

## بررسی انتقال غشاء مایع منیزیم از آب دریا با استفاده از حلال سبک و واکنش رسوبی در فاز گیرنده

سهیل پاشنازاده قراغیلي، میر مهدی زاهدی\* و مرتضی ضیاء الدینی اورانی

گروه شیمی دریا، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، ایران

(تاریخ دریافت: 1397/6/10 تاریخ پذیرش: 1398/3/72)

آب دریا و نیز پساب حاصل از فرایند اسمز معکوس دارای مقدار زیادی یون منیزیم است که می‌تواند به عنوان یک منبع بزرگ و تقریباً وسیع استخراج آن به شمار آید. یکی از این روش‌های جداسازی منیزیم که مورد توجه محققین جداسازی قرار گرفته است، استفاده از غشا مایع توده ای است. در این تحقیق، یک فرایند غشایی مایع توده ای با حلال سبکتر از آب با حامل 18-کرون-6 جهت انتقال و جداسازی یونهای منیزیم به شکل رسوب بهکار گرفته شد. اثر چهار عامل نوع حلال گیرنده، pH فاز خوراک، زمان و دمای جداسازی بر میزان استخراج تعیین شد. نتایج نشان داد که با استفاده از سیکلو هگزانون به عنوان حلال سبک، در pH استخراج 4، با زمان استخراج 62 دقیقه و دمای استخراج 35 درجه سانتیگراد بهترین نتیجه حاصل شد. بعد از بهینه سازی شرایط استخراج منیزیم، پساب حاصل از اسمز معکوس و آب دریا مورد بررسی قرار گرفت.

کلید واژه: انتقال غشایی مایع توده ای، منیزیم، آب دریا، 18-کرون-6

### مقدمه

می باشد که به شکل نمک و مواد معدنی در آب وجود دارد [5].

بنابراین جداسازی منیزیم از آب دریا با روش‌های استخراجی کارا، می‌تواند اولویت پژوهشی مهمی باشد. یکی از روش‌های مهم پیش رو برای نیل به این هدف، استفاده از روش‌های غشایی است.

غشاء به عنوان یک فاز که اجزای خوراک، به صورت انتخابی از آن عبور می‌کنند، تعریف می‌گردد. در این روش، معمولاً تغییر فازی صورت نمی‌گیرد و محصولات نیز در همدیگر قابل امتزاج اند [6].

در فرایندهای غشایی، جزئی از خوراک که از غشاء عبور می‌کند به نام جزء تراوش کرده و بخشی که نتواند از غشاء عبور کند، جزء نگه داشته شده، نامیده می‌شود که بر اساس هدف جداسازی، هر کدام از آنها می‌توانند به عنوان محصول در نظر گرفته شوند. نیروی محرکه لازم در فرایندهای غشایی می‌تواند به صورت اختلاف غلظت، فشار، دما و پتانسیل الکتریکی باشد. ساده‌ترین نوع غشاها، بر اساس اختلاف اندازه ذرات عمل می‌کنند که از این نظر مشابه صافی‌ها هستند [7]. غشاء مایع یکی از اشکال ساده و جالب در جداسازی غشایی است که رشد پیوسته‌ای داشته است. غشاء مایع، شامل حلال غیر قابل امتزاج بین دو فاز خوراک (دهنده) و محصول (گیرنده) می‌باشد که اگر یکی از اجزای مخلوط از درون غشاء مایع، سریع‌تر از جزء دیگر و یا به کمک عامل تسهیل کننده، عبور کند، فرایند جداسازی انجام می‌پذیرد. انواع روش‌های انتقال مایع را می‌توان با عنوان غشایی مایع توده‌ای (BLM)، غشایی مایع تثبیت شده (SLM) و غشایی مایع امولسیون (ELM) معرفی کرد [8]. مقالات زیادی در مورد غشاهای مایع و انتقال تسهیل شده به خصوص برای جداسازی منیزیم منتشر شده است. به عنوان مثال زاهدی و همکارانش از روش غشایی توده ای تسهیل شده با استفاده از 18-کرون-6 و دی بنزو-18-کرون-6 [9]، گوش و همکارانش با بهره‌گیری از غشاهای جامد فراصافی پلی‌سولفون و پلی‌اتیلن‌ایمین به عنوان عامل کمپلکس ساز [12]،

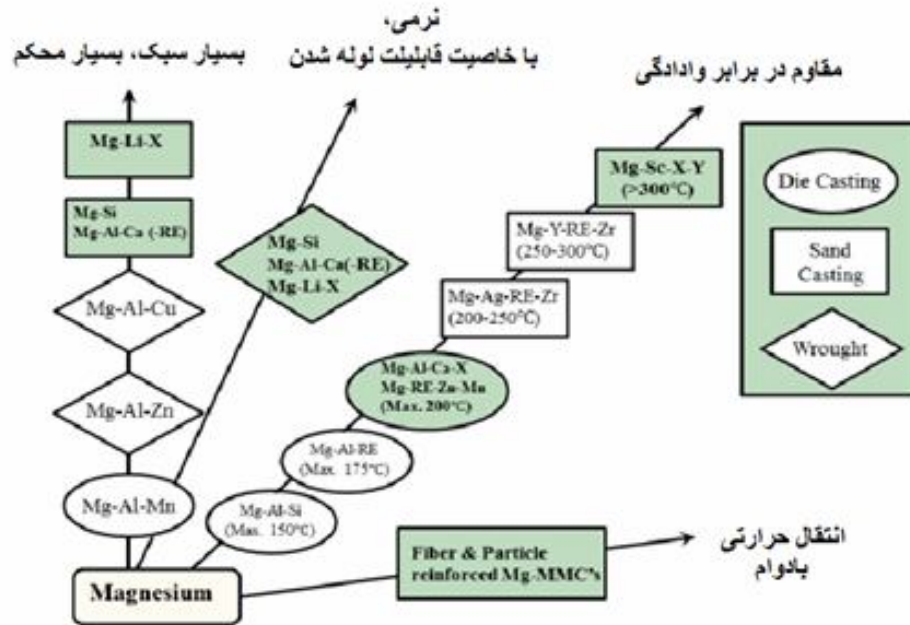
درون غشاء مایع، سریع‌تر از جزء دیگر و یا به کمک عامل تسهیل کننده، عبور کند، فرایند جداسازی انجام می‌پذیرد. انواع روش‌های انتقال مایع را می‌توان با عنوان غشایی مایع توده‌ای (BLM)، غشایی مایع تثبیت شده (SLM) و غشایی مایع امولسیون (ELM) معرفی کرد [8]. مقالات زیادی در مورد غشاهای مایع و انتقال تسهیل شده به خصوص برای جداسازی منیزیم منتشر شده است. به عنوان مثال زاهدی و همکارانش از روش غشایی توده ای تسهیل شده با استفاده از 18-کرون-6 و دی بنزو-18-کرون-6 [9]، گوش و همکارانش با بهره‌گیری از غشاهای جامد فراصافی پلی‌سولفون و پلی‌اتیلن‌ایمین به عنوان عامل کمپلکس ساز [12]،

دلیل و همکارانش با استفاده از غشاهای جامد فراصافی ولی در pH کنترل شده و با استفاده از عوامل کمپلکس ساز مشتق شده از هیدرازین استیک اسید [13]، گوپتا و همکارانش از روش غشایی نانوصافی و با بهره‌گیری از غشایی تجاری NF-255 [14]، سمرانی و همکارانش از غشاهای نانوفول NF-90 [15] و تلزنسکی و همکارانش از دو نوع غشایی تجاری NE2540-70 و DS-5 DL [16] برای جداسازی و

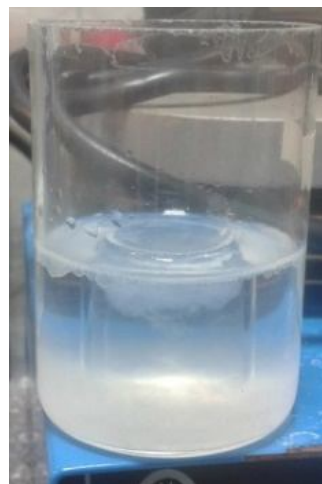
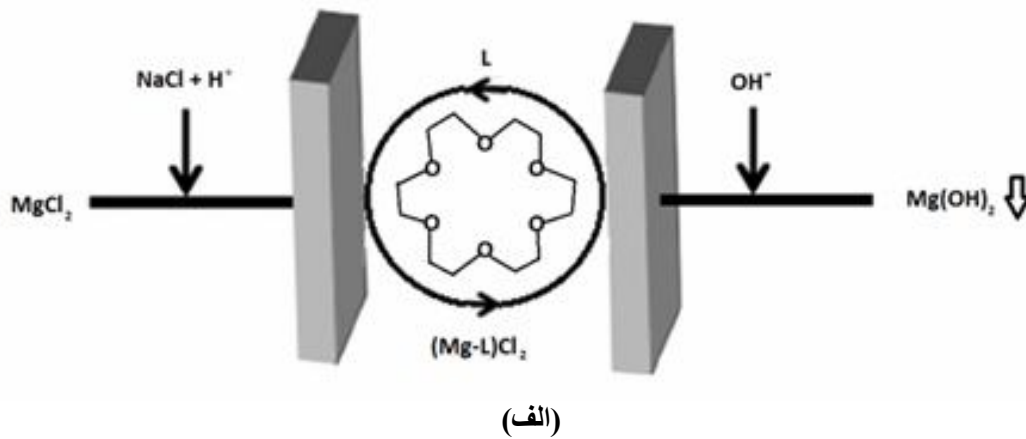
منیزیم در گروه دو (IIA) جدول تناوبی به عنوان فلز قلیایی خاکی، فلزی است به رنگ سفید تا نقره‌ای با نماد Mg، عدد اتمی 12، وزن اتمی 24/3050 و ساختار بلور آن شش‌گوش یا هگزگونال متراکم می‌باشد. منیزیم هشتمین عنصر فراوان در پوسته زمین و سومین عنصر فراوان و محلول در آب دریاست [1]. این عنصر از ریزغذایی‌هایی است که به جذب کلسیم کمک کرده و یکی از ضروری‌ترین املاحی است که باید روزانه در رژیم غذایی گنجانده شود. لذا نقش حیاتی در حفظ سلامت استخوان‌ها و دندان دارد. آنزیم‌ها را فعال می‌کند، به بدن انرژی می‌دهد و به کارکرد بهتر بدن کمک می‌کند [2].

منیزیم به عنوان آلیاژ ساز برای ساخت آلیاژ آلومینیوم منیزیم (شکل 1) استفاده می‌شود. آلیاژهای منیزیم به دلیل دارا بودن استحکام ویژه بالا، جایگزین مناسبی برای فولاد و آلومینیوم برای استفاده در قطعات سبک در صنایع اتومبیل و الکترونیک هستند که این موضوع باعث افزایش تقاضای آن شده است [3]. به‌طور کلی کاربردهای منیزیم در دو دسته قابل تقسیم‌بندی است: نخست کاربردهای موادی آن است، که در این کاربرد منیزیم در فرایندهای مختلفی چون تولید آلیاژهای آلومینیومی، گوگردزایی از فولاد یا در الکترودهای حفاظت کاتدی مورد استفاده قرار می‌گیرد. اما در کاربرد دیگر آن، که به کاربردهای سازهای معروف است، از منیزیم قطعاتی ساخته می‌شود که بیشتر در ماشین‌سازی کاربرد دارد.

منابع اصلی استخراج منیزیم عبارتند از آب دریا (منیزیم کلرید،  $MgCl_2$ ) و مواد معدنی شامل دولومیت ( $MgCO_3 \cdot CaCO_3$ )، مگنزیت ( $MgCO_3$ ) و کارنالیت ( $H_2O \cdot MgCl_2 \cdot KCl$ ) [4]. آب دریا دارای مقدار بالایی منیزیم می‌باشد. دریای مدیترانه دارای  $1430 \text{ mg l}^{-1}$  منیزیم است. به طور متوسط اقیانوسها  $1280 \text{ mg l}^{-1}$  منیزیم دارند. در یک کیلومتر مکعب از آب دریا حداقل یک میلیون تن منیزیم وجود دارد، یعنی آب دریا به عنوان منبع اصلی، محتوی  $10^{24} \times 1/7$  تن منیزیم محسوب می‌شود. منیزیم بعد از سدیم فراوانترین کاتیون حل شده در آب دریا



شکل 1. آلیاژهای مختلف منیزیم [3].



(ب)

شکل 2. (الف) شمایی از فرایند BLM و (ب) سل مورد استفاده.

کرون-6-Mg تقارن بیشتری دارد. بنابراین، در این پروژه نیز 18-کرون-6 به عنوان حامل انتقال دهنده انتخاب شد. بهترین انتقال یون منیزیم در  $pH = 3/3$  فاز خوراک در حضور سدیم کلرید و با استفاده از غشاء مایع تسهیل شده کلروفرم و فاز گیرنده حاوی غلظت 1 مولار یون تیوسیانات در  $pH = 3$  برای مدت زمان 62 دقیقه و دمایی 35 درجه سانتیگراد انجام شده است. بررسی اثر مزاحمت یون‌های سدیم، پتاسیم و کلسیم در غلظت آب دریا، نشان داد که انتقال منیزیم غالب بوده و تداخل چندانی از جانب آن‌ها دیده نمی‌شود.

## نتایج و بحث

### انتخاب حلال آلی در جداسازی منیزیم

در فرایند انتقال غشای مایع توده‌ای، انتخاب حلال از اهمیت بالایی برخوردار است [10]. حلال انتخابی برای غشا باید دارای قابلیت تبخیرپذیری و گرانیروی پایین، ثابت دی‌الکتریک و قطبیت مناسب و قابلیت ایجاد ثابت توزیع بالا باشد [11]. برای بررسی اثر نوع حلال مناسب بر میزان استخراج منیزیم، سه حلال n-هگزان، سیکلو هگزان و پترولیوم اتر مورد استفاده قرار گرفت و طبق نتایج بدست آمده (جدول 1) بیشترین درصد استخراج مربوط به حلال سیکلو هگزان است.

به نظر می‌رسد، سیکلو هگزان لایه ی مرزی مناسبی برای انتقال یون در سطح مشترک غشا ایجاد می‌کند و به دلیل تبادل یون بهتر با حلال خوراک حلال مناسبتری است که برای آزمایش‌های بعدی انتخاب گردید. از سویی به دلیل حلالیت بهتر لیگاند مورد استفاده یعنی 18-کرون-6، کارکرد بهتری را از این حلال شاهد هستیم.

### اثر pH فاز آبی خوراک

انتقال و جداسازی یون منیزیم در غشای مایع توده ای بر اساس واکنش لیگاند تاجی به‌عنوان یک کلیت باردار می‌باشد و کمپلکس حاصل پس از گذر از سطح مشترک فاز آلی و فاز آبی خوراک، به سوی سطح مشترک فاز آلی و فاز آبی دهنده منتقل می‌شود. بنابراین، pH فاز آبی خوراک از اهمیت بسزایی برخوردار است [10]. بدین منظور، pH در محدوده 1-10 با HCl و NaOH غلیظ تنظیم و بررسی شرایط انتقال یون منیزیم طبق دستورالعمل گفته شده در بخش قبل دنبال گردید که بیشینه میزان استخراج منیزیم از فاز آبی به فاز غشا در pH 4، مشاهده شد (شکل 3). در pH های بالاتر به دلیل افزایش رقابت و مزاحمت گونه OH<sup>-</sup> به خصوص به علت تشکیل سریع منیزیم هیدروکسید، میزان انتقال و در نهایت میزان استخراج کاهش می‌یابد. به نظر می‌رسد pH اسیدی نقش مهمی در تنظیم قطبیت غشاء در ناحیه مرزی و آماده سازی آن برای انتقال  $Mg^{2+}$  از خوراک به سمت توده غشاء بازی می‌کند [9].

### اثر زمان در فرایند استخراج منیزیم

یافتن زمان بهینه یکی از عوامل بسیار موثر در روشهای استخراج محسوب می‌شود. در کل در فرایند BLM، بررسی سنتیک انتقال از اهمیت شایانی برخوردار است. بدین منظور، درصد انتقال و در نهایت میزان استخراج در زمانهای مختلف مورد بررسی قرار گرفت. همان‌طور که نتایج استخراج در شکل 4 نشان می‌دهد، بیشترین میزان استخراج پس از گذشت 62 دقیقه حاصل شد و بعد از آن میزان استخراج ثابت ماند.

خالص سازی منیزیم همت گماشته‌اند، که هر کدام از مزایا و معایب خاصی برخوردار است.

در این تحقیق، یک فرایند غشای مایع توده ای با حلال سبکتر از آب با حامل 18-کرون-6، جهت انتقال و جداسازی یونهای منیزیم به شکل رسوب با بررسی اثر چهار عامل نوع حلال گیرنده، pH فاز خوراک، زمان و دمایی جداسازی بر میزان استخراج گزارش می‌شود.

## بخش تجربی

### مواد و تجهیزات مورد استفاده

سدیم هیدروکسید (شرکت قطران شیمی) با درصد خلوص 97 درصد، سدیم کلرید (مرک) با درصد خلوص 99/5-100 درصد، n-هگزان با درصد خلوص 85 درصد، سیکلو هگزان، پترولیوم اتر، EDTA، لیگاند 18-کرون-6 همگی با خلوص تجزیه ای مورد استفاده قرار گرفتند. آب مقطر 6 بار تقطیر شده و یون زدایی شده از شرکت مجتمع صنایع تقطیر نانوشیمی سلان تهیه شد. از سدیم هیدروکسید غلیظ و هیدروکلریک اسید غلیظ برای تغییر pH استفاده شد. آنالیت اصلی مورد استفاده در این روش شامل نمک منیزیم کلرید بود که از شرکت مرک با خلوص بالا خریداری شد.

سل غشایی با قطر خارجی 4/75 سانتیمتر، ضخامت 0/2 سانتیمتر و ارتفاع 6/9 سانتیمتر با محفظه داخلی به ارتفاع 3/15 سانتیمتر، قطر خارجی 2/1 سانتیمتر و ضخامت 0/2 سانتیمتر، ترازوی دیجیتالی ADAM مدل 254 pw با دقت 0/0001 گرم، میکروسرنگ 100 میکرولیتری شرکت هامیلتون، همزن مغناطیسی مدل R-50، سانتریفیوژ با دور 4000 بر دقیقه (Uninersed centrifuge PEC)، pH متر رومیزی دیجیتالی TPS مدل wp-80 با الکتروود مدل R-pH، ساخت شرکت TPS Pty Ltd در کار مورد استفاده قرار گرفت.

### روش کار آزمایش

مطابق شکل 2، مقدار 9/5 میلی‌لیتر سدیم هیدروکسید داخل استوانه کوچکی که داخل سل غشایی قرار دارد، ریخته شد. سپس به ترتیب، مقدار 19 میلی‌لیتر از محلول خوراک و 10 میلی‌لیتر از حلال حاوی لیگاند به محلول در استوانه بزرگ سل غشایی افزوده و محتوی سل غشایی با همزن مغناطیسی با دور 200 بر دقیقه به هم زده شد. در زمانهای مختلف غلظت منیزیم در خوراک اندازه‌گیری و به صورت درصد استخراج گزارش شد.

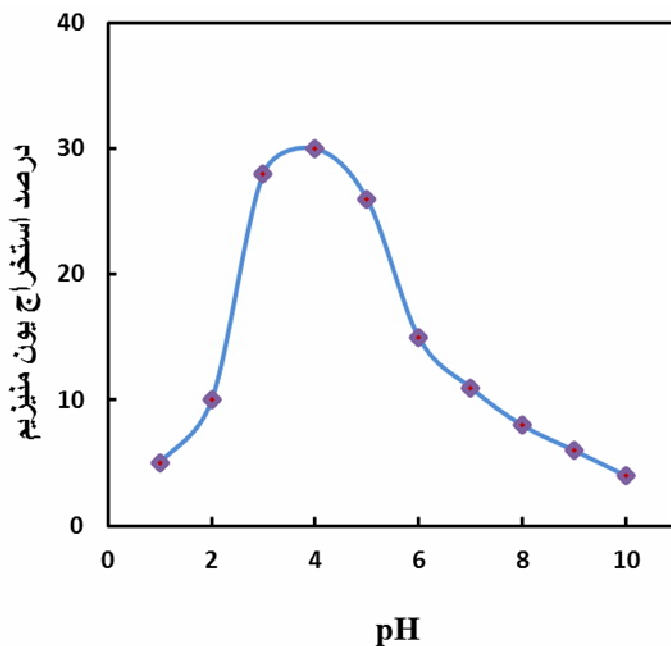
در تحقیق انجام شده برای استخراج و بازیابی منیزیم در آب دریا، از روش غشای توده ای مایع استفاده شد. در این روش، منیزیم موجود در فاز خوراک محتوی محلول 0/01 مولار سدیم کلرید در pH برابر 4، در سطح مشترک حلال آلی و آبی توسط لیگاند موجود در فاز آلی به دام افتاده و همراه با اثر یون مقابل، یونهای کلرید آن خنثی، منیزیم در فاز گیرنده با NaOH غلیظ به صورت منیزیم هیدروکسید رسوب می‌کند. در ادامه عوامل موثر بر توده غشای مایع منیزیم مانند نوع حلال، اثر pH، زمان و دما مورد بررسی قرار گرفت.

حامل تسهیل‌کننده انتخابی در این تحقیق، 18-کرون-6 می‌باشد. نتایج کارهای قبلی [9] نشان داده است که این لیگاند با کاهش اندازه گونه مورد استخراج، ساختار متقارن‌تری به خود می‌گیرد به طوری که ساختار 18-

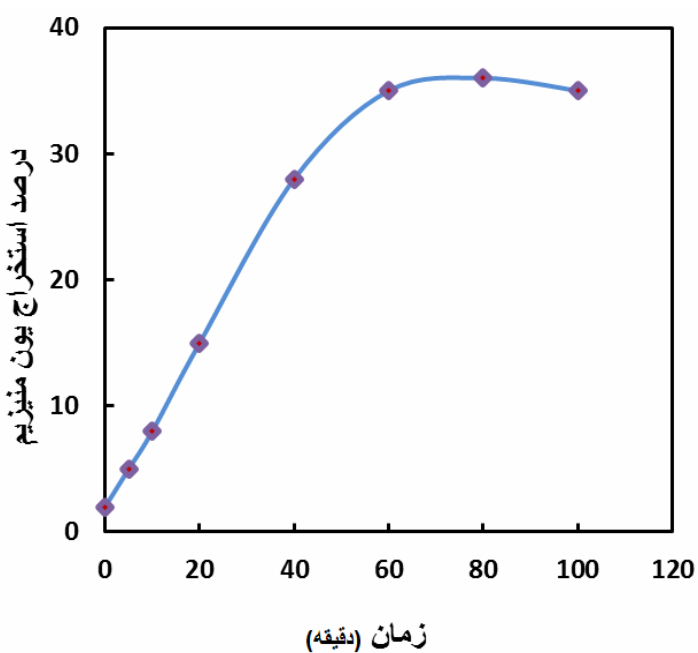
جدول 1. بهینه سازی حلال آلی مناسب برای استخراج منیزیم

پترولیوم اتر	سیکلو هگزانون	n-هگزان	حلال
25	30	15	%E <sup>a</sup>

<sup>a</sup> درصد استخراج به فاز غشاء.



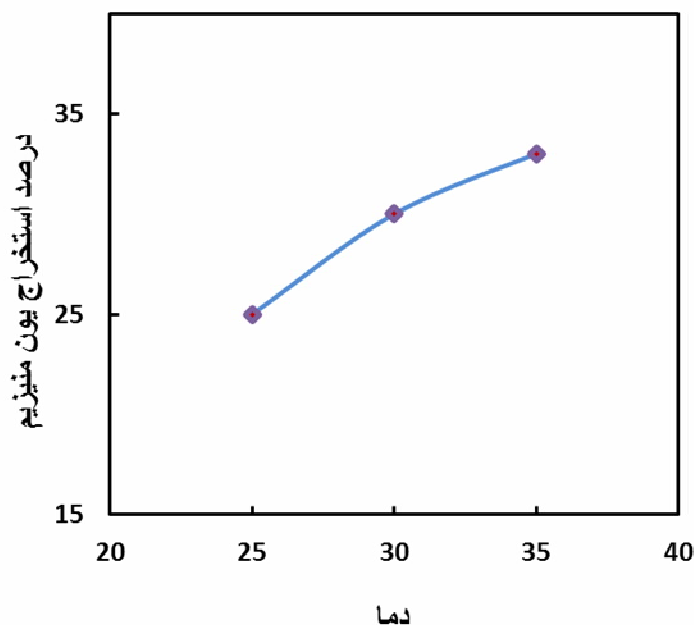
شکل 3. اثر pH فاز آبی خوراک بر درصد استخراج یون منیزیم: خوراک حاوی یون منیزیم 0/059 M و کلرید سدیم 0/01 M، سیکلو هگزانون، حاوی 18-کرون-6 با غلظت 0/001 M در دمای 25 درجه سانتیگراد.



شکل 4. اثر زمان بر درصد استخراج یون منیزیم.

جدول 2. جدول مقایسه روش BLM حاضر با مرجع [9]

روش حاضر	مرجع [9]	
BLM	BLM	روش کار
18-کرون-6	18-کرون-6	نوع لیگاند
سیکلو هگزانون- سیکتر از اب	کلروفرم- سنگین تر آب	نوع حلال غشاء
		و چگالی نسبی
مثبت	منفی	سبز بودن فرایند
رسوبی	کمپلکس کننده	نوع عامل عاری ساز
98%	97%	گزیبش پذیری
62 دقیقه	150 دقیقه	سرعت زمان فرایند
بازی	اسیدی	pH فاز گیرنده
کمتر از مرجع [9]	مناسب	هزینه نسبی و دسترسی به مواد و تجهیزات مورد نیاز



شکل 5. اثر دما بر درصد استخراج یون منیزیم.

انرژی برهمکنش حلال و مواد، مورد بررسی قرار گرفت [11]. بدین منظور، فرایند استخراج در سه دمای 25، 30 و 35 درجه سانتیگراد با قرار دادن سل جداسازی در حمام آب انجام شد. نتایج این بررسی (شکل 5) نشان دهنده آن است که دمای 35 درجه سانتیگراد، مناسبترین دما برای استخراج محسوب می شود که حاکی از افزایش تحرکپذیری اجزاء شرکت کننده در واکنش انتقال منیزیم است. به علت آنکه در روش انتخابی برای انتقال که الزاماً شامل استفاده از حلال

بنابراین، 62 دقیقه به عنوان زمان بهینه برای آزمایش های بعدی انتخاب گردید. طبق شواهد موجود، تجمع رسوب منیزیم هیدروکسید در غشاء مرزی و در پاره های موارد انتشار آن به درون غشاء را کاهش و باعث تضعیف سرعت و توقف انتقال می شود.

#### اثر دما در فرایند استخراج منیزیم

دما به عنوان عامل مهم دیگر در میزان استخراج با توجه به تاثیر بر

### سپاسگزاری

بدینوسیله از کلیه عزیزان همکار در دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار که ما را در این پروژه یاری دادند به خصوص کارشناسان آزمایشگاه مرکزی از جمله سرکار خانم مهندس جهانتیغ، بهروزی و آقای زادعباس سپاسگزاری می‌شود.

### منابع و مراجع

- 1) B.L. Mordike, T. Ebert. Mat. Sci. Eng. A 302 (2001) 37.
- 2) R. Swaminathan, Clin. Biochem. Rev. 24 (2003) 47.
- 3) P. Asadi, K. Kazemi-Choob, A. Elhami, Welding of Magnesium Alloys. In New Features on Magnesium Alloys, InTech, 2012.
- 4) K.E. Chave, J. Geology, 62 (1954) 587.
- 5) R.R. Haese, J. Smith, R. Weber, J. Trafford, Environ. Sci. Technol. 48 (2014) 8522.
- 6) G. Srikanth, J. Water Condit. Pur. 1 (2008).
- 7) V.S. Kislik Liquid Membranes Principles and Application in Chemical Separation and Waste Water Treatment, Elsevier, B.V., Amsterdam, The Netherlands, 2010
- 8) T. Eljaddi, L. Lebrun, M. Hlaibi, J. Memb. Sci. Res. 3 (2017) 199.
- 9) M.M. Zahedi, S.M. Ghasemi, J. Water Reuse Desal. 7 (2017) 468.
- 10) P. Ajwani, L. Lokwani, U. Sharma, P Natl. A Sci. India A: Phys. Sci. 82 (2012) 91.
- 11) C. Zidi, R. Tayeb, M. Dhahbi, J. Haz. Mat. 194 (2011) 62.
- 12) A.K. Ghosh, V. Ramachandhran, S.P. Singh, M.S. Hanra, M.K. Trivedi, B.M. Misra, J. Macromol. Sci. A 39 (2002) 557.
- 13) G.F. D'alelio, E.T. Hofman, T.R. Dehner, Chelating J. Macromol. Sci. Chem. 4 (1970) 897.
- 14) V.K. Gupta, S.T. Hwang, W.B. Krantz, A.R. Greenberg, Desalination 208 (2007) 1.
- 15) A.H. Somrani, A.H. Hamzaoui, M. Pontie Desalination 317 (2013) 184.
- 16) M. Telzhensky, L. Birnhack, O. Lehmann, E. Windler, O. Lahav, Chem. Eng. J. 175 (2011) 136.

سیک و آن هم در بالاترین بخش سل و در مجاورت هوا است، استفاده از دمای بالاتر منجر به تبخیر حلال به شکل غیر قابل کنترلی می‌شود، بنابراین، از بررسی استخراج در دماهای بالاتر صرف نظر شد.

در نهایت، تحت شرایط بهینه برای استخراج منیزیم یعنی استفاده از حلال سیکلو هگزانون به عنوان حلال گیرنده، pH برابر 4 و در دمای 35 درجه سانتی گراد و زمان 62 دقیقه، عمل استخراج منیزیم انجام شد.

### بررسی اثر مزاحمت‌ها

به جهت نوع پژوهش که در حوزه دریا و آب دریاست، اثر مزاحمت‌ها مورد بررسی قرار گرفت. همان‌گونه که می‌دانیم، آنیون‌ها و کاتیون‌های مختلفی در آب دریا وجود دارند ولی به لحاظ نوع کار، در این پژوهش، از آنیون‌ها، یون کلرید و از کاتیون‌ها، یون‌های سدیم، پتاسیم و کلسیم در غلظت‌های ثابت طبق قانون مرست-آموری در حضور یون منیزیم و در شرایط بهینه BLM استفاده شد. یون کلرید با بازی کردن در نقش یون مقابل، باعث افزایش استخراج منیزیم به فاز غشا شد و بیشترین مزاحمت کاتیون به میزان 9/7 درصد مربوط سدیم بود که با توجه به غلظت بالای آن و گزارش قبلی [9]، قابل پیش‌بینی بود. کلسیم تمایل زیادی به ایجاد برهمکنش با لیگاند 18-کرون-6 دارد ولی به لحاظ پایین بودن غلظت آن در آب دریا نسبت به منیزیم، مزاحمت کمتری نشان داد که در کل، در فرایند کلی BLM طراحی شده برای انتقال منیزیم به خوراک و تشکیل رسوب، قابل چشم پوشی می‌باشد.

### نتیجه‌گیری

هدف این تحقیق، بررسی امکان‌سنجی جداسازی یون منیزیم از آب دریا با استفاده از روش استخراج غشایی مایع است. نتایج نشان داد که مقادیر بهینه عبارتند از: سیکلو هگزانون به عنوان حلال سبک، pH استخراج 4، زمان استخراج، 62 دقیقه و دمای استخراج 35 درجه سانتیگراد. بعد از بهینه سازی، استخراج منیزیم از پساب اسمز معکوس و آب دریا بررسی قرار شد. به منظور یافتن نقاط قوت و ضعف روش حاضر مقایسه آن با مرجع [9] در جدول 2 آورده شده است. همان‌گونه که از داده‌های این جدول پیداست، می‌توان برداشت کرد که روش حاضر از نظر سرعت، سادگی و سبزی بودن به جهت عدم استفاده از حلال‌های کلردار بر روش گزارش شده برتری دارد.

این روش برای استخراج یون منیزیم از آب دریا استفاده شد و بر حسب نتایج بدست آمده از تیتراسیون کمپلکس‌سنجی، مقدار منیزیم حاصل اقتصادی می‌باشد. در نهایت، می‌توان گفت که با توجه به جداسازی یون منیزیم به صورت رسوب، روش پیشنهادی، روشی آسان و سریع و کاربردی برای جداسازی یون منیزیم از منابعی وسیع چون آب دریا محسوب می‌شود.