

استحصال بیشوفیت از شورابه دریاچه نمک به روش شناور سازی یونی

علیرضا جوادی نوش آبادی*⁺، علی اکبر عبدالله زاده

کاشان، دانشگاه کاشان، دانشکده مهندسی، گروه مهندسی معدن

چکیده: بیشوفیت یک کانی منیزیم کلرید آبدار با فرمول $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ است. وزن مخصوص بیشوفیت 1.56 گرم بر سانتیمتر مکعب و جرم مولکولی آن 203.31 می باشد. بیشوفیت کاربرد های فراوانی در صنعت و کشاورزی دارد. هدف این پژوهش، استحصال بیشوفیت با خلوص بالا از شورابه دریاچه نمک می باشد. روش های بسیاری برای استحصال بیشوفیت مانند روش تبخیر خورشیدی و تعویض یونی وجود دارد اما در این پژوهش از یک روش ابتکاری و تازه برای استحصال بیشوفیت استفاده شده است. این روش، شناور سازی یونی است که در این روش از سدیم اولئات به عنوان کلکتور استفاده شد. برای این منظور ابتدا پارامترهای مؤثر بر این فرآیند مشخص شدند سپس آزمایش های مربوط به تأثیر این پارامترها انجام شدند. در این پژوهش فرآورده ای با عیار 98% بیشوفیت و بازیابی 78 درصد از شورابه دریاچه نمک به دست آمد. ویژگی های فیزیکی - شیمیایی شورابه و فرآورده با استفاده از XRD، کمپلوسکومتری، ICP و وزن سنجی تعیین شد.

واژه های کلیدی: بیشوفیت، شورابه، شناور سازی یونی، سدیم اولئات، بهینه سازی.

KEY WORDS: Bischofite, Brine, Ionic flotation, Sodium oleate, Optimization.

مقدمه

منیزیم یکی از عنصرهای فلزی فراوان در طبیعت است. منیزیم سبک ترین فلز با وزن مخصوص 1.74 گرم بر سانتیمتر مکعب است. مهم ترین ترکیبات آن، منیزیم اکسید و منیزیم کلرید می باشد که به ترتیب برای ساختن آجرهای نسوز و مقاوم منیزیم و عایق های متوسط گرمایی و تولید فلز منیزیم به روش الکترولیز استفاده می شوند. بیشوفیت یک کانی منیزیم کلرید آبدار با فرمول $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ است. وزن مخصوص بیشوفیت 1.56 گرم بر سانتیمتر مکعب و جرم مولکولی آن 203.31 می باشد. بیشوفیت به طور مستقیم از دریاچه های نمک و آب دریا به دست می آید. همچنین می توان آن را از واکنش بر روی مایع پس مانده به دست آمده از استخراج

پتاسیم کلرید و یا از محلول معدن کاری به دست آورد [۱-۴]. روش های گوناگونی برای تولید بیشوفیت توسعه یافته اند. در سال های اخیر، روش تبلور انعکاسی برای تولید هگزا آمونیا منیزیم کلرید ($MgCl_2 \cdot 6NH_3$) توسعه یافته است. این فرآیند شامل حل کردن منیزیم کلرید در حلال الکی و سپس رسوب دادن بلور هگزا آمونیا منیزیم کلرید با اضافه کردن آمونیاک است [۵-۸]. روش دیگری که برای به دست آوردن بیشوفیت استفاده می شود، رسوب دهی منیزیم هیدروکسید از آب دریا با استفاده از آهک یا سدیم هیدروکسید است. سپس با استفاده از هیدروکلریک اسید، منیزیم هیدروکسید به بیشوفیت تبدیل می شود [۹-۱۰]. یکی دیگر از روش هایی که برای تولید بیشوفیت از شورابه ها استفاده می شود

*E-mail: javadi64@gmail.com

*عهدہ دار مکاتبات

جدول ۱- ویژگی‌های شیمیایی اولنات سدیم [۱۴].

فرمول	NaC ₁₈ H ₃₃ O ₇
جرم اتمی (g/mol)	۳۰۴٫۴۵
نقطه ذوب (°C)	۲۳۲ - ۲۳۵
حلالیت (g/۱۰۰ cm ³ H ₂ O) (۲۹۸K)	۱۰
چگالی (g/cm ³)	۱٫۱



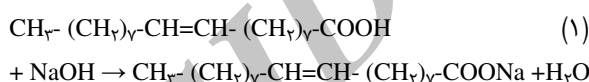
شکل ۱- نمای از دریاچه نمک.

که از سطح دریا ۷۶۵ متر ارتفاع دارد. عیار متوسط مواد معدنی موجود در دریاچه نمک در جدول ۲ آمده است [۱۵].

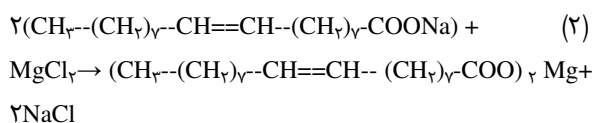
آماده‌سازی مواد

معرف‌های EBT^(۱)، موراکساید^(۲)، EDTA^(۳) برای تیتراسیون و باریم کلرید برای حذف سولفات‌ها همگی محصول مرک، محلول تامپون با pH = ۱۰، وسایل آزمایشگاهی از قبیل ظروف شیشه‌ای شامل بیتهای ده میلی‌لیتری برای نمونه برداری، بالن‌های ژوژه ۵۰، ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌لیتری برای نگهداری آب مقطر و محلول‌های آنالیز شونده، بورت ۵۰ سی سی برای تیتراسیون و بشر ۵۰، ۱۰۰ و ۲۵۰ میلی‌لیتری به‌عنوان تبخیر کننده، ارلن ۱۰۰ و ۲۵۰ میلی‌لیتری برای تیتراسیون، دماسنج جیوه‌ای برای اندازه‌گیری دما در دامنه ۱۳۰ تا ۵- درجه سانتیگراد، ترازوی دیجیتالی با دقت صدم و ده هزارم گرم برای توزین، قیف بوخنر و ارلن تحت خلا برای جداسازی محلول مادر از بلورها، کاغذ صافی برای جمع‌آوری بلورهای

استفاده از دی‌اکسان ۱-۴ برای تشکیل رسوب منیزیم کلرید اکسانات (MgCl₂·۶H₂O·C₄H₈O₂) و سپس خشک کردن آن و تبدیل به بیشوفیت است [۱۱]. همچنین روش دیگری که برای تهیه بیشوفیت مورد بررسی قرار گرفته، روش شناور سازی است. در این روش از سدیم سیترات برای استحصال منیزیم کلرید، استفاده شده است [۱۲]. با توجه به اینکه سدیم اولنات نیز شباهت زیادی به سدیم سیترات دارد به نظر می‌رسد بتوان از آن در به دست آوردن بیشوفیت استفاده کرد. بنابراین در این پژوهش، این روش به نسبت جدید مورد بررسی قرار گرفت. سدیم اولنات از واکنش سدیم هیدروکسید و اولئیک اسید مطابق معادله (۱) تهیه می‌شود [۱۳].



خواص شیمیایی سدیم اولنات در جدول ۱ آمده است. وقتی سدیم اولنات به شورابه دریاچه نمک اضافه شد ماده سفید رنگی روی سطح ظاهر شد که این ماده سفید رنگ منیزیم اولنات است، که در معادله زیر نشان داده شده است. همانطور که در واکنش (۲) مشخص است هر دو مول سدیم اولنات با یک مول منیزیم کلرید واکنش می‌دهد.



بخش تجربی

مواد و تجهیزات

نمونه مورد مطالعه از دریاچه نمک که در بین سه استان اصفهان، قم و سمنان قرار دارد تهیه شده است. این دریاچه از لحاظ موقعیت جغرافیایی در طول ۳۴ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۴۵ دقیقه و عرض جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۴۵ دقیقه قرار دارد (شکل ۱). وسعت این دریاچه بیش از ۲۳۰۰ کیلومتر مربع است. بخش شرقی دریاچه نمک حوضه آبریز آن بوده و از نظر ارتفاع، پست‌ترین نقطه منطقه است

(۱) Eriochrome Black T

(۲) Murexide

(۳) Ethylene Diamine Tetra Acetic Acid

جدول ۲- عیار و چگالی متوسط مواد معدنی دریاچه نمک برحسب ppm و g/cm^3

چگالی	Na	Mg	Ca	Cl	K	SO ₄
۱,۵۲۲۱	۷۴۱۶۹	۱۴۸۸۰	۵۲۰	۱۵۲۹۸۲	۲۳۸۸	۲۱۸۵۳

برای انجام این پژوهش ۴۰ لیتر شورابه از بخش جنوبی دریاچه نمک از محل معدن نمک در نزدیکی شهرستان آران و بیدگل تهیه شد. این مقدار شورابه از چاله‌هایی که توسط لودر به منظور استخراج نمک طعام ایجاد شده بود، جمع‌آوری شد. نتیجه‌های تجزیه شیمیایی شورابه به وسیله دستگاه ICP در جدول ۳ و تجزیه یون‌ها به روش کروماتوگرافی یون و دتکتور فرا بنفش در جدول ۴ آمده است.

روش آزمایش

در آزمایش‌های انجام شده چگونگی افزایش عامل استخراج به محلول تلخابه به دو صورت انجام گرفت. در گروه اول آزمایش‌ها، سدیم اولئات به‌صورت ناگهانی به داخل محلول ریخته شده و سپس عمل همزدن شروع شد. در گروه دوم، سدیم اولئات به‌صورت آرام و پیوسته به محلول در حال همزدن اضافه شد. تفاوت نتیجه‌های به دست آمده از این دو روش در ادامه آورده شده است.

شناورسازی منیزیم

مقدار مناسبی از محلول سدیم اولئات تهیه شده به داخل یک بشر حاوی ۳۰ میلی لیتر شورابه ریخته شده و مخلوط به مدت ۱۰ دقیقه هم‌زده شد. منیزیم اولئات تشکیل شده همراه با محلول مادر به داخل قیف دکانتور منتقل شده و سپس جداسازی شد. جداسازی به دلیل قابلیت شناور شدن منیزیم اولئات به آسانی انجام شد و نیاز به هوادهی نبود. جامد باقیمانده در قیف در مرحله بعدی با HCl و در شرایط $50^{\circ}C$ و هم‌زدن به مدت ۲۰ دقیقه حل شد. بدین ترتیب اولئیک اسید بر روی فاز آبی قرار گرفته و بازیافت شد. محلولی هم که به این ترتیب به‌دست می‌آمد، طی مرحله‌های گوناگونی تبخیر و سرانجام به صورت بلورهای $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ جدا می‌شد.

بررسی اثر پارامترهای مؤثر بر استخراج منیزیم

ابتدا پارامترهای مؤثر بر این فرآیند مشخص شدند که به ترتیب اولویت عبارتند از pH محلول، نسبت‌های مولی سدیم اولئات و منیزیم،

جدول ۳- تجزیه نمونه تهیه شده از شورابه دریاچه نمک برحسب ppm.

عیار	عنصر	عیار	عنصر
۴	Mn	<۰/۱	Ba
۵۶۵۰۰	Na	۲۹۰	Ca
<۰/۲	Zn	<۰/۱	Cd
۸	Sr	<۰/۱	CO
<۰/۱	Pb	<۰/۱	Cr
<۰/۱	Ni	<۰/۱	Cu
۲۸۸۶۰	Mg	<۰/۲	Fe
		۳۲۰۰	K

جدول ۴- تجزیه نمونه تهیه شده از شورابه دریاچه نمک.

واحد	عیار	عنصر
mg/L	<۰/۶	Br
g/L	۱۴۸/۰۴	Cl
g/L	۱۱/۶	SO ₄

صاف شده درون قیف بوختر و خشک کن آزمایشگاهی برای خشک کردن مواد جامد و تبخیر استفاده شده است.

تهیه نمونه و آنالیز آن

با توجه به جدول ۱ شورابه دریاچه نمک شامل آب، منیزیم کلرید، کلسیم کلرید، سولفات‌های سدیم و پتاسیم است. برای اندازه‌گیری آنها می‌توان از دستگاه‌های اندازه‌گیری مانند جذب اتمی (برای اندازه‌گیری مقدار جذب یون‌های کلسیم و منیزیم) و وزن سنجی برای اندازه‌گیری سولفات استفاده کرد. با توجه به بالا بودن مقدار یون‌های منیزیم و کلسیم از دستگاه جذب اتمی جواب دقیقی به دست نمی‌آید. در این پژوهش برای اندازه‌گیری دو عنصر کلسیم و منیزیم از روش تیتراسیون کمپلکسومتری با محلول EDTA و برای اندازه‌گیری سولفات از روش وزن سنجی با استفاده از باریم کلرید برای تشکیل رسوب باریم سولفات استفاده شده است. برای تعیین فاز بلوری هم از دستگاه XRD مدل X'PertPro استفاده شده است.

جدول ۵ - نتیجه‌های بازیابی منیزیم با تغییر غلظت و نسبت مولی.

غلظت منیزیم (g/L)					
۱۶	۱۲	۸	۴	۲	۲
۵۸/۰۱	۵۸/۷۳	۵۹/۱	۶۰/۴۶	۶۷/۶۸	نسبت مولی سدیم اولئات به منیزیم
۶۴/۳۵	۶۵/۱۴	۶۵/۳۴	۶۷/۷۸	۷۳/۵۶	
۷۱/۴۶	۷۲	۷۳/۳۷	۷۵/۴۵	۷۸/۸۹	

جدول ۶ - بازیابی منیزیم در pH و غلظت های مختلف

pH					
۱۰	۸٫۵	۸	۷٫۵	۷	۶٫۵
۴۷/۶۶	۶۹/۵۹	۵۹/۴۵	۵۸/۴۹	۵۳/۶۸	۴۶/۴۶
۴۶/۶۶	۵۷/۸۸	۵۸/۹۷	۵۷/۲۹	۵۲/۴۷	۴۵/۲۵
	۵۴/۶۴	۵۸/۰۱	۵۶/۸۰		

از غلظت ۱۲ استفاده شد، زیرا غلظت منیزیم دریاچه نمک به تقریب ۱۲ تا ۱۴ گرم بر لیتر می‌باشد. البته همان‌گونه که از جدول ۵ مشخص است هرچه غلظت کمتر باشد بازیابی بیشتر است ولی چون برای غلظت‌های پائین نیاز به آب فراوان می‌باشد و تأمین آب منطقه بسیار دشوار بوده و مقرون به صرفه نیست، از غلظت ۱۲ گرم بر لیتر استفاده شد.

pH محلول و غلظت منیزیم

نتیجه‌های به دست آمده از بررسی pH در جدول ۶ آورده شده است. برای بررسی اثر pH، ۳۰ میلی لیتر نمونه با غلظت ۴، ۸ و ۱۲ گرم بر لیتر با pH های گوناگون مورد آزمایش قرار گرفت. گستره‌ی pH مناسب برای شناور سازی منیزیم با غلظت ۱۲ گرم بر لیتر ۸-۷٫۵ می‌باشد، در غلظت ۴ گرم بر لیتر این گستره تا ۸/۵ ادامه داشته اما بعد از آن به علت تشکیل رسوب $Mg(OH)_2$ بازده به شدت کاهش یافته است. در pH های پایین اولئیک اسید بیشتر به شکل اسیدی بوده و درصد کمتری از آن با یون‌های منیزیم ترکیب می‌شود. به همین دلیل راندمان به شدت پایین می‌آید. برعکس در pH های بالاتر کسر بزرگی از اسید به شکل اولئات بوده و در نتیجه منیزیم اولئات بیشتری تشکیل خواهد شد. شایان گفتن است که در این بررسی دما ۲۷ درجه سانتیگراد، سرعت همزن ۲۵۰ دور بر دقیقه و نسبت مولی سدیم اولئات به منیزیم برابر ۲ بوده است.

اثر دور همزن

همان‌گونه که جدول ۷ نشان می‌دهد که افزایش دور همزن تا حد معینی بر روی بازده تأثیرگذار است. براساس نتیجه‌های به دست آمده

دما، غلظت منیزیم و سرعت هم زدن و در ادامه آزمایش‌های مربوط به تأثیر این پارامترها انجام شدند.

نتیجه‌ها و بحث

غلظت منیزیم و نسبت مولی اولئات به منیزیم

اثر نسبت مولی سدیم اولئات به منیزیم و همچنین غلظت منیزیم نمونه مورد بررسی قرار گرفته است. ۳۰ میلی لیتر نمونه در دمای ۲۷ درجه سانتی گراد و pH برابر با ۸، غلظت‌های گوناگون منیزیم و نسبت‌های متفاوت سدیم اولئات به منیزیم مورد بررسی قرار گرفت. همان‌گونه که داده‌های جدول ۵ نشان می‌دهد افزایش غلظت منیزیم در هر سه نسبت سدیم اولئات به منیزیم بر روی راندمان، اثر معکوس داشته است. این تأثیر در غلظت‌های پایین بیشتر است چنانچه جدول نشان می‌دهد تغییر غلظت منیزیم نمونه از ۲ به ۴ در نسبت‌های ثابت باعث کاهش استخراج شده است. این تأثیر در غلظت‌های بالاتر منیزیم خیلی کمتر دیده می‌شود. همچنین اثر افزایش غلظت منیزیم در غلظت‌های پایین و در نسبت سدیم اولئات به منیزیم ۲ در مقایسه با ۳ و ۴ خیلی بیشتر است. به طوری که در نسبت سدیم اولئات به منیزیم ۲ با افزایش غلظت از ۲ به ۴ گرم در لیتر کاهش ۷ درصدی دیده می‌شود. اما میزان این کاهش برای نسبت‌های ۳ و ۴ به ترتیب ۴ و ۲ درصد است. نتیجه‌های به دست آمده نشانگر آن است که روش اولئات بر روی تلخابه نیز قابل به کارگیری است و اگر در نسبت‌های مولی سدیم اولئات به منیزیم بالاتر کار شود کاهش راندمان نیز وجود نخواهد داشت. شایان گفتن است که در این آزمایش افزایش سدیم اولئات ناگهانی بوده است. در نتیجه در آزمایش‌های بعدی

جدول ۷- نتیجه‌های بازیابی منیزیم با تغییر سرعت همزن.

بازیابی (%)	سرعت همزن (rpm)	غلظت منیزیم (g/L)	شماره آزمایش
۵۸,۷۳	۲۵۰	۱۲	۱
۶۳,۱	۴۰۰	۱۲	۲
۶۶,۵۱	۷۵۰	۱۲	۳
۶۷,۷۱	۱۰۰۰	۱۲	۴

جدول ۸- نتیجه‌های بازیابی منیزیم با تغییر دما.

بازیابی (%)	دما (°C)	غلظت منیزیم (g/L)	شماره آزمایش
۶۶,۳۲	۲۰	۱۲	۱
۷۰,۷۵	۲۷	۱۲	۲
۷۱,۲۳	۳۰	۱۲	۳
۷۱,۹۵	۴۰	۱۲	۴
۷۲,۴۳	۵۰	۱۲	۵
۷۳,۱۵	۶۰	۱۲	۶

شکل ۹- نتیجه‌های بازیابی منیزیم با تغییر نسبت مولی C_{oleate} / C_{Mg} در حالت افزایش ناگهانی.

بازیابی (%)	نسبت مولی اولئات به منیزیم	غلظت منیزیم (g/L)	شماره آزمایش
۶۳,۹	۲	۱۲	۱
۶۷,۱۴	۲,۵	۱۲	۲
۷۱,۲۳	۳	۱۲	۳
۷۸,۷۶	۳,۵	۱۲	۴
۸۱,۵	۴	۱۲	۵
۸۳,۷۴	۴,۵	۱۲	۶
۸۵,۲۲	۵	۱۲	۷

این حد سرعت ۴۰۰ rpm می‌باشد. چرخش ۲۵۰ rpm برای همزدن کافی نبوده و در این سرعت واکنش کامل نمی‌شود. در سرعت‌های بالاتر از ۴۰۰ rpm شرایط تکمیل واکنش مهیا بوده و در نتیجه افزایش همزدن تأثیر اندکی دارد. بنابراین در آزمایش‌های بعدی از سرعت ۴۰۰ rpm دقیقه استفاده شد. در این آزمایش از نسبت مولی اولئات به منیزیم ۲، دمای ۲۷ درجه سانتیگراد و pH برابر با ۸ استفاده شد.

اثر دما

براساس داده‌های موجود در جدول ۸ مشخص می‌شود که افزایش دما از ۲۰ درجه سانتیگراد به ۳۰ باعث افزایش ۵ درصدی بازده شده است. در حالی که از ۳۰ درجه سانتیگراد به ۶۰ این تغییرها بیش از ۲ درصد نیست، بنابراین بیشترین تأثیر دما در گستره‌ی ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتیگراد اتفاق می‌افتد. این آزمایش به منظور دیدن بهتر تأثیر دما در نسبت مولی ۳ انجام شده است. در نتیجه چون دمای محیط ۳۰ درجه سانتیگراد بوده و نیاز به صرف انرژی نیست، از همین دما در آزمایش‌های بعدی استفاده شد. در این آزمایش از سرعت همزن ۴۰۰ دور بر دقیقه و pH برابر با ۸ استفاده شد.

اثر نسبت‌های مولی اولئات به منیزیم در شرایط بهینه

این آزمایش‌ها با این هدف انجام گرفت که کمترین نسبت مولی اولئات به منیزیم مناسب (راندمان استخراج بالا) به دست آید. همان‌گونه که در جدول ۹ مشخص است و با توجه به شکل ۲ مشخص می‌شود که با افزایش نسبت مولی C_{oleate}/C_{Mg} از ۲ تا ۴ بازده به شدت افزایش یافته است. اما بالاتر از نسبت ۴ تغییرهای کمی دیده می‌شود. ولی بالاتر از نسبت ۴ تغییرهای کمی دیده می‌شود. بنابراین در نسبت مولی ۵ و با این روش به تقریب تمام یون‌های Mg^{+2} بازیابی خواهند شد. در نسبت‌های مولی بیش از ۲، ناخالصی همراه آن زیاد است چون هر چه نسبت مولی بیشتر می‌شود ناخالصی افزایش می‌یابد، در نتیجه تصمیم گرفته شد تا در آزمایش‌های بعدی اثر افزایش آرام و نسبت مولی کمتر از ۲، مورد بررسی قرار گیرد. در این آزمایش از سرعت همزن ۴۰۰ دور بر دقیقه، دمای ۳۰ درجه سانتیگراد و pH برابر با ۸ استفاده شد.

مقایسه اثر نسبت‌های مولی و اثر دما در حالت افزایش آرام و ناگهانی اولئات

موفقیت حالتی که در آن زیر نسبت استوکیومتری و به صورت افزایش آرام اولئات کار شده بود باعث شد تا آزمایشی طراحی شود.

برای این منظور چندین نمونه در نسبت‌های مولی سدیم اولئات به منیزیم ۱ تا ۲/۲ آزمایش و بازده استخراج هر کدام نیز محاسبه شد. اثر افزایش نسبت C_{oleate}/C_{Mg} در این آزمایش در جدول ۱۰ نشان داده شده است. افزایش ۰/۲ در نسبت‌های مولی از نسبت ۱ تا ۲ در هر نوبت بازده را به اندازه ۱۰٪ افزایش داده است در حالی که از نسبت مولی سدیم اولئات به منیزیم ۲ تا ۲/۲ تأثیر قابل توجهی دیده نمی‌شود و هر چه نسبت مولی افزایش یابد درصد خلوص کاهش می‌یابد. همان‌گونه که در جدول ۱۰ مشخص است و با توجه به این نمودارها در شکل ۳، واضح است که در حالت افزایش پیوسته واکنش در نسبت‌های C_{oleate}/C_{Mg} پایین‌تر و حتی در نسبت استوکیومتری، منیزیم بیشتری به دست می‌آید درحالی که در افزایش ناگهانی این نسبت به دو برابر حالت قبل افزایش یافته است. علت تفاوت زیاد بین دو روش را می‌توان به این صورت توجیه کرد که در حالت اول هر قطره‌ای که وارد محلول می‌شود به خوبی در تمام نقاط محلول پراکنده شده و تمام آن با یون‌های منیزیم ترکیب می‌شود. اما در حالت دوم قسمتی از سدیم اولئات به علت خاصیت جذب سطحی و چسبندگی خود به صورت کامل به قطره‌های ریز تبدیل نشده و به صورت غیرفعال در می‌آید. روشن است که در این حالت برای استخراج همه یون‌های منیزیم مقدار سدیم اولئات بیشتری لازم خواهد بود. در این آزمایش از سرعت همزن ۴۰۰ دور بر دقیقه، دمای ۳۰ درجه سانتیگراد و pH برابر ۸ استفاده شد.

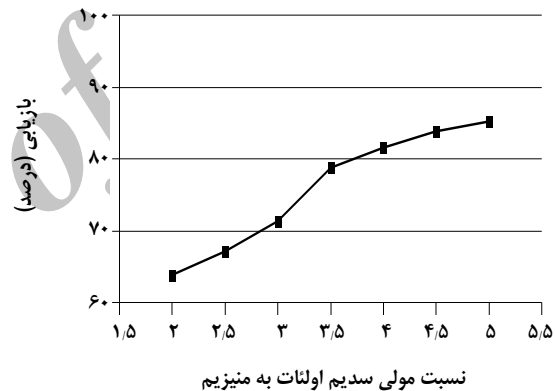
همانند روش افزایش ناگهانی در حالت افزایش آرام اولئات نیز، بیشترین تأثیر دما در محدوده ۲۰ - ۳۰ درجه سانتیگراد دیده شده است (جدول ۱۱) و در دماهای بالاتر افزایش دما تأثیر چندانی بر روی راندمان نداشته است، بنابراین چگونگی افزایش عامل استخراج کننده تأثیری بر مکانیسم اثر دما ندارد. در این آزمایش از سرعت همزن ۴۰۰ دور بر دقیقه، نسبت اولئات به منیزیم ۲ و pH برابر ۸ استفاده شد.

نتیجه‌گیری

با توجه به آزمایش‌ها مشخص شد که می‌توان با اضافه کردن سدیم اولئات به صورت آرام در نسبت استوکیومتری، منیزیم بیشتری را نسبت به حالت افزایش ناگهانی به دست آورد. در نتیجه برای اطمینان بیشتر در شرایط بهینه که عبارتند از pH ۸، دمای ۳۰ درجه (دمای محیط)، سرعت همزن ۴۰۰ دور بر دقیقه، غلظت ۱۲ گرم بر لیتر، و نسبت مولی اولئات بر منیزیم ۲ (به علت خلوص بیشتر منیزیم اولئات به دست آمده

شکل ۹- نتیجه‌های بازیابی منیزیم با تغییر نسبت مولی C_{oleate} / C_{Mg} در حالت افزایش آرام.

شماره آزمایش	غلظت منیزیم (g/L)	نسبت مولی اولئات به منیزیم	بازیابی (%)
۱	۱۲	۱	۳۹,۸۳
۲	۱۲	۱/۲	۴۷,۲۶
۳	۱۲	۱/۴	۵۴,۸۵
۴	۱۲	۱/۶	۶۲,۷۱
۵	۱۲	۱/۸	۷۰,۱۴
۶	۱۲	۲	۷۷,۹۷
۷	۱۲	۲/۲	۷۸,۲۱

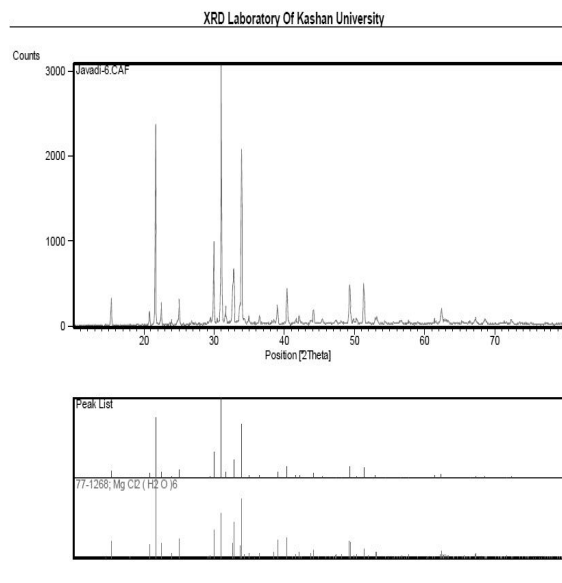


شکل ۲- تأثیر نسبت‌های مولی C_{oleate} / C_{Mg}



شکل ۳- مقایسه نحوه افزایش اولئات سدیم.

و عیار بالاتر) و افزایش سدیم اولئات به صورت پیوسته و آرام روی نمونه شورابه انجام شد، در پایان منیزیم اولئات به دست آمده از شناور سازی با HCl و در شرایط 50°C و همزدن به مدت ۲۰ دقیقه حل شد. بدین ترتیب اولئیک اسید بر روی فاز آبی قرار گرفته و بازیافت شد. محلولی هم که به این ترتیب به دست آمد، توسط خشک کن تبخیر شد و در نهایت به صورت بلورهای $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ به دست آمد. که تجزیه XRD آن در شکل ۴ آمده است. در نتیجه بازیابی آن ۷۸ درصد و عیار بیشوفیت حاصل ۹۸ درصد به دست آمد.



شکل ۴- تجزیه XRD نمونه به دست آمده از شناور سازی یونی.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹، ۵، ۲۸ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰، ۷، ۲۴

مراجع

- [1] Hyoung-Choon E., Hyungkyu P., Ho-Sung Y., Preparation of Anhydrous Magnesium Chloride from Ammonium Magnesium Chloride Hexahydrate, *Advanced Powder Technology*, **21**, p. 125 (2010).
- [2] Ulmann S., "Encyclopedia of Industrial chemistry", 6th Edition, Wiley-VCH, Vol.20, pp. 399-367, (1996).
- [3] Agron P.A., Busing W.R. Magnesium Dichloride Hexahydrate, $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, by Neutron Diffraction, *Acta Cryst.*, **C 41**, p. 8 (1985).
- [4] Yanyan Gao, Haihua Wang, Yunlan Su, Qiang Shen, Dujin Wang, Influence of Magnesium Source on the Crystallization Behaviors of Magnesium Hydroxide, *Journal of Crystal Growth*, **310**, p. 3771 (2008).
- [5] Guangming Long, Peihia Ma, Minxiong Chu, Ammoniation Technology for Dehydration of Hydrated Magnesium Chloride in China, *Materials Sci. Forum*, **95**, p. 488 (2005).
- [6] Xiangtian Wang, Jianhai Zhao, Xingfu Song, Jin Wang, Jianguo Yu, Preparation of Anhydrous Magnesium Chloride from Bischofite ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) I. Reaction Crystallization of Magnesium Chloride Hexammoniate, *Materials Sci. Forum*, **57**, p. 488 (2005).
- [7] Xingfu Song, Jin Wang, Xiangtian Wang, Jianguo Yu, Preparation of Anhydrous Magnesium Chloride from $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ II Thermal Decomposition Mechanism of the Intermediate Product, *Materials Sci. Forum*, **61**, p. 488 (2005).

- [8] Guangming L., Peihia Ma., Zhiming Wu., Mingzhen Li., Minxong Chu., Investigation of Thermal Decomposition of $MgCl_2$ Hexammoniate and $MgCl_2$ Biglycollate Biammoniate by DTA-TG, XRD and Chemical Analysis, *Thermochim. Acta*, **412**, p. 149 (2004).
- [9] Ahmed M., Arakelb A., Hoey D., Thumarukudyd M., Mattheus F.A. Goosen", Al-Haddabi, M., Al-Belushi A., Feasibility of Salt Production Corn Inland RO Desalination Plant Reject Brine: A Case Study, *Desalination*, **158**, p. 109 (2003).
- [10] Alamdari A., Rahimpour M.R., Esfandiari N., Nourafkan E., Kinetics of Magnesium Hydroxide Precipitation from Sea Bittern, *Chemical Engineering and Processing*, **47**, p. 215 (2008).
- [11] Fezei R., Hammi H., M'nif A., Magnesium Chloride Precipitation from Mixed Salt Solution Using 1, 4-Dioxan, *Chemical Engineering Research and Design*, doi:10.1016/j.cherd.2010.06.007 (2010)
- [12] Mazen M., Abu-Khader, Viable Engineering Options to Enhance the NaCl Quality from the Dead Sea in Jordan, *Journal of Cleaner Production*, **14**, p. 80 (2006).
- [13] Li Xiao, Guiying Xu, Zhiqing Zhang, Youbao Wang, Ganzuo Li, Adsorption of Sodium Oleate at the Interface of Oil Sand/Aqueous Solution, *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects*, **224**, p. 199 (2003).
- [14] Juan J. Najera, Phase Transition Behaviour of Sodium Oleate Aerosol Particles, *Atmospheric Environment*, **41**, p. 1041 (2007).

[۱۵] گزارش طرح اکتشاف ذخایر منیزیم دریاچه نمک قم، شرکت تهیه و تولید مواد معدنی ایران، (۱۳۸۲).