

بررسی میزان حذف سورفاکتانت آنیونی LABS با جاذب‌های معدنی پرلیت و کربن فعال

منوچهر بهمنی^۱، زهرا راه نوردکیسمی^۲، محمد ابراهیم علیا^{۳*} و حسین کاسه‌گری^۴

- ۱- استادیار شیمی تجزیه، دانشکده شیمی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
- ۲- کارشناس ارشد شیمی تجزیه، دانشکده شیمی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
- ۳- استادیار مهندسی شیمی، گروه پژوهشی رنگ و محیط زیست، پژوهشگاه علوم و فناوری رنگ، تهران، ایران
- ۴- دکتری شیمی، مدیریت آزمایشگاه‌های کنترل کیفیت شرکت پاکسان، تهران، ایران

دریافت: دی ۱۳۹۱، بازنگری اول: بهمن ۱۳۹۱، بازنگری دوم: اسفند ۱۳۹۱، پذیرش: فروردین ۱۳۹۲

چکیده: از آنجایی که که امروزه بخش عظیمی از پساب صنایع شوینده، حاوی انواع سورفاکتانت‌هاست، حذف آن‌ها ضروری به‌نظر می‌رسد. با توجه به گسترش و افزایش حجم سورفاکتانت‌های یونی موجود در این پساب‌ها که سالیانه، ۱۰ میلیون تن گزارش شده است و مقدار سورفاکتانت‌های آنیونی که ۶۰٪ مجموع ترکیب‌های شوینده است، روش‌های متفاوتی از جمله روش‌های فیزیکی و شیمیایی برای حذف آن‌ها ارائه شده است. در این بررسی، به منظور حذف آلاینده‌ها، از دو جاذب کربن فعال و پرلیت استفاده شده است و اثر عامل‌های کلیدی مؤثر بر فرایند از جمله pH، دما، مقدار جاذب، زمان فرآیند و غلظت‌های متفاوت سورفاکتانت مورد مطالعه قرار گرفت. بهترین شرایط برای جذب سطحی ۲۰ mg/l از سورفاکتانت، در زمان ۱۰ دقیقه، دمای ۲۵ °C و pH برابر ۷ برای ۰/۸ گرم کربن فعال به‌دست آمد. همچنین بازده حذف با استفاده از جاذب معدنی پرلیت نیز در شرایط بهینه به‌دست آمد که در مقایسه با کربن فعال، میزان حذف بسیار کمتری را نشان داد که استفاده از آن، برای حذف مقادیر جزیبی و ناچیز آلاینده‌ها پیشنهاد می‌شود. به طور کلی و با توجه به توانایی بالای کربن فعال در حذف آلکیل بنزن سولفونات‌های خطی، استفاده از این جاذب در مقیاس صنعتی و در حجم و غلظت بالای آلاینده‌ها توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: سورفاکتانت، جاذب، جذب سطحی، پساب، شوینده

مقدمه

سورفاکتانت‌ها را شامل می‌شوند و سورفاکتانت‌های آنیونی بیش از ۹۰٪ از سورفاکتانت‌های یونی را تشکیل می‌دهند. همچنین سورفاکتانت‌های آنیونی بالاترین درجه کف‌کنندگی را دارا هستند که به طور وسیعی در تولید خمیر دندان، صابون، شامپو، تعدادی از صنایع شوینده و همچنین در تولید پارچه، صنایع رنگ، پلیمر، لوازم آرایشی بهداشتی، مواد ضد آفت و صنعت کاغذ کاربرد دارند [۲]. سطوحی که سورفاکتانت‌ها در آن جذب می‌شوند، می‌تواند

سورفاکتانت‌ها ترکیب‌هایی هستند که کشش سطحی را در محلول کاهش می‌دهند [۱]. بیشترین اهمیت کاربردی سورفاکتانت‌ها، توانایی فنی آن‌ها به‌عنوان مواد خیس‌کننده، پاک‌کننده و امولسیون‌کننده است. سورفاکتانت‌ها بر حسب این که کدام قسمت مولکول آب دوست باشد به چهار گروه آنیونی، کاتیونی، غیر یونی و آمفوتری تقسیم می‌شوند. سورفاکتانت‌های یونی دو سوم از

در این مطالعه، ویژگی‌های آب‌گریزی LABS، به وسیله کرین فعال^۲ و پرلیت^۳ مورد آزمایش واقع شد، به طوری که LABS از سطح آب‌گریز خود به کرین فعال و جاذب معدنی پرلیت اتصال می‌یابد [۱۳]. جذب سطحی سورفاکتانت‌ها در نتیجه جاذبه الکترواستاتیک بین بار منفی سورفاکتانت و سطح جاذب اتفاق می‌افتد، که هر کدام از جاذب‌ها دارای مکانیسم‌های جذب سطحی مختص به خود هستند که به مساحت سطح و خلل و فرج آن‌ها وابسته است [۱۴]. با توجه به این‌که، انتخاب جاذب‌ها بر اساس مقایسه بین مقدار LABS جذب شده و قیمت جاذب استوار است، لذا، اثرات غلظت سورفاکتانت، دما، pH، نوع و مقدار جاذب بر روی رفتار جذب سطحی جاذب‌ها بررسی شده و میزان بهینه هر یک محاسبه شد و از این طریق بهترین جاذب در حذف سورفاکتانت‌ها تعیین شد که این امر در پژوهش‌های مشابه نیز گزارش شده است [۱۵ و ۱۶].

بخش تجربی

مواد و دستگاه‌ها

در این پژوهش، سورفاکتانت‌های آنیونی LABS از شرکت پاکسان با خلوص ۵۰٪ تهیه شد. جاذب معدنی پرلیت و کرین فعال از شرکت شیمی اندیشان خریداری شد. دیگر مواد شیمیایی مورد مصرف (سود و کلریدریک اسید برای تنظیم pH) آنالار^۴ بوده و از شرکت مرک^۵ آلمان تهیه شده‌اند. برای تعیین میزان جذب از دستگاه طیف‌سنج فرابنفش Perkin Elmer مدل lambda 25 استفاده شد. هم‌چنین، از دستگاه سانتیفریوژ Elia CVE 100 برای حذف کلوئیدهای موجود در نمونه‌ها استفاده شد.

روش‌ها

نخست، λ_{max} با تهیه محلول‌هایی با غلظت‌های گوناگون از LABSNa تعیین شده و پس از آن، منحنی درجه‌بندی، برای محلول‌هایی از LABSNa با غلظت‌های متفاوت، تعیین شد تا میزان خطی بودن رابطه جذب با غلظت بررسی شود. به‌منظور تعیین مقدار سورفاکتانت جذب شده در واحد وزن

سطح بین دو مایع، سطح بین مایع و گاز (هوا) و یا سطح بین مایع و جامد باشد. با وجود این‌که سورفاکتانت‌ها در مقدارهای بسیار کمی در شوینده‌ها، معرف‌های پاک‌کننده، میکروامولسیون‌ها و... وجود دارند، لیکن به علت قابلیت جذبشان در سطوح، تأثیر بسزایی در خواص اصلی این سیستم‌ها دارند. ویژگی‌های نهادین محلول‌های شامل سورفاکتانت‌ها مانند شویندگی، رطوبت‌پذیری، امولسیون‌سازی، پخش‌کنندگی و کف‌کنندگی همگی بستگی به تمایل و گرایش سورفاکتانت‌ها به جمع شدن در بین محلول و گازهای مجاور، فازهای جامد و مایع دارد.

یکی از مخاطرات این سورفاکتانت‌ها وجود آن‌ها در پساب صنعتی مربوط است. بنابراین، مقدار حضور سورفاکتانت‌ها در فاضلاب در تعدادی صنایع، به‌ویژه شوینده‌ها و پارچه باید کاهش یابد و به سطح قابل قبولی برسد. به منظور حذف این آلاینده‌ها در پساب‌های صنعتی، فناوری جذب سطحی به خاطر کم هزینه بودن و آسانی عملکرد از مزایای بیشتری نسبت به سایر فرایندها برخوردار است [۱ تا ۳].

آلکیل بنزن سولفونات خطی (LABS)^۱ از بزرگترین گروه سورفاکتانت‌های آنیونی است که از طریق پساب‌های صنایع متفاوت و خانگی به‌عنوان یک آلاینده وارد محیط زیست می‌شوند و با ۹۷ تا ۹۹٪ تجزیه، به‌عنوان یک سورفاکتانت با قابلیت تجزیه بیولوژیکی در نظر گرفته شده است. مقدارهای LABS در فاضلاب‌های خانگی در حدود ۳ mg/l تا ۲۱ mg/l به دست آمده است.

جاذب مورد مطالعه باید شرایط جذب مناسب را دارا بوده، به طوری‌که ظرفیت جذب سطحی بالایی از غلظت سورفاکتانت انتخاب شده را داشته باشد و کم هزینه باشد [۴ تا ۱۲]. لذا، در این پژوهش، حذف سورفاکتانت‌های آنیونی LABSNa با استفاده از جاذب‌های معدنی پرلیت و کرین فعال مورد بررسی قرار گرفته است. در واقع، هدف از این پژوهش، مقایسه و بررسی جاذب کرین فعال و جاذب معدنی پرلیت در جذب سورفاکتانت آنیونی بوده است.

1. Linear Alkyl Benzene Sulfonate

2. Carbon Active

3. Perlite

4. Analar

5. Merck

شد. جدول ۱ شرایط بهینه به دست آمده از اعمال شرایط گوناگون آزمایشگاهی را در یک نگاه نشان می‌دهد.

جدول ۱ شرایط بهینه حذف سورفاکتانت آنیونی LABS توسط جاذب‌ها

نوع جاذب	مقدار جاذب (g)	دما (°C)	pH	زمان (min)	غلظت LABS (mg/l)
پرلیت	۰/۱	۲۵	۶-۸	۱۵	۲۰
کربن فعال	۰/۸	۲۵	۶-۸	۱۵	۲۰

تعیین λ_{max} و رسم منحنی درجه‌بندی

برای به دست آوردن λ_{max} محلولی از LABSNa با غلظت‌های ۱۰ mg/l تا ۵۰ mg/l در آب مقطر تهیه شده و جذب آن‌ها در ناحیه ۲۰۰ nm تا ۶۰۰ nm در مقابل محلول شاهد (آب مقطر) تعیین شد. همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده شده است در ناحیه طول موج ۲۰۰ nm تا ۴۰۰ nm، LABSNa دارای ماکزیمم جذب در ۲۲۳ nm است. به همین دلیل طول موج ۲۲۳ nm به‌عنوان λ_{max} انتخاب شد.

هم‌چنین، برای رسم منحنی درجه‌بندی، محلول‌هایی از LABSNa با غلظت‌های ۱۰ mg/l تا ۵۰ mg/l در آب تهیه شده و جذب آن‌ها در طول موج $\lambda_{max} = 223 \text{ nm}$ اندازه‌گیری شد. شکل ۲ منحنی درجه‌بندی LABSNa را در غلظت‌های گوناگون نشان می‌دهد. نتیجه‌ها نشانگر آن است که در گستره غلظت‌های ۱۰ mg/l تا ۵۰ mg/l، رابطه جذب و غلظت، رابطه‌ای خطی بوده و همگرایی خطی ۰/۹۹۹۳ محاسبه شد. بنابراین، در سایر محاسبه‌ها به‌جای غلظت از میزان جذب به‌دست آمده، استفاده شد.

اثر مقدار جاذب و زمان بر حذف سورفاکتانت آنیونی

میزان جذب سطحی سورفاکتانت آنیونی بر روی جاذب کربن فعال و پرلیت در مقدارهای (۰/۱ تا ۱ g) به‌دست آمد و نتیجه‌های آزمایش‌ها نشان دادند که هر چه مقدار کربن فعال در غلظتی یکسان از سورفاکتانت آنیونی، بیشتر شود مقدار جذب سطحی به میزان قابل توجهی افزایش می‌یابد (شکل ۳). در مورد جاذب

جاذب در زمان t (q_t) و درصد حذف سورفاکتانت، از فرمول‌های زیر استفاده شد:

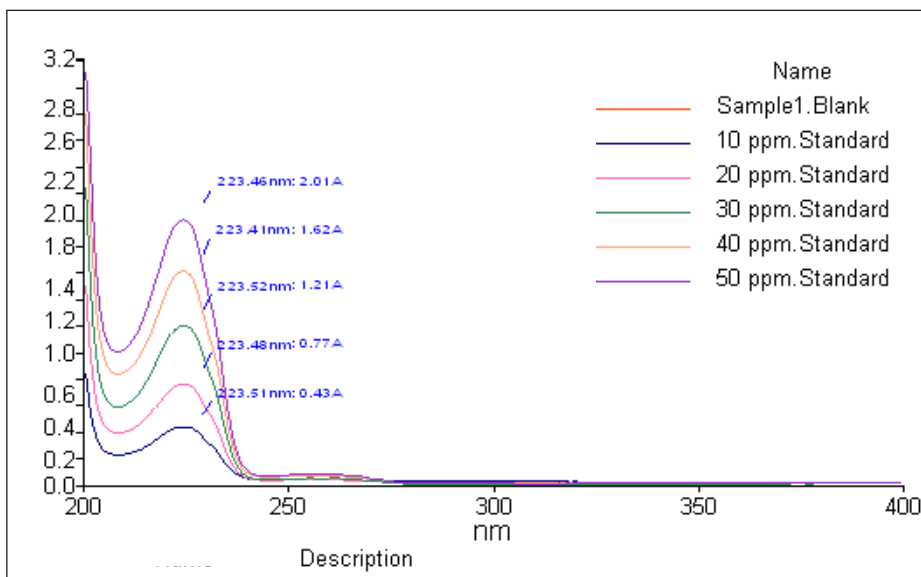
$$R = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100 \quad (1)$$

$$q_t = \frac{(C_0 - C_t)V}{M} \quad (2)$$

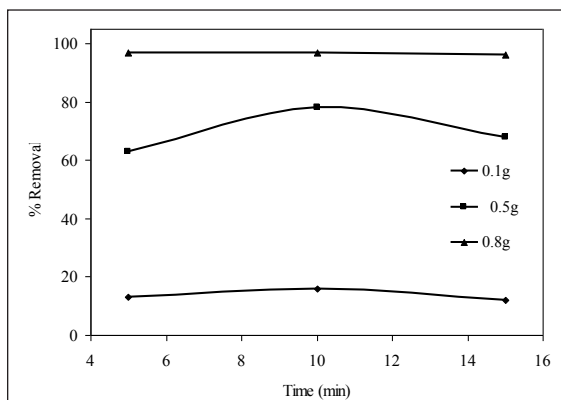
به طوری که C_0 غلظت اولیه سورفاکتانت بر حسب mg/l، C_t غلظت سورفاکتانت در زمان t ، V حجم محلول حاوی سورفاکتانت بر حسب l، M مقدار جاذب بر حسب g و q_t مقدار سورفاکتانت جذب شده در واحد جرم جاذب بر حسب mg/g است.

بررسی جذب LABSNa بر روی جاذب‌ها

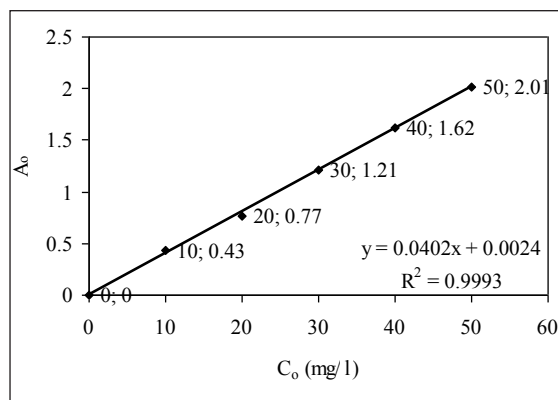
در یک بشر، ۲۰۰ ml محلولی با غلظت ۲۰ mg/l از سورفاکتانت آنیونی LABS تهیه شده و سپس مقدارهای مشخص (۰/۱ تا ۱ g) از جاذب کربن فعال و پرلیت در زمان‌های متفاوت جهت حذف سورفاکتانت آنیونی به‌کار گرفته شد. به این صورت که محلول ۲۰ mg/l ساخته شده را بر روی هیتر قرار داده و مقدار مشخص از جاذب کربن فعال و پرلیت به آن اضافه شد و در زمان‌های متفاوت نمونه‌برداری صورت گرفته و عمل سانتریفیوژ انجام شد. پس از آن، جذب محلول توسط دستگاه طیف‌سنج مری-فرابنفش در λ برابر با ۲۲۳ nm تعیین شد و بدین ترتیب مقدار بهینه جاذب برای حذف سورفاکتانت آنیونی به‌دست آمد. به منظور تعیین شرایط بهینه دمایی برای حذف سورفاکتانت به‌وسیله دو جاذب مذکور، به محلول ۲۰ mg/l سورفاکتانت آنیونی LABS، مقدارهای بهینه به‌دست آمده از جاذب کربن فعال و پرلیت افزوده شده و سپس میزان حذف سورفاکتانت در دماهای متفاوت ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ °C بررسی شد. به منظور بررسی اثر pH، مقدارهای متفاوت pH (۲، ۴، ۶، ۸، ۱۰ و ۱۲) به‌وسیله اسید و باز (HCl، NaOH) تنظیم و میزان جذب اندازه‌گیری شد. به منظور بررسی اثر غلظت جذب شونده، سورفاکتانت LABSNa با غلظت‌های متفاوت ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ mg/l در شرایط بهینه سایر عوامل مورد مطالعه واقع



شکل ۱ تعیین λ_{max} آلکیل بنزن سولفونات خطی در غلظت‌های متفاوت



شکل ۳ تأثیر مقادیر مختلف کربن فعال روی درصد حذف سورفاکتانت آنیونی



شکل ۲ منحنی درجه بندی آلکیل بنزن سولفونات خطی در غلظت‌های متفاوت

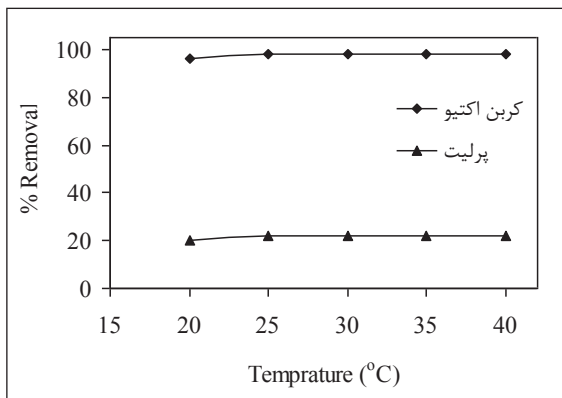
بر روی جاذب‌های کربن فعال و پرلیت، آزمایش‌ها در دماهای ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ °C انجام شد و نتیجه‌ها نشان دادند که دما تأثیر چندانی بر جذب سطحی سورفاکتانت آنیونی روی جاذب‌های مورد بررسی نداشتند و بهترین دما برای فرایند جذب سطحی، دمای محیط است که این امر با موارد مشاهده شده در دیگر مراجع مطابقت داشته است [۹ و ۱۱].

شکل ۵ میزان درصد حذف سورفاکتانت آنیونی روی جاذب‌های مورد بررسی را بر حسب دما نشان می‌دهد، به طوری که میزان جاذب

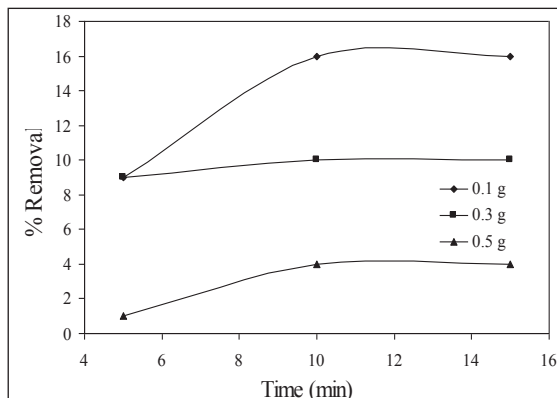
پرلیت با افزایش مقدار جاذب، مقدار جذب سطحی کاهش می‌یابد و پس از ۱۰ دقیقه، درصد حذف ثابت می‌ماند (شکل ۴). نتیجه‌ها نشان دادند بهترین مقدار جاذب، برای جذب سورفاکتانت آنیونی، ۰/۸g جاذب کربن فعال و ۰/۱g جاذب معدنی پرلیت است.

اثر دما بر جذب سطحی سورفاکتانت آنیونی بر روی کربن فعال و پرلیت

به منظور بررسی اثر دما بر جذب سطحی سورفاکتانت آنیونی

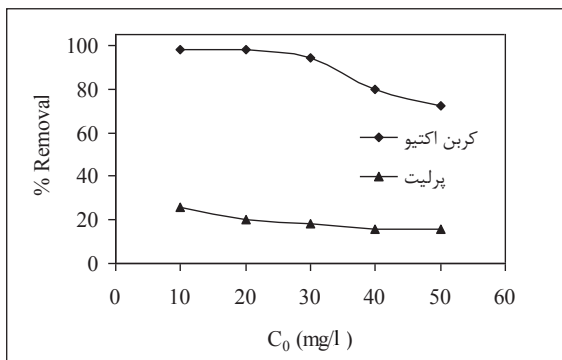


شکل ۵ درصد حذف سورفاکتانت آنیونی بر روی جاذب کربن فعال و پرلیت برحسب دما

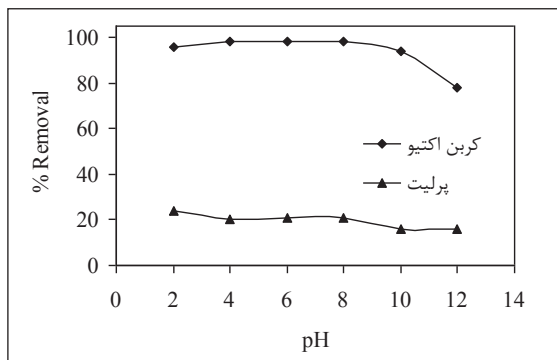


شکل ۴ تأثیر مقادیرهای متفاوت پرلیت بر روی درصد حذف سورفاکتانت آنیونی

اثر غلظت سورفاکتانت بر فرایند جذب سطحی، با توجه به این که یکی از عوامل مؤثر در فرایند جذب سطحی، غلظت عامل جذب شونده است، لذا، در این بررسی، غلظت‌های گوناگون سورفاکتانت آنیونی ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ mg/l در شرایط بهینه هر یک از عامل‌های دیگر مانند دما، pH، زمان و مقدار جاذب، مورد آزمایش قرار گرفت. همان‌گونه که در شکل ۷ نشان داده شده است، در غلظت‌های پایین، مقدار جذب سورفاکتانت آنیونی بیشتر و در غلظت‌های بالای سورفاکتانت، میزان جذب سطحی کمتر مشاهده شد، به این دلیل که در غلظت‌های پایین‌تر، نسبت دسترسی سورفاکتانت به مکان‌های جذب زیاد و در غلظت‌های بالاتر، تعداد مکان‌های در دسترس جذب کمتر و در نتیجه میزان حذف سورفاکتانت، کاهش می‌یابد.



شکل ۷ تأثیر غلظت سورفاکتانت بر میزان حذف آن روی جاذب کربن فعال و پرلیت



شکل ۶ درصد حذف سورفاکتانت آنیونی روی جاذب کربن فعال و پرلیت برحسب pH

کربن فعال و پرلیت مورد استفاده به ترتیب ۰٫۸ g و ۰٫۱ g بوده است.

اثر pH روی جذب سطحی سورفاکتانت آنیونی روی کربن فعال و پرلیت

به منظور تعیین مقدار بهینه pH، ۰٫۸ g کربن فعال و ۰٫۱ g پرلیت به ۲۰۰ ml محلول ۲۰ mg/l از سورفاکتانت آنیونی در دمای محیط، افزوده شد، درحالی که pH محلول‌ها در مقدارهای ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۰ و ۱۲ تنظیم شد. نتیجه‌های به دست آمده، حاکی از این بودند که pH نقش مهمی در حذف سورفاکتانت آنیونی ایفا می‌کند و بهترین pH مؤثر برای حذف سورفاکتانت آنیونی، pH ۶ تا ۸ است که نتیجه‌های به دست آمده با نتیجه‌های به دست آمده از دیگر مقالات منطبق است [۱۳ و ۱۴].

نتیجه گیری

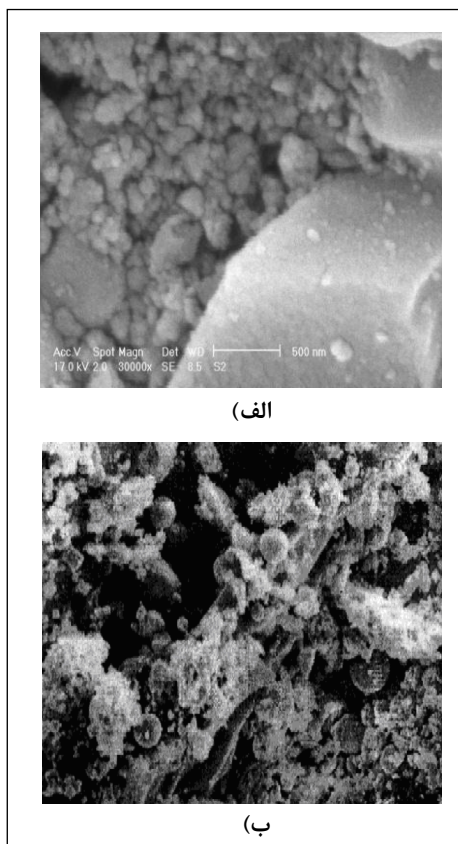
هدف اصلی این پروژه مقایسه اقتصادی و بررسی اثربخشی جاذب معدنی پرلیت و کربن فعال در حذف سورفاکتانت آنیونی موجود در پساب صنایع شوینده بوده است. نتیجه‌های این پژوهش نشانگر این بود که جاذب کربن فعال از نظر اثر بخشی بسیار مؤثرتر از جاذب معدنی پرلیت، سورفاکتانت آنیونی را از پساب صنایع شوینده حذف می‌کند و لذا، یک جاذب کارا و مؤثر در حذف LABSNa از پساب صنایع شوینده است. در این پژوهش، اثر فاکتورهای گوناگون از جمله غلظت سورفاکتانت، مقدار جاذب، دما و pH در جذب سطحی سورفاکتانت مورد بررسی قرار گرفت و مقدار بهینه هر یک از فاکتورهای مؤثر در حذف سورفاکتانت تعیین شدند. در نهایت، نتیجه‌ها نشان دادند که جاذب کربن فعال، قابلیت حذف سورفاکتانت آنیونی را به میزان ۹۸٪ دارا است و لذا، استفاده از آن در حذف آلاینده LABSNa قویا پیشنهاد می‌شود.

مراجع

- [1] Adak, A.; Bandayopadhyay, M.; Pal, A.; Colloid surface A., 254 (1-3), 165-171, 2005.
- [2] Holmberg, k.; Jonsson, B.; kronberg, B.; Lindman, B.; Surfactants and polymers in aqueous solution, Wiley, chichester, England, 2003.
- [3] schouten, N.; Van-der-Ham, L.G.J., Euverink, G.J.W.B., de Haan, A.; Water Res., 41, 738-741, 2007.
- [4] Crini, G.; Bioresource Technol., 97(9), 1061-1085, 2006.
- [5] Gupta, S.; pal, A.; kumar, G.P.; Bandyopadhyay, M.; J. Environ. Sci. Heal. A., 38(2), 381-397, 2003.
- [6] Gupta, V.K.; Ali. I.; Adsorbents for water treatment: Development of low-cost Alternatives to carbon. Encyclopedia of surface and colloid science., Marcel Dekker, Newyork 2003.
- [7] Paria, S.; khilar, K.C.; Adv. Colloid Interface Sci. 110 (3), 75-95, 2004.

بررسی ساختار سطح جاذب کربن فعال و پرلیت پس از جذب سورفاکتانت آنیونی

میکروسکوپ الکترونی پوششی، وسیله‌ای مناسب برای بررسی ساختار و شکل ظاهری (ریخت) جاذب است. این دستگاه برای تعیین شکل ذره، تخلخل و توزیع اندازه ذره مفید است، لذا، در این پژوهش، تصویرهای میکروسکوپ الکترونی دو جاذب مورد بررسی پس از جذب سطحی سورفاکتانت آنیونی بر روی کربن فعال و پرلیت تهیه شد. شکل ۸ (الف و ب) به ترتیب تصویرهای میکروسکوپ الکترونی روبشی کربن فعال و پرلیت پس از جذب سورفاکتانت آنیونی را نشان می‌دهد. تصویرها نشان می‌دهند که جاذب دارای خلل و فرج‌های بسیاری بوده و مولکول‌های جذب شونده در این خلل و فرج‌ها جذب می‌شوند.



شکل ۸ میکروسکوپ الکترونی روبشی (الف) جاذب کربن فعال و (ب) جاذب پرلیت پس از جذب سورفاکتانت آنیونی

- [8] Pollard, S.J.T.; Fowler, G.D.; Sollars, G.J.; perry, R.; Sci. Total Environ., 116, 31-52 1992.
- [9] Walker, G.M.; Hansen, H.A.J.; Allen, S.J.; Water Res. 37, 2081-2089, 2003.
- [10] Ozacar, M.; Sengil, I.A.; J. Hazard. Mater. B., 98, 211-224, 2003.
- [11] Zor, S.; J. Serb. Chem. Soc. 69, 25-32, 2004.
- [12] Basar, C.A.; karagunduz, A.; Cakici, A.; Keskinler, B.; Water Res., 38, 2117-2124, 2004.
- [13] Manjo, G.N.; Raji, C.; Aniruddhan, T.S.; Water Res., 32, 3062-3070, 1998.
- [14] Ayran, E.; Duman, O.; J. hazard. Mater.. 14, 575-82, 2006.
- [15] Bhagat, R.P.; Colloid Polym. Sci., 279, 33-38, 2001.
- [16] Rao, P.; He, M.; chemosphere, 63, 1241-1221, 2006.