

جداسازی انتخابی تلوریم از محلول فروشویی لجن مس آندی با استفاده از غشای مایع توده ای چند مرحله‌ای با استفاده از استخراج کننده TBP

نیلوفر یزدانی احمد آبادی^۱، محسن خردمند سعدی^۱، امیر چرخ‌چی^۲، ساره عماری اله یاری^{۲*}

۱. گروه چرخه سوخت، دانشکده مهندسی هسته‌ای، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

۲. پژوهشکده چرخه سوخت هسته‌ای، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی، تهران، ایران

چکیده

تلوریم و ایزوتوپ‌های آن بطور گسترده در پزشکی هسته‌ای و تولید رادیونوکلئیدهای مختلف کاربرد دارند. با توجه به عیار پایین این عنصر در طبیعت، جداسازی آن از منابع ثانویه چون محلول فروشویی لجن مس آندی از اهمیت بسزایی برخوردار است. در کار حاضر این جداسازی از لجن مس آندی کارخانه مس سرچشمه با استفاده از غشای مایع توده‌ای چندمرحله‌ای و استفاده از استخراج‌کننده تری بوتیل فسفات (TBP) انجام شد. در ابتدا تعداد معدودی آزمایش جهت بررسی برخی پارامترهای بهینه استخراج ناپیوسته عنصر تلوریم از محلول فروشویی لجن مس آندی مس انجام گرفت. سپس بررسی اثر زمان و افزایش تعداد مراحل استخراج بر گزینش پذیری و انتقال تلوریم توسط غشای مایع توده‌ای (BLM) انجام گرفت. نتایج نشان می‌داد که با افزایش زمان، گزینش پذیری و درصد انتقال تلوریم افزایش می‌یافت. بطوریکه درصد انتقال تلوریم در زمان ۲۴۰ دقیقه به ۲۸٪ و گزینش پذیری آن به ۱۴٪ افزایش یافت. همچنین مشخص گردید گزینش پذیری تلوریم نسبت به سلنیم و مس با افزایش تعداد مراحل نیز افزایش می‌یابد. بطوریکه فاکتور جداسازی گزینشی تلوریم نسبت به سلنیم و مس به ترتیب با ۴ مرحله استخراج، برابر با ۲۵۴۹ و ۴۵۳۰/۶ گزارش شد.

کلیدواژه‌ها: تلوریم، لجن مس آندی، غشای مایع توده‌ای چندمرحله‌ای (MBLM)، تری بوتیل فسفات (TBP)، فاکتور جداسازی گزینشی

Selective separation of tellurium from leach liquor of copper anode slime by utilizing the multistage bulk liquid membrane technique

Niloufar Yazdani Ahmad Abadi ^a, Mohsen Kheradmand Saadi ^a, Amir Charkhi ^b, Sareh Ammari Allahyari ^{b*}

a: Department of nuclear engineering science and research branch Islamic Azad university, Tehran, Iran

b: Nuclear Fuel cycle School, Nuclear Science and Technology Research Institute, Tehran, Iran

Abstract:

Tellurium and its isotopes are widely used in nuclear medicine and production of various radionuclides. Due to the low grade of this element in nature, its separation from secondary sources such as leach liquor of copper anode slime solution is of great importance. In this study, this separation has been performed from the Sarcheshmeh copper anode slime by utilizing the multistage bulk liquid membrane. At first a few experiments were performed to investigate the optimal parameters for the batch extraction of tellurium from copper anode slime solution. Then, the effect of time and increasing the number of stages for the extraction on the selectivity and transfer factor of tellurium by using the BLM was investigated. The results showed that with increasing the time, the selectivity and the transfer factor of tellurium increased. So that, the transfer factor of tellurium during 240 minutes increased to 28% and its selectivity increased to 14%. It was also found that the selectivity of tellurium than selenium and copper increases by increasing the number of stages for the liquid membrane extraction. The selectivity factor of tellurium than selenium and copper by utilizing 4 stages of the extraction, would be 2549 and 4530.6, respectively.

Keywords: Tellurium: Copper anode slime: Multistage Bulk liquid membrane (MBLM): TBP (tri-n-butyl-phosphate): Selectivity factor

Email: sammari@aeoi.org.ir

۱. مقدمه

از میان ایزوتوپ‌های مختلف تلوریم، ^{120}Te و ^{123}Te پایدار (با توجه به نیمه عمر بلند خود) در پزشکی هسته‌ای به کار گرفته می‌شوند. ^{120}Te و ^{122}Te به ترتیب برای تولید ^{120}I و ^{122}I که در PET و تصویربرداری گاما مورد استفاده قرار می‌گیرند، کاربرد دارند. ^{123}Te و ^{124}Te نیز به ترتیب جهت تولید ^{123}I رادیواکتیو در تصویربرداری تیروئید و همچنین تولید رادیونوکلئیدهای مختلف توسط سیکلوترون یا دیگر شتاب‌دهنده‌های به کار می‌روند. ^{130}Te نیز در پژوهش در زمینه‌ی واپاشی دوگانه پرتو بتا مورد استفاده قرار می‌گیرد [۳-۱ و ۴]. لذا همانطور که اشاره شد، بر اساس کاربردهای قابل توجه این عنصر در صنعت هسته‌ای، بازیابی آن از منابع اهمیت بسزایی دارد. عیار این عنصر در طبیعت پایین می‌باشد درحالی‌که در محلول فروشویی لجن مس آندی این عنصر به وفور یافت می‌شود. لجن مس آندی در کارخانه‌های فراوری مس در طی الکترووینینگ^۱ مس در انتهای تانک‌های فراوری، ته‌نشین می‌شود [۵].

از آنجا که در محلول فروشویی لجن مس آندی سرچشمه (بزرگترین کارخانه مس کشور) عناصر مختلفی با غلظت‌های متفاوت به شرح زیر وجود دارند، جداسازی تلوریم از این محلول بسیار حائز اهمیت است:

سرب، سولفور، سیلیکا، آهن، روی، بیسموت و... [۵].

عملیات جداسازی در کار حاضر در ابتدا به روش ناپیوسته^۲ جهت یافتن شرایط بهینه استخراج انجام شد و سپس با توجه به شرایط بهینه حاصله، بررسی اثر زمان و تعداد مراحل استخراج با استفاده از غشای مایع توده‌ای (BLM)^۳ چندمرحله‌ای در محیط‌های اسیدی (نیتریک اسید و کلریدریک اسید) صورت گرفت. جهت آماده کردن محلول فروشویی لجن، ابتدا عملیات فروشویی اسیدی لجن با استفاده از نیتریک اسید ۳/۷۵ مولار انجام گرفت. در روش استخراج با استفاده از غشای مایع عملیات استخراج و عریان‌سازی عنصر مورد نظر بصورت همزمان و با استفاده از محلول‌های به ترتیب استخراج‌کننده و عریان‌ساز صورت می‌گیرد. بسته به چگونگی و نحوه تماس فازها، این غشاها به انواع مختلف غشای مایع توده‌ای، غشای مایع امولسیون^۴ و غشای مایع پایه‌دار^۵ تقسیم‌بندی می‌شوند. در این میان غشای مایع توده‌ای با توجه به برخورداری از مزایایی چون آسانی عملیات، هزینه عملیاتی مناسب و مقرون به صرفه و پایداری عملیات بیشتر مورد استفاده قرار گرفته است. مطالعات بسیاری در رابطه با جداسازی عناصری چون توریم، اورانیوم، زیرکونیوم، نئوبیم و... از محلول‌های آبی با این روش صورت گرفته است [۶ و ۷]، ولی تاکنون جهت استفاده از روش غشای مایع توده‌ای پیوسته به منظور استخراج تلوریم از محیط‌های کلرایدی تحقیقی صورت نگرفته است. لذا در این پژوهش به انجام این بررسی پرداخته شده است.

۲. روش کار

۲.۱. روش انجام آزمایش‌های استخراج با حلال

در ابتدا فروشویی ۲۰/۶ گرم از لجن مس آندی با استفاده از نیتریک اسید ۳/۷۵ مولار به مدت ۹۰ دقیقه در دمای 90°C انجام شد. بدین ترتیب بازیابی عناصری چون تلوریم، سلنیم، نقره و مس به ترتیب به مقادیری چون ۷۴/۲۲٪، ۶۴/۲۸٪، ۷۲/۴۷٪ و ۹۷/۶۵٪ درصد می‌رسد. پس از جداسازی محلول فروشویی از باقیمانده جامد لجن مس آندی، استخراج تلوریم از محیط نیتریک اسید و کلریدریک اسید با غلظت‌های به ترتیب برابر با ۳/۷۵ و ۱ تا ۴ مولار با استفاده از استخراج‌کننده‌های مختلف رقیق‌شده در کروزن چون TBP، Cyanex272 [۸]، Alamin336 [۹، ۱۰]، DEHPA [۱۱] مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور محلول‌های آبی (محلول حاصل از فروشویی لجن آندی مس) و آلی (محلول‌هایی با غلظت‌ها و ترکیبات مختلف از استخراج‌کننده‌های یادشده) در نسبت‌های حجمی مختلف فاز آلی به آبی برابر با ۱ تا ۳ به مدت ۲۴ ساعت در دمای محیط در شیکر با دور ۲۵۰ rpm مجاور شدند. پس از گذشت زمان مذکور و اختلاط کامل فازها، جداسازی فازهای آبی و آلی از یکدیگر با استفاده از قیف جداکننده صورت گرفت و فاز آبی جهت اندازه‌گیری غلظت

¹ Electrowinning

² Batch

³ Bulk liquid membrane (BLM)

⁴ Emulsion liquid membrane (ELM)

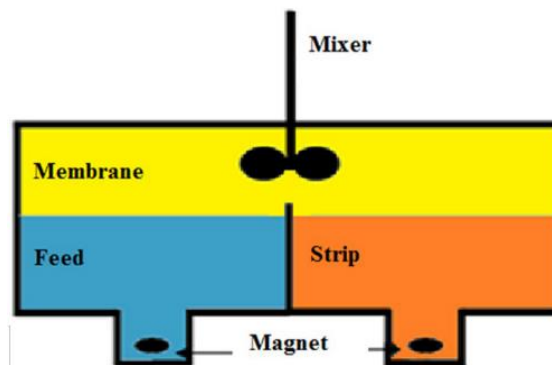
⁵ Supported liquid membrane (SLM)

عناصر تلوریم و سلنیم موجود در آن به آنالیز تحویل داده شد. در آزمایش‌های مربوط به استفاده از استخراج‌کننده TBP، با توجه به امکان برهم‌کنش TBP و نیتریک اسید با یکدیگر و جذب یون‌های نیترات، اشباع‌سازی استخراج‌کننده با محلول نیتریک اسید ۳ M به مدت ۱ ساعت قبل از انجام آزمایش‌ها به‌منظور بهبود عملکرد آن در فرآیند استخراج صورت گرفت [۱۲]. همچنین اثر هم‌افزایی^۶ استخراج‌کننده‌ها و تغییرات غلظتی آن‌ها در فرآیند استخراج عناصر یادشده نیز در آزمایش‌های ناپیوسته مورد بررسی قرار گرفت. به‌علاوه، در بخشی از این آزمایش‌ها بررسی تأثیر مزاحمت یون‌های نقره بر استخراج تلوریم با حذف یون نقره از محلول فروشویی لجن آندی مس به روشی که در ادامه به آن پرداخته شده است، صورت گرفت. حذف یون‌های نقره با افزودن ۴ ml محلول کلریدریک اسید ۸ M به ازای هر ۲۰۰ ml محلول فروشویی، انجام گرفت [۱۳]. و محلول حاصله به‌منظور تأیید حذف یون‌های نقره با استفاده از دستگاه آنالیز ICP-OES مورد آنالیز قرار گرفت.

۲.۲. روش انجام آزمایش‌ها در مدول غشای مایع توده‌ای

شرایط بهینه استخراج و جداسازی گزینشی تلوریم با استفاده از غشای مایع توده‌ای به روش تاگوچی در کار پیشین بررسی شد [۱۴]. در این قسمت از تحقیق پیش رو با توجه به شرایط بهینه استخراج گزارش شده، بررسی اثر زمان و تعداد مراحل جداسازی بر گزینش-پذیری و انتقال یون‌های تلوریم از محلول فروشویی لجن آندی مس با استفاده از غشای مایع توده‌ای انجام گرفته است. بدین منظور آزمایش‌های مختلفی جهت انجام این بررسی در مان‌های ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۲۴۰ دقیقه در دمای محیط و در غلظت‌های کلریدریک اسید فاز خوراک و عریان‌ساز به ترتیب برابر ۴ و ۰/۵ مولار و غلظت TBP برابر ۳۰٪ حجمی رقیق‌شده در کروزن انجام شد. خوراک مورد استفاده نیز محلول حاصل از فروشویی لجن مس آندی پس از حذف نقره با غلظت‌های برابر با ۱۶۷۰ mg/L مس و ۳۴۰۶ mg/L سلنیم و ۱۰۸ mg/L تلوریم می‌باشد. به منظور صحت‌سنجی، برخی از آزمایش‌های مذکور بیش از دو بار تکرار شدند. در هر آزمایش به‌منظور تعیین گزینش‌پذیری و درصد انتقال، غلظت سلنیم، تلوریم و مس در فاز خوراک و عریان‌ساز با استفاده از ICP-OES اندازه‌گیری شد. به‌علاوه برای بررسی اثر تعداد مراحل جداسازی توسط غشای مایع توده‌ای، محلول عریان‌ساز در هر مرحله از غشای مایع توده‌ای خارج شد و پس از تنظیم اسیدیته آن برابر ۴ مولار توسط کلریدریک اسید به‌عنوان فاز خوراک وارد غشای مایع توده‌ای جدیدی می‌گردد. در هر مرحله غشای مایع (TBP رقیق‌شده در کروزن (۳۰٪ حجمی)) و محلول عریان‌ساز ۰/۵ مولار کلریدریک اسید تازه استفاده می‌گردد و زمان تماس فازها ۲۴۰ دقیقه انتخاب می‌گردد. در هر مرحله گزینش‌پذیری و درصد انتقال با توجه به مشخصات اولیه خوراک (ولین مرحله) محاسبه گردیده است.

برای این منظور از یک سلول غشایی دو محفظه‌ای مطابق شکل (۱) استفاده شد [۱۵]. یکی از محفظه‌ها با ۳۰ میلی‌لیتر محلول کلریدریک اسید به‌عنوان فاز گیرنده و محفظه دیگر با ۳۰ میلی‌لیتر از فاز خوراک (فاز دهنده) پر شد. ۴۰ میلی‌لیتر کروزن حاوی TBP با غلظت معین به‌عنوان فاز غشای مایع در بالای فاز دهنده و گیرنده قرار گرفت. هر سه فاز توسط همزن مکانیکی بخوبی همزده شدند.



شکل ۱. دستگاه غشایی مایع برای انتقال یون تلوریم [۱۵].

در این آزمایشات غلظت یون فلزی در محلول آبی با استفاده از روش طیف‌سنجی پلاسمای جفت‌شده القایی اندازه‌گیری شد و فاکتور بازیابی (RF) مطابق رابطه زیر محاسبه شد [۱۶]:

$$Rf\% = \left[\frac{Cd_0 - Cd_t}{Cd_0} \right] \times 100, \quad (1)$$

که در آن Cd_0 غلظت اولیه یون فلز در فاز دهنده (محلول خوراک) است و Cd_t غلظت یون فلزی در فاز دهنده در زمان t می‌باشد. همچنین فاکتور انتقال (TF) مطابق معادله‌ی زیر محاسبه شد.

$$Tf\% = \left[\frac{Ca_t}{Cd_0} \right] \quad (2)$$

بطوریکه Ca_t غلظت یون فلز در فاز گیرنده در زمان t می‌باشد. همچنین فاکتور جداسازی گزینشی تلوریم نسبت به سایر یون‌ها بصورت رابطه (۳) تعریف می‌شود. که در آن objective ion و other ion به ترتیب بیانگر یون‌های تلوریم و سایر یون‌ها چون مس و سلنیم می‌باشند.

$$SF_{\text{objective ion/other ion}} = \left[\frac{(Ca_t/Cat)_{\text{objective ion}}}{(Ca_t/Cat)_{\text{other ion}}} \right] \times 100 \quad (3)$$

۳. نتایج

۳.۱ نتایج استخراج حلالی در محیط نیترات

در این سری از آزمایش‌ها همان‌طور که در بخش ۱.۲ آورده شد، تأثیر تغییرات غلظت اسید، هم‌افزایی استخراج‌کننده‌های مختلف، استفاده از اصلاح‌کننده و همچنین اشباع‌سازی استخراج‌کننده TBP در فرآیند استخراج تلوریم بررسی شد. نتایج این بررسی‌ها در جدول ۱ آورده شده است. با توجه به نتایج دیده می‌شود که استخراج تلوریم از محیط نیتریک اسید بسیار ناچیز می‌باشد. همچنین با توجه به امکان تداخل نقره در فرآیند استخراج تلوریم از لجن آندی مس، حذف این عنصر از محلول فروشویی لجن به روشی که در بخش ۱.۲ آورده شد، صورت گرفت.

جدول ۱. نتایج استخراج تلوریم از محیط نیتریک اسید.

ردیف	نام استخراج‌گر	رقیق‌کننده	O/A	اصلاح‌کننده	اشباع‌سازی TBP	درصد استخراج تلوریم (%)
۱	TBP 30%	کروزن	۱:۱	—	انجام‌شده	۱۰/۸۵
۲	TBP 30%	کروزن	۱:۱	—	انجام‌نشده	۱/۶۹
۳	TBP 30%	کروزن	۲:۱	—	انجام‌شده	۱۶/۴۱
۴	DEHPA 5%	کروزن	۱:۱	—	انجام‌نشده	۱۳/۱۶
۵	TBP 30%	کروزن	۱:۱	—	انجام‌نشده	۷/۷۳
۶	Cyanex 272 (۰/۰۵ مولار)	کروزن	۱:۱	—	انجام‌نشده	۱۴/۹۲
۷	Alamine 336 (۰/۰۲۳۵ مولار)	کروزن	۱:۱	—	انجام‌نشده	۱۴/۵۱
۸	Alamine 336 (۰/۰۱۵ مولار) + TBP 30%	کروزن	۱:۱	دکانول	انجام‌شده	—
۹	Alamine 336 (۰/۰۱۵ مولار) + TBP 30%	کروزن	۳:۱	دکانول	انجام‌شده	—
۱۰	Alamine 336 (۰/۰۱۵ مولار)	کروزن	۱:۱	دکانول	—	—
۱۱	Alamine 336 (۰/۰۱۵ مولار)	کروزن	۳:۱	دکانول	—	—

۲.۳. نتایج استخراج حلالی در محیط کلراید

با توجه به راندمان پایین استخراج حلالی از محیط نیتریک اسید، به منظور دستیابی به درصد استخراج بالاتر تلوریم و حذف یون‌های مزاحم نقره، بر اساس مطالعات صورت گرفته در این زمینه، استخراج در محیط کلریدریک اسید انجام گرفت [۱۷]. نتایج حاصل از استخراج از این محیط در جدول ۲ آورده شده است. با توجه به جدول تأثیر تداخل یون‌های نقره بر استخراج عناصر تلوریم کاملاً مشهود می‌باشد و نتایج نشان می‌دهند که استخراج تلوریم از محیط کلریدی محلول فروشویی لجن آندی مس با استفاده از استخراج‌کننده TBP 70% باراندمان بالایی ممکن است. با حذف نقره از محلول فروشویی لجن آندی مس، غلظت عناصر تلوریم، سلنیم و مس از طریق دستگاه آنالیز ICP-OES اندازه‌گیری و به ترتیب مقادیر ۱۳۴/۲ mg/L، ۴۰۲۶ و ۲۰۰۴ گزارش شدند.

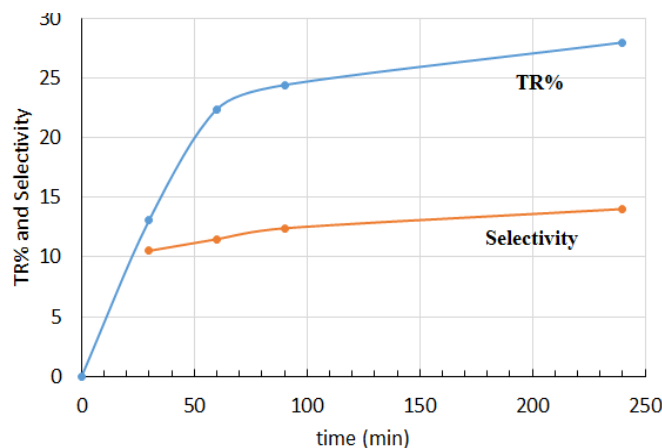
جدول ۲. نتایج استخراج تلوریم از محلول فروشویی در حضور یون کلراید.

ردیف	نام استخراج‌گر	رقیق‌کننده	O/A	حذف نقره	اشباع‌سازی	مولاریته کلریدریک اسید در محلول فروشویی	درصد استخراج تلوریم (%)
۱	TBP 70%	کروزن	۳:۱	انجام شده	انجام نشده	۲ مولار	۸۹/۸۱
۲	TBP 70%	کروزن	۳:۱	انجام شده	انجام نشده	۴ مولار	۹۸/۸۷

۳.۳. نتایج حاصل از بازیابی با استفاده از غشای مایع توده ای

۳.۳.۱ بررسی اثر زمان بر جداسازی انتخابی تلوریم از محلول فروشویی لجن آندی مس توسط غشای مایع توده‌ای

اثر افزایش زمان تماس فازها در غشای مایع توده‌ای بر گزینش‌پذیری و درصد انتقال در شکل ۲ نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می‌گردد افزایش زمان تا ۲۴۰ دقیقه سبب افزایش درصد انتقال تا حدود ۲۸٪ و افزایش گزینش‌پذیری تا ۱۴ می‌گردد. پس از گذشت ۶۰ دقیقه شیب تغییرات درصد انتقال کاهش یافته می‌یابد ولی گزینش‌پذیری با شیب ثابتی در حال افزایش می‌باشد. لذا برای داشتن درصد انتقال و گزینش‌پذیری بالا زمان تماس ۲۴۰ دقیقه برای انجام آزمایش‌های غشای مایع توده‌ای توصیه می‌گردد.

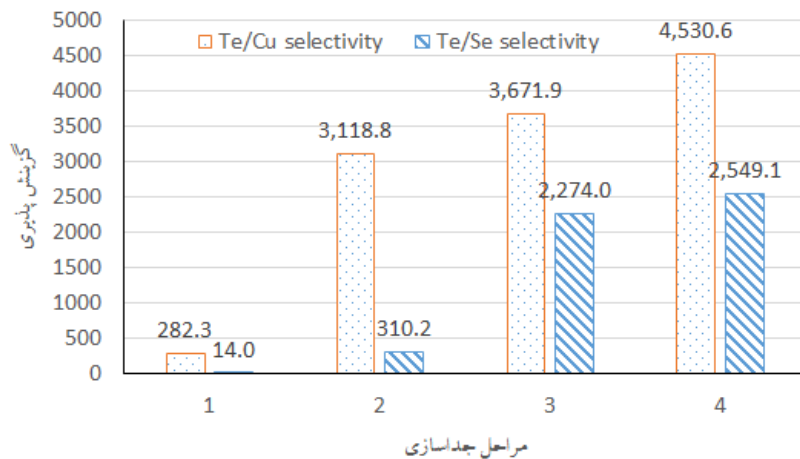


شکل ۲. اثر زمان بر جداسازی گزینشی تلوریم توسط غشای مایع توده‌ای.

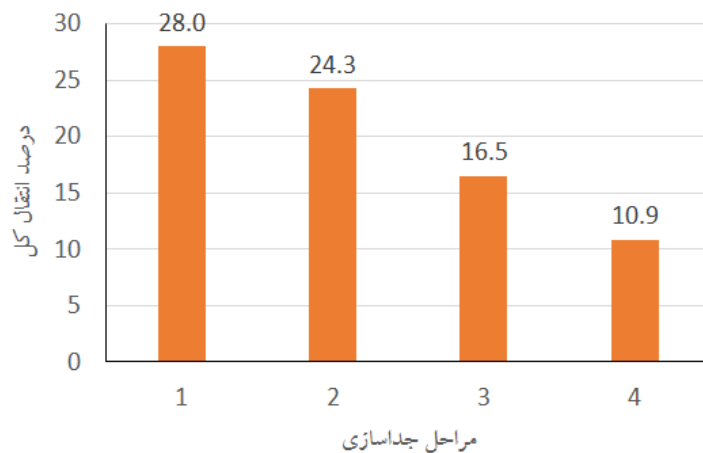
۳.۳.۲ بررسی اثر تعداد مراحل جداسازی توسط غشای مایع توده‌ای بر جداسازی انتخابی تلوریم

در این بررسی در هر مرحله غشای مایع (TBP رقیق شده در کروزن (۳۰٪ حجمی)) و محلول عریان ساز ۰/۵ مولار کلریدریک اسید تازه استفاده می‌گردد و زمان تماس فازها ۲۴۰ دقیقه انتخاب می‌شود. در هر مرحله گزینش‌پذیری و درصد انتقال با توجه به مشخصات اولیه خوراک (اولین مرحله) محاسبه گردیده است. گزینش‌پذیری تلوریم نسبت به سلنیم و مس در شکل ۳ و درصد انتقال تلوریم کل در

مراحل مختلف در شکل ۴ آورده شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود به دلیل تنظیم اسیدیته محلول عریان‌ساز، نیاز است تا این محلول در هر مرحله رقیق‌شده که این امر سبب کاهش غلظت تلوریم در هر مرحله و نتیجتاً کاهش درصد انتقال کل در هر مرحله می‌شود. علی‌رغم این موضوع همانطور که در شکل ملاحظه می‌شود گزینش‌پذیری تلوریم نسبت به سلنیم و یا مس با افزایش مراحل به شدت افزایش می‌یابد بطوریکه پس از ۴ مرحله جداسازی گزینش‌پذیری تلوریم نسبت به سلنیم برابر ۲۵۴۹ و گزینش‌پذیری تلوریم نسبت به مس برابر ۴۵۳۰/۶ می‌گردد.



شکل ۳. گزینش‌پذیری تلوریم نسبت به سلنیم و مس در مراحل مختلف.



شکل ۴. درصد انتقال کل تلوریم از محلول فروشویی لجن مس آندی توسط غشای مایع توده‌ای چندمرحله‌ای

۴. نتیجه‌گیری

از آزمایش‌های ناپیوسته استخراج حلالی در محیط نیترات مشخص شد، با توجه به امکان تداخل نقره و امکان برهم‌کنش TBP و نیتریک اسید با یکدیگر و جذب یون‌های نیترات در فرآیند استخراج تلوریم از لجن مس آندی، استخراج تلوریم از محیط نیتریک اسید بسیار ناچیز است.

از آزمایش‌های ناپیوسته استخراج حلالی در محیط کلراید محلول فروشویی لجن مس آندی مشخص شد، استخراج تلوریم با استفاده از استخراج‌کننده 70% TBP، در نسبت فاز آلی به آبی (O/A) برابر با ۳:۱، طی مدت ۲۴ ساعت از محیط کلریدریک اسید ۴ مولار با راندمان بالایی ممکن است. بطوریکه درصد استخراج تلوریم برابر با ۴۶/۹۷٪ به دست آمد.



از آزمایش اثر زمان بر جداسازی انتخابی تلوریم از محلول فروشویی لجن مس آندی توسط غشای مایع توده‌ای با غلظت کلریدریک اسید در فاز خوراک و عریان‌ساز به ترتیب برابر ۴ و ۰/۵ مولار و غلظت TBP در کروزن ۳۰٪ حجمی مشخص شد، افزایش زمان تا ۲۴۰ دقیقه سبب افزایش درصد انتقال تا حدود ۲۸٪ و افزایش گزینش پذیری تا ۱۴ می‌گردد.

از آزمایش اثر تعداد مراحل جداسازی بر جداسازی انتخابی تلوریم از محلول فروشویی لجن مس آندی توسط غشای مایع توده‌ای با غلظت کلریدریک اسید در فاز خوراک و عریان‌ساز به ترتیب برابر ۴ و ۰/۵ مولار و غلظت TBP در کروزن ۳۰٪ حجمی مشخص شد، گزینش-پذیری تلوریم نسبت به سلنیم و یا مس با افزایش مراحل به شدت افزایش می‌یابد بطوریکه پس از ۴ مرحله جداسازی گزینش پذیری تلوریم نسبت به سلنیم برابر ۲۵۴۹ و گزینش پذیری تلوریم نسبت به مس برابر ۴۵۳۰/۶ می‌شود.

۵. تشکر و قدردانی

بدینوسیله از مسئولین پژوهشکده مواد و سوخت هسته‌ای، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی ایران که امکانات انجام این تحقیق را فراهم آورده‌اند تشکر و قدردانی می‌شود.

۶. مراجع

1. L. Koehler et al. Iodine-124: a promising positron emitter for organic PET chemistry, *Molecules*. 15(4), 2686 (2010)
2. A.M.S. Braghirolli et al. Production of iodine-124 and its applications in nuclear medicine, *Appl. Radiat. Isot.* 90, 138 (2014)
3. K.M. El-Azony, A.A. Mohty, and M. Salah, Separation and purification of ^{131}I from tellurium material using ion exchange for preparing tetra-butyl ammonium iodide (^{131}I), *Appl. Radiat. Isot.* 61(6), 1185 (2004).
4. A. Didi, A. Dadouch, and H. El Bekkouri, Feasibility study for production of iodine-131 using dioxide of tellurium-130, *Int. J. Pharm. Pharmaceut. Sci.* 8(327), 331 (2016)
5. M. Abdullah, S.Z. Shafaei, Optimized Leaching Conditions for Selenium from Sar-Cheshmeh Copper Anode Slimes, *Iran. J. Chem. & Chem. Eng.* 23, 101 (2004).
6. F. Zahakifar et al. Kinetic study of uranium transport via a bulk liquid membrane containing Alamine 336 as a carrier, *J. Radioanal. Nucl. Chem.* 316(1), 247 (2018).
7. M.R. Yaftian, A.A. Zamani, and S. Rostamnia, Thorium (IV) ion-selective transport through a bulk liquid membrane containing 2-thenoyltrifluoroacetone as extractant-carrier, *Sep. Purif. Technol.* 49(1), 71 (2006).
8. K.C. Sole, T.L. Ferguson, and J.B. Hiskey, Solvent extraction of silver by Cyanex 272, Cyanex 302 and cyanex 30. *Solvent Extraction and Ion Exchange*, 12(5), 1033 (1994)
9. G. Young, B. Richardson, and R.E. Funderlich, *Title of paper*, *J. Appl. Phys.* 44, 5151 (1973).
10. D.K. Mandal, B. Bhattacharya, and R.D. Das, Recovery of tellurium from chloride media using tri-isooctylamine, *Sep. purif. technol.* 40(2), 177 (2004)
11. F. Zahakifar et al. Kinetic study of uranium transport via a bulk liquid membrane containing Alamine 336 as a carrier, *J. Radioanal. Nucl. Chem.* 316(1), 247 (2018).
12. W.A. Rickelton, U.S. Patent No. 4623522A (1986)
13. M. Abdollahy, Ph.D. Thesis, Leeds University, UK; 1996.

۱۴. ن. یزدانی احمد آبادی و همکاران. استحصال تلوریم از محلول فروشویی لجن مس آندی توسط غشای مایع توده ای، بیست و ششمین

کنفرانس هسته ای ایران، ۷ و ۸ اسفند ماه ۱۳۹۸، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران (In Persian)

15. W.K. Wang et al, U.S. Patent No. 9630844 (25 April, 2017)
16. S.A. Milani, A. Charkhi, and S. Eshghi, Selective transport of zirconium (IV) and niobium (V) from hydrochloric media through a bulk liquid membrane, *J. Iran. Chem. Soc.* 15(8), 1821 (2018).
17. D. Li et al. Solvent extraction of tellurium from chloride solutions using tri-n-butyl phosphate: conditions and thermodynamic data, *Sci. World J.* 2014 (2014).