

استخراج مایع - مایع انتخابی روی از محلول لیج بدون استفاده از حلال آلی

محمود عبدالهی^{۱*}، احمد خدادادی^۲، مهدی هادی نژاد نوکنده^۳

۱. تهران، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده فنی و مهندسی، بخش مهندسی معدن (minmabd@modares.ac.ir)

۲. تهران، دانشگاه تربیت مدرس دانشکده فنی و مهندسی، بخش مهندسی معدن (akdarban@modares.ac.ir)

۳. تهران، دانشگاه تربیت مدرس دانشکده فنی و مهندسی، بخش مهندسی معدن (mahdi.hadinejad@gmail.com)

چکیده

در این تحقیق، با استفاده از پارامترهای بهینه آزمایشگاهی مربوط به استخراج یونهای Zn^{+2} از محلول سنتزی، قابلیت سیستم های دو فاز آبی پلیمر پلی اتیلن گلیکول - نمک، بعنوان جایگزین سیستمهای مرسوم استخراج با حلال (SX) جهت استخراج انتخابی یونهای Zn^{+2} از محلولهای لیج حاوی آهن، مطالعه شد. در نهایت استخراج کننده های کلرید موجود در سیستمهای دو فاز آبی متشکل از پلیمر پلی اتیلن گلیکول و نمک سولفات سدیم تحت شرایط بهینه pH برابر ۳، غلظت یون کلرید برابر با ۱ مول بر لیتر، ۴/۴ سی سی محلول حاوی ۵۰ درصد وزنی پلیمر PEG 1500، ۵ سی سی محلول حاوی ۱۵ درصد وزنی سولفات سدیم و نسبت سترات به آهن برابر ۱۸، یونهای Zn^{+2} را بطور انتخابی در حدود ۷۰ درصد به فاز PEG استخراج نمودند، در حالیکه درصد استخراج یونهای Fe^{+2} حدود ۱۵ درصد بدست آمد.

مشخصات مقاله

تاریخچه مقاله:

دریافت: ۱۴ دی ۸۹

دریافت پس از اصلاح: ۲۲ تیر ۹۰

پذیرش نهایی: ۳۱ مرداد ۹۰

کلمات کلیدی:

سیستم دو فاز آبی

پلی اتیلن گلیکول

استخراج انتخابی Zn^{+2}

ماسک کردن آهن

۱- مقدمه

در این تحقیق، استخراج انتخابی روی از محلول لیچ حاوی آهن، توسط سیستم‌های دو فازی آبی پلیمر- نمک مورد بررسی قرار گرفته است.

بدلیل استفاده از حلال‌های گوناگون و عوامل استخراج کننده مختلف، سیستم استخراج با حلال^۱ روش قدرتمندی برای جدایش یونهای فلزی می باشد، اما معایبی مانند سمیت و قابلیت اشتعال حلالهای آلی و هزینه ی بالای استفاده از این حلالها در حجم زیاد [۱، ۲، ۳]، باعث شده است که تلاش های زیادی جهت جایگزین کردن سیستم های جدید، در کاربردهای صنعتی صورت بگیرد. اخیراً، سیستم های دو فازی آبی بدین منظور به بهره برداری رسیده است. این سیستم ها توانمند بوده و جایگزین های خوبی در زمینه ی جدایش و تخلیص پروتئین ها، بیو- نانو ذرات^۲، اسیدهای نوکلئیک و یونهای فلزی می باشند [۴]. این سیستم ها- بخصوص سیستم های دو فازی آبی (پلیمر- نمک) - نشان داده اند که جهت استخراج یونهای فلزی، جایگزینهای دوستدار محیط زیست و به صرفه از نظر اقتصادی برای سیستم های استخراج با حلال هستند [۵، ۶]. در سیستم دوفازی آبی می توان همان تجهیزات مربوط به سیستم استخراج با حلال مرسوم را مورد استفاده قرار داد [۷]. تا کنون به ندرت بر روی کاربرد این نوع از سیستم ها در زمینه ی استخراج یونهای فلزی مطالعاتی انجام شده است [۸].

۲- مواد، روشها و تجهیزات

پلیمر پلی اتیلن گلیکول با وزن مولکولی میانگین ۱۵۰۰ گرم بر مول، نمکهای کلرید سدیم (NaCl)، سولفات سدیم (Na₂SO₄)، سیترات سدیم (Na₃Cit) و اسید سولفوریک (H₂SO₄) از شرکت مرک آلمان بدون هر گونه خالص سازی مورد استفاده قرار گرفت. جهت بدست آوردن محلول لیچ، از کنسانتره سولفیدی روی باما اصفهان استفاده شد.

ابتدا حجم مشخص از محلول حاوی نمک سفید رنگ تشکیل دهنده فاز سنگین با درصد وزنی مشخص (سولفات سدیم یا سیترات سدیم) در لوله فالکون ۱۵ سی سی ریخته شده توسط اسید سولفوریک، pH فاز سنگین تنظیم شد. سپس حجم مشخص از محلول آبی حاوی پلیمر سفید رنگ PEG1500 با درصد وزنی مشخص، بعنوان فاز سبک، به لوله ی فالکون انتقال داده شد. با افزودن میزان مورد نظر از یونهای Cl⁻ و Citrate³⁻ (در صورت نیاز) محتویات لوله ابتدا با دست مقداری تکان داده، و زمان ۵ دقیقه، جهت به تعادل رسیدن سیستم، در نظر گرفته شد (می توان برای رسیدن به تعادل سریعتر از سانتریفوژ در مقیاس آزمایشگاهی استفاده نمود).

قابل ذکر است که به منظور تهیه محلول لیچ مناسب بعنوان فاز سنگین سیستم های دو فازی، بر روی کنسانتره ی سولفیدی روی باما، که آنالیز XRF آن مطابق جدول ۱ است، عملیات لیچینگ با شرایط آزمایشگاهی مطابق جدول ۲ انجام شد. از آنجا که صرفاً تهیه ی محلول حاصل از لیچینگ با هر عیاری از یون فلزی روی در دستور کار بود، مناسب سازی پارامترهای لیچینگ مد نظر قرار نگرفت.

جدول (۱) آنالیز XRF کنسانتره سولفیدی روی معدن بامای

اصفهان

ترکیب	درصد وزنی	ترکیب	درصد وزنی
Zn	۵۴/۳۲	MgO	۱۲
SO ₃	۱۷/۶۳	Ba	۰/۲۸
SiO ₂	۱۲/۰۳	Pb	۰/۸۷
Fe ₂ O ₃	۷/۴۲	Cu	۰/۰۸
CaO	۱/۳	P ₂ O ₅	۰/۴
Al ₂ O ₃	۱/۸۲	Na ₂ O	۱/۱
LOI	۱/۶	-	-

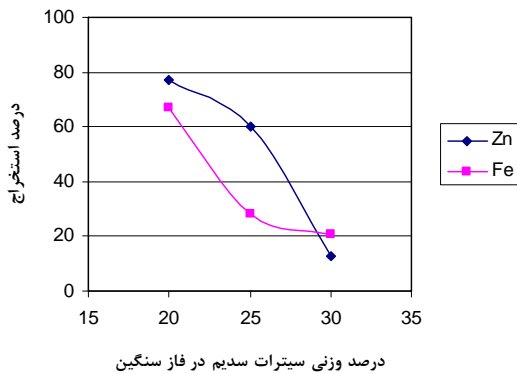
نمک های استفاده شده در سیستم های دو فازی آبی پلیمر- نمک ارزان تر از پلیمر هایی هستند که در کنار پلیمر پلی اتیلن گلیکول (PEG) تشکیل سیستم دو فازی می دهند. پر کاربرد ترین سیستم های دو فازی پلیمر- پلیمر، دکسترن^۳ - PEG می باشد که از نقطه نظر اقتصادی و عملیاتی یکسری محدودیتهایی دارند که در مقابل، سیستم های متشکل از نمک - PEG این محدودیت را ندارند. در سیستم های دو فازی پلیمر- نمک، فازها ویسکوزیته ی پایینی داشته و در مدت زمان کوتاھتری جدا می شوند [۹، ۱۰ و ۱۱]. علاوه بر این، سیستم های دوفازی نمک - PEG یک محدوده ی وسیعی از تفاوت هیدروفوبیسیته ی میان دو فاز را فراهم می نمایند (تفاوت انرژی آزاد گیبس هیدراسیون نمک تشکیل دهنده ی فاز سنگین با پلیمر، زیاد می باشد) [۹].

1-solvent extraction
2-bio-nano particles
3-dextran

استخراج مایع- مایع انتخابی روی از محلول لیج بدون استفاده از حلال آلی

که به علت قلیایی شدن محلول به علت افزودن سیترات، جهت تنظیم pH اسیدی، حجم زیادی از اسید استفاده می شود که ترکیب سیستم دو فاز را تحت تاثیر قرار داده و حجم سیستم را بالا می برد.

۳- هم چنین بدلیل شرکت بخش اعظمی از آنیونهای سیترات موجود در محلول، در فرآیند هیدراسیون (و عدم شرکت در کمپلکس سازی با یون های آهن فریک و روی)، علی رغم مقدار بالای آنیونهای سیترات موجود در فاز سنگین، درصد استخراج ۷۷ درصد برای روی بدست آمد. بنابراین از نمک سولفات سدیم (Na_2SO_4) بعنوان نمک تشکیل دهنده فاز سنگین استفاده شد.



شکل (۱) تأثیر درصد وزنی Na_3Cit در فاز سنگین بر استخراج انتخابی روی از آهن

۳-۲- استفاده از سولفات سدیم به عنوان نمک تشکیل دهنده ی فاز سنگین و بررسی تاثیر pH

دو آزمایش اولیه با pH های ۲ و ۴/۱ به منظور بررسی تاثیر آن بر روی استخراج انتخابی روی انجام شد. ضمن آنکه نسبت آنیون های سیترات به آهن فریک برابر ۲۰ در نظر گرفته شد. بقیه پارامترهای ثابت عبارتند از حجم استفاده شده از محلول ۱۵٪ وزنی Na_2SO_4 برابر ۵ سی سی (میزان ۱۵ درصد وزنی از سولفات سدیم در فاز سنگین، از نتایج آزمایش های اولیه بدست آمده است)، غلظت یون کلرید برابر ۱ مول بر لیتر، نسبت مولی سیترات به آهن فریک برابر ۲۰، حجم استفاده شده از محلول ۵۰٪ وزنی PEG1500 برابر ۴/۴ سی سی و مقدار وزنی روی و آهن افزوده شده به سیستم دو فاز به ترتیب برابر ۳/۴ و ۵/۴ میلی گرم. همانگونه که در جدول ۳ دیده می شود، در هر دو pH درصد استخراج پایین بوده، هم چنین استخراج انتخابی صورت نگرفت، که احتمالاً بدلیل

با انجام عملیات لیچینگ با شرایط جدول ۲، محلول لیج بدست آمده فیلتر شده و پس از رقیق سازی لازم و با توجه به نتایج حاصل از XRF کنسانتره ی سولفیدی روی، که عناصر آهن و روی از درصد بالایی برخوردار بودند، نمونه جهت آنالیز عناصر روی و آهن به دستگاه جذب اتمی داده شد، که دستگاه، مقادیر روی و آهن موجود در محلول را به ترتیب حدود ۳۱۵۰۰ ppm و ۲۰۰۰۰ ppm نشان داد.

جدول (۲) شرایط بکار رفته در آزمایش لیچینگ

دور همزن (rpm)	دما، °C	زمان لیج، دقیقه	غلظت سولفات فریک	غلظت اسید سولفوریک
۸۰۰	۸۵	۹۰	۱ مولار	۳ مولار

۳- نتایج و بحث

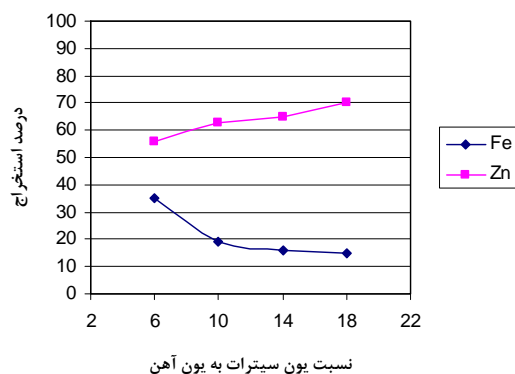
۳-۱- استفاده از محلول حاوی ماسک کننده سیترات سدیم (Na_3Cit) بعنوان فاز سنگین سیستم دو فاز

با توجه به شرایط مناسب بدست آمده از آزمایش های اولیه، غلظت کلرید موجود در سیستم برابر ۱ مول بر لیتر، pH برابر ۱/۵، حجم استفاده شده از محلول ۵۰٪ وزنی PEG1500 برابر ۴/۴ سی سی و مقدار وزنی روی و آهن افزوده شده به سیستم دو فاز به ترتیب برابر ۳/۴ و ۵/۴ میلی گرم در نظر گرفته شد. سه محلول با درصدهای وزنی ۲۵،۲۰ و ۳۰ توسط انحلال نمک سیترات سدیم در آب مقطر حاصل شده و به میزان ۵CC از هر محلول برای تهیه سیستم دو فاز مربوط استفاده شد. با توجه به شکل ۱ می توان گفت:

۱- استفاده از سیترات سدیم بعنوان نمک تشکیل دهنده ی فاز سنگین منطقی نمی باشد زیرا باعث آزاد شدن غلظت زیادی از یونهای سیترات در محلول فاز سنگین شده و در نتیجه بدلیل خاصیت ماسک کنندگی (masking) آن، بازداشت یونهای روی و آهن را بدنبال خواهد داشت. یونهای سیترات $(\text{C}_2\text{H}_5\text{O}_7)^{3-}$ بدلیل وجود اتمهای اکسیژن در ساختار خود، با یونهای فلزی تشکیل کمپلکس های هیدروفیل می دهد و باعث می شوند که در فاز سنگین سیستم های دو فاز آبی باقی بمانند [۱۲]. لذا با افزایش درصد وزنی سیترات سدیم در فاز سنگین از ۲۰ به ۳۰ درصد، میزان استخراج روی از ۷۸ به ۱۵ درصد رسید.

۲- نکته ی منفی دیگری که استفاده از نمک سیترات سدیم بعنوان نمک تشکیل دهنده فاز سنگین دارد، این است

های سیترات به آهن فریک برابر ۶، ۱۰، ۱۴ و ۱۸ در نظر گرفته شد. همانگونه که از شکل ۲ دیده می شود، با افزایش نسبت سیترات به آهن فریک موجود در فاز سنگین، استخراج انتخابی تر می شود.



شکل (۲) بررسی اثر نسبت $\text{Cit}^{3-}/\text{Fe}^{+2}$ موجود در فاز سنگین بر استخراج انتخابی روی از آهن

توضیح اینکه، با افزایش نسبت سیترات به آهن فریک موجود در فاز سنگین، pH فاز سنگین نیز بالاتر رفته و لذا باعث می شود که آنیونهای سیترات آزاد بیشتری حضور داشته باشند (بدلیل عدم اتصال به کاتیونهای H^+ و بدنال آن، بازداشت آهن فریک به خوبی صورت می گیرد (آن یون سیترات با یونهای آهن فریک نسبت به یونهای روی کمپلکس های پایدارتری تشکیل می دهد [۱۳]). از طرفی بدلیل در دسترس بودن آن یون های کلریدی بیشتر برای یونهای Zn^{+2} (بدلیل عدم تشکیل کمپلکس با یونهای آهن فریک)، کمپلکس های کلریدی روی بیشتری تشکیل شده و روی استخراج می شود. همانگونه که از شکل ۲ دیده می شود، بهترین حالت از استخراج انتخابی برای سیستمی با نسبت سیترات به آهن فریک برابر با ۱۸ رخ داد (استخراج روی ۷۰٪ در مقابل ۱۵٪ استخراج آهن).

۳-۴- بررسی تاثیر تغییر pH فاز سنگین، بر استخراج انتخابی روی از آهن

در این قسمت از آزمایش ها با استفاده از پارامترهای مناسب آزمایش های قبلی یعنی حجم استفاده شده از محلول ۱۵٪ وزنی Na_2SO_4 برابر ۵ سی سی، غلظت یون کلرید برابر

استفاده از مقدار بیش از حد آن یون سیترات در سیستم های دو فازی می باشد.

جدول (۳) نتایج مربوط به تاثیر pH فاز سنگین بر استخراج انتخابی روی از آهن

pH	درصد استخراج روی	درصد استخراج آهن
۲	۴۹	۲۸
۴/۱	۴۵	۲۳

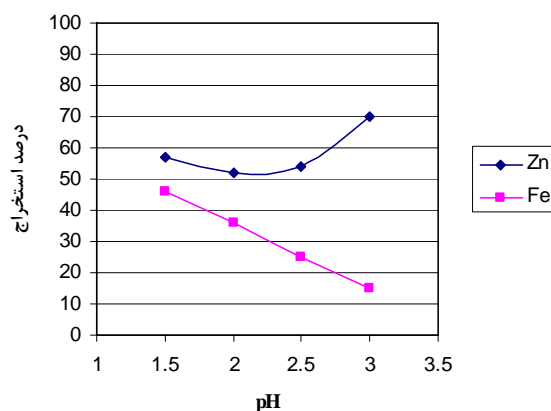
۳-۳- استفاده از نسبت های مختلف مولی سیترات به آهن فریک موجود در فاز سنگین سیستم های دو فازی در این قسمت از آزمایش ها، پارامترهای ثابت عبارتند از حجم استفاده شده از محلول ۱۵٪ وزنی Na_2SO_4 برابر ۵ سی سی، غلظت یون کلرید برابر ۱ مول بر لیتر، pH برابر ۳، حجم استفاده شده از محلول ۵۰٪ وزنی PEG1500 برابر ۴/۴ سی سی و مقدار وزنی روی و آهن افزوده شده به سیستم دو فازی به ترتیب برابر ۲/۰ و ۳/۱ میلی گرم. از آنجا که آهن در فرم آهن فریک کمپلکس های قوی تری با آنیونهای سیترات تشکیل می دهند [۱۳]، لذا ابتدا آهن فروی موجود در محلول توسط پراکسید هیدروژن (H_2O_2) به آهن فریک تبدیل شد. با توجه به اینکه بخشی از یونهای آهن فریک با یونهای کلرید موجود در محلول فاز سنگین، تشکیل کمپلکس می دهد، لذا نسبت آنیونهای کلرید به یونهای روی موجود در فاز سنگین کاهش یافته و احتمال تشکیل کمپلکس های ZnCl^+ وجود خواهد داشت، لذا در دیگر آزمایش ها، مقادیر وزنی ۲mg به جای ۳/۴mg و ۳/۲mg به جای ۵/۴mg، به ترتیب برای یونهای روی و آهن فریک افزوده شده به سیستم دو فازی در نظر گرفته شد. لذا با توجه به اینکه میزان آنیونهای کلرید ثابت باقی ماند، لذا نسبت آنیونهای کلرید به یونهای روی افزایش یافته و امکان تشکیل گونه های ZnCl_2 و در نتیجه استخراج آن افزایش می یابد [۱۴، ۱۵]. در این قسمت تصمیم گرفته شد که آزمایش هایی جهت بررسی اثر نسبتهای مولی مختلف سیترات به آهن فریک موجود در فاز سنگین سیستم دو فازی انجام شود. لذا سیستم هایی با نسبت

Zn²⁺ را بطور انتخابی در حدود ۷۰ درصد به فاز سبک استخراج نمودند، در حالیکه درصد استخراج یونهای Fe²⁺ حدود ۱۵ درصد بدست آمد. لذا می توان با استفاده از استخراج کننده ها و ماسک کننده های مختلف، یونهای فلزی مختلف را با استفاده از سیستم های دو فاز آبی که سیستمهایی دوستدار محیط زیست و اقتصادی هستند، استخراج نمود.

مراجع

- [1] C. Xingguo, Li. Guanbin, and H. Zhide (1996) "Determination of Microamounts of Palladium(II) by Extraction Method without Usual Organic solvent", *Mikrochimica Acta*, 122, 143-149.
- [2] G. Rodrigues, D. Silva, M. Silva, L. Paggioli, F. G. Minim, and L. A. Coimbra (2008) "Liquid-Liquid extraction of metal ions without use of organic solvent", *Separation and Purification Technology*, 687-693.
- [3] L. Bulgariu, and D. Bulgariu (2008) "Extraction of metal ions in aqueous polyethylene glycol-inorganic salt two-phase systems in the presence of inorganic extractants: Correlation between extraction behaviour and stability constants of extracted species", *Journal of Chromatography A*, 1196-1197, 117-124.
- [4] A. B. Mageste, and L. R. D. Lemos (2009) "Aqueous two-phase systems: An efficient, environmentally safe and economically viable method for purification of natural dye carmine", *Journal of Chromatography A*, Article in press.
- [5] J. Huddleston, H. D. Willauer, S. T. Griffin, and R. D. Rogers (1999) "Aqueous Polymeric Solutions as Environmentally Benign Liquid/ Liquid Extraction Media", *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 38, 2523-2539.
- [6] R. D. Rogers, A. H. Bond, C. B. Bauer, G. Zhang, and S. T. Griffin (1996) "Metal ion separation in polyethylene glycol-based aqueous biphasic system: correlation of partitioning behavior with available thermodynamic hydration data", *Journal of Chromatography B*, 680, 221-229.
- [7] T. A. Graber, B. A. Andrews, and J. A. Asenjo (2000) "Model for the partition of metal ions in aqueous two-phase systems", *Journal of Chromatography B*, 743, 57-64.
- [8] N. Yoshikuni, T. Baba, N. Tsunoda, and K. Oguma (2005) "Aqueous two-phase extraction of nickel dimethylglyoximate complex and its application to spectrophotometric determination of nickel in stainless steel", *Talanta* 66, 40-44.
- [9] T. Zhang, W. Li, W. Zhou, H. Gao, J. Wu, G. Xu, J. Chen, H. Liu, and J. Chen (2001) "Extraction and separation of gold (I)/ cyanide in polyethylene glycol-

۱ مول بر لیتر، نسبت سیترات به آهن فریک برابر ۱۸، حجم استفاده شده از محلول ۰.۵٪ وزنی PEG1500 برابر ۴/۴ سی سی و مقدار وزنی روی و آهن افزوده شده به سیستم دو فاز به ترتیب برابر ۲/۰ و ۳/۲ میلی گرم، به بررسی تاثیر pH فاز سنگین بر استخراج انتخابی روی از آهن پرداخته شد. همانگونه که در شکل ۳ دیده می شود، روند مشاهده شده تقریباً مشابه با نتایج بدست آمده در آزمایش های قبلی می باشد. لذا همان دلایل را می توان اینجا هم ذکر کرد. تنها تفاوتی که دیده می شود این است که در pH برابر ۱/۵، استخراج روی بیشتری نسبت به pH های ۲ و ۲/۵ صورت گرفت. احتمالاً دلیل این رفتار متفاوت، وجود کاتیونهای H⁺ بیشتر در محلول فاز سنگین باشد، که با تشکیل کمپلکس با آنیون های سیترات می تواند باعث کاهش تاثیر بازدارندگی آن شود. تحت شرایط آزمایشگاهی لحاظ شده درصد استخراج یونهای روی و آهن به ترتیب ۷۰ و ۱۵ درصد بدست آمد. دلیل اینکه فقط دی هیدراسیون جزئی در سیستم های دو فاز آبی، جهت استخراج ضرورت دارد، لذا سینتیک استخراج نسبت به سیستم های استخراج با حلال سریعتر می باشد [۱۶].



شکل (۳) بررسی اثر pH فاز سنگین بر استخراج انتخابی روی از آهن

۴- نتیجه گیری

استخراج کننده های کلرید موجود در سیستمهای دو فاز آبی متشکل از پلیمر پلی اتیلن گلیکول و نمک سولفات سدیم تحت شرایط بهینه pH برابر ۳، غلظت یون کلرید برابر ۱ مول بر لیتر، ۴/۴ سی سی محلول حاوی ۵۰ درصد وزنی پلیمر PEG 1500، ۵ سی سی محلول حاوی ۱۵ درصد وزنی سولفات سدیم و نسبت سیترات به آهن برابر ۱۸، یونهای

- [13] J. Inczedy (1976) *Analytical Applications of Complex Equilibria*, John Wiley & Snos Inc, New York, 317-368.
- [14] J. Lurie, (1975) *Handbook of Analytical Chemistry*, Mir Publisher, Moscow, 283.
- [15] L. Bulgariu, and D. Bulgariu (2007) "The extraction of Zn(II) in aqueous PEG (1550) – (NH₄)₂SO₄ two-phase system using Cl⁻ ions as extracting agent" *Journal of the Serbian Chemical Society*, 72 (3), 289-297.
- [16] X. Liu, Y. Gaob, R. Tang, and W. Wang (2006) "On the extraction and separation of iodide complex of cadmium(II) in propyl-alcohol ammonium sulfate aqueous biphasic system", *Separation and Purification Technology* 50, 263–266.
- based aqueous biphasic systems", *Hydrometallurgy* 62, 41-46.
- [10] A. Salabat (2001) "The influence of salts on the phase composition in aqueous two-phase systems: experiments and predictions", *Fluid Phase Equilibria*, 187–188, 489–498.
- [11] M. V. Berlo, K. Luyben, and L. Wielen (1998) "Poly(ethylene glycol)–salt aqueous two-phase systems with easily recyclable volatile salts", *Journal of Chromatography B*, 711, 61–68.
- [12] Z. Marczenko (1986) *Separation and Spectrophotometric Determination of Elements*, John Wiley & Snos Inc, New York, 32-76.

Selective liquid-liquid extraction of zinc from leach solution without using organic solvent

M. Abdollahy^{1,*}, A. Khodadadi², M. Hadinejad nokandeh³

1. Tehran. Tarbiat Modares University, Faculty of Engineering (minmabd@modares.ac.ir)
2. Tehran. Tarbiat Modares University, Faculty of Engineering (akdarban@modares.ac.ir)
3. Tehran. Tarbiat Modares University, Faculty of Engineering (mahdi.hadinejad@gmail.com)

ABSTRACT

In this paper, by utilizing optimum experimental parameters related to zinc ions extraction from synthetic solution, potential of polyethylene glycol(PEG)- salt aqueous two- phase systems as an alternative for conventional solvent extraction systems (SX), for selective separation of zinc(II) from iron ions in leach solutions was studied. Finally at pH=3.0, $[Cl^-]=1$ mol/liter, 4.4cc of 50%(w/w) solution containing PEG 1500, 5cc of 15%(w/w) solution containing Na_2SO_4 , and citrate to iron ratio=18, Zn^{+2} ions was extracted selectively by chloride ions extractants from leach solution containing Fe^{+2} and Zn^{+2} , to the extent of 70% into the PEG phase, whereas, the percent extraction of Fe^{+2} ions, was about 15%.

All right reserved.

ARTICLE INFO

Article history:

Received 4 Jan. 2011

Received in revised form 13 Jul. 2011

Accepted 22 Jul. 2011

Key words:

aqueous two-phase system

Polyethylene glycol

selective extraction of zinc(II)

masking of iron

* Corresponding author