسید نیتریک ۰/۰۵ M، ۲۰۰ mL و مناسبترین سرعت عبوری محلولهای جداسازی در تمام موارد ۲ mL/Min بدست آمد. مناسبترین حجمهای مورد نیاز برای کلیه محلولهای مراحل این جداسازی در جدول ۱ مندرج است.



شکل ۲- نمودارهای چگونگی خروج مس و تالیوم-۲۰۱ از ستون رزینی به وسیله محلول اسید سیتریک.



شکل ۳- نمودار چگونگی خروج تالیوم-۲۰۳ از ستون رزینی به وسیله محلول EDTA.



References:

1. M.I. Travin and S.R. Bergmann, "Assessment of myocardial viability," *Seminars in Nuclear Medicine*, Vol. **35**, Issue 1, 2-16 (January 2005).
2. T. Sato, H. Indo, Y. Kawabata, "Thallium-201 chloride (Tl-201) accumulation and Na⁺/K⁺-ATPase expression in tumours of the head and neck," *Dentomaxillofac Radiol*, **34(4)**, 212-7 (Jul 2005).
3. P.V. Winkel, "End of Mission Report," IAEA, Mission, Project, IRA/4/019/07, 9-24 (July 1995).
4. N.V. Kurenkov, V.P. Lunev, Yu.N. Shubin, "Evaluation of calculation methods for excitation functions for production of radioisotopes of iodine, thallium and other elements," *Applied Radiation and Isotopes*, Vol. **50**, Issue 3, 541-549 (March 1999).
5. R.J. Sheu, S.H. Jiang, T.S. Duh, "Evaluation of thallium-201 production in INER's compact cyclotron based on excitation functions," *Radiation Physics and Chemistry*, Vol. **68**, Issue 5, 681-688 (December 2003).
6. K. Garmestani and D.E. Milenic, "Purification of cyclotron-produced ²⁰³Pb for labeling Herceptin," *Nucl Med Biol.*, **32(3)**, 301-5 (Apr. 2005).