

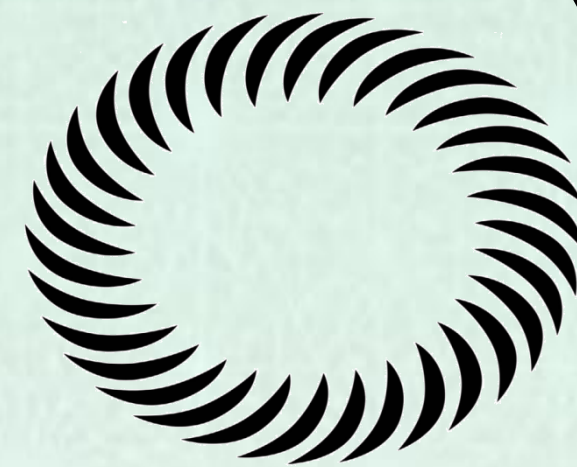


نمایشگاه هفته پژوهش و فناوری
دانشگاه صنعتی همدان
آذر ۱۴۰۴

کاربرد هیدروژل‌های پلیمری در تصفیه آب

زینب روحی، مسعود وصالی ناصح، علیرضا سبزواری
گروه مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی همدان

Corresponding author: masood.vesali@hut.ac.ir



هفته ملی پژوهش و فناوری

چکیده

در این پژوهش، فرآیند سنتز یک هیدروژل سوپرجاذب کو پلیمری اکریلاتی بر پایه سدیم آکریلات و آکرلیک اسید و اصلاح آن با استفاده از تترابوتیل آمونیوم بروماید (TBAB) به منظور حذف مؤثرتر رنگ متیلن بلو از محلول‌های پس آبی مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور، هیدروژل سنتز شده با مقدار مشخصی از TBAB و استون مخلوط و پس از تیمار مناسب، در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد خشک شد. رنگ متیلن بلو به عنوان یک آلاینده مدل با ویژگی‌های شناخته‌شده انتخاب شد. هدف اصلی این مطالعه، ارتقای کارایی جاذب در حذف رنگ‌های کاتیونی از پساب‌های رنگی از طریق اصلاح سطح سوپرجاذب‌ها بود. نمونه‌های تهیه‌شده پس از آماده‌سازی، از نظر ظرفیت جذب و ویژگی‌های عملکردی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. نتایج نشان داد که اصلاح جاذب با TBAB موجب افزایش چشمگیر ظرفیت جذب رنگ متیلن بلو در مقایسه با نمونه اصلاح‌نشده می‌شود. از این رو، این روش می‌تواند به عنوان رویکردی کارآمد برای تصفیه‌ی پساب‌های صنعتی حاوی رنگ‌های کاتیونی مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: جاذب پلیمری، تترابوتیل آمونیوم بروماید، متیلن بلو، سطح جاذب، پساب

مقدمه

در سال‌های اخیر، منابع آبی به‌شدت تحت تأثیر ورود پساب‌های صنعتی، به‌ویژه پساب‌های حاصل از صنایع نساجی و رنگرزی قرار گرفته‌اند که این امر تهدیدی جدی برای محیط‌زیست و سلامت انسان محسوب می‌شود. متیلن بلو به‌عنوان یکی از رایج‌ترین رنگ‌های کاتیونی، به‌وفور در پساب این صنایع مشاهده می‌شود. پایداری شیمیایی بالا و مقاومت بیولوژیکی این ترکیب، فرایند حذف آن را با چالش‌های جدی مواجه می‌سازد [۱].

برای حذف متیلن بلو، روش‌های مختلفی از جمله استفاده از کربن فعال، تجزیه شیمیایی و به‌کارگیری جاذب‌های طبیعی و اصلاح‌شده توسعه یافته‌اند. در میان این روش‌ها، جاذب‌های پلیمری که با ترکیبات آمونیومی چهارگانه اصلاح شده‌اند، عملکرد بسیار مطلوبی در جذب و حذف رنگ‌های کاتیونی از محلول‌های آبی نشان داده‌اند [۲].

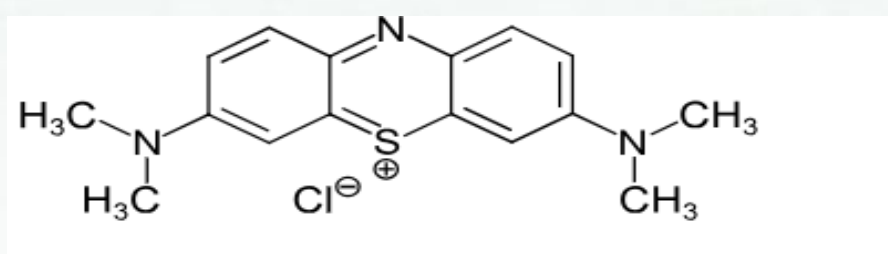
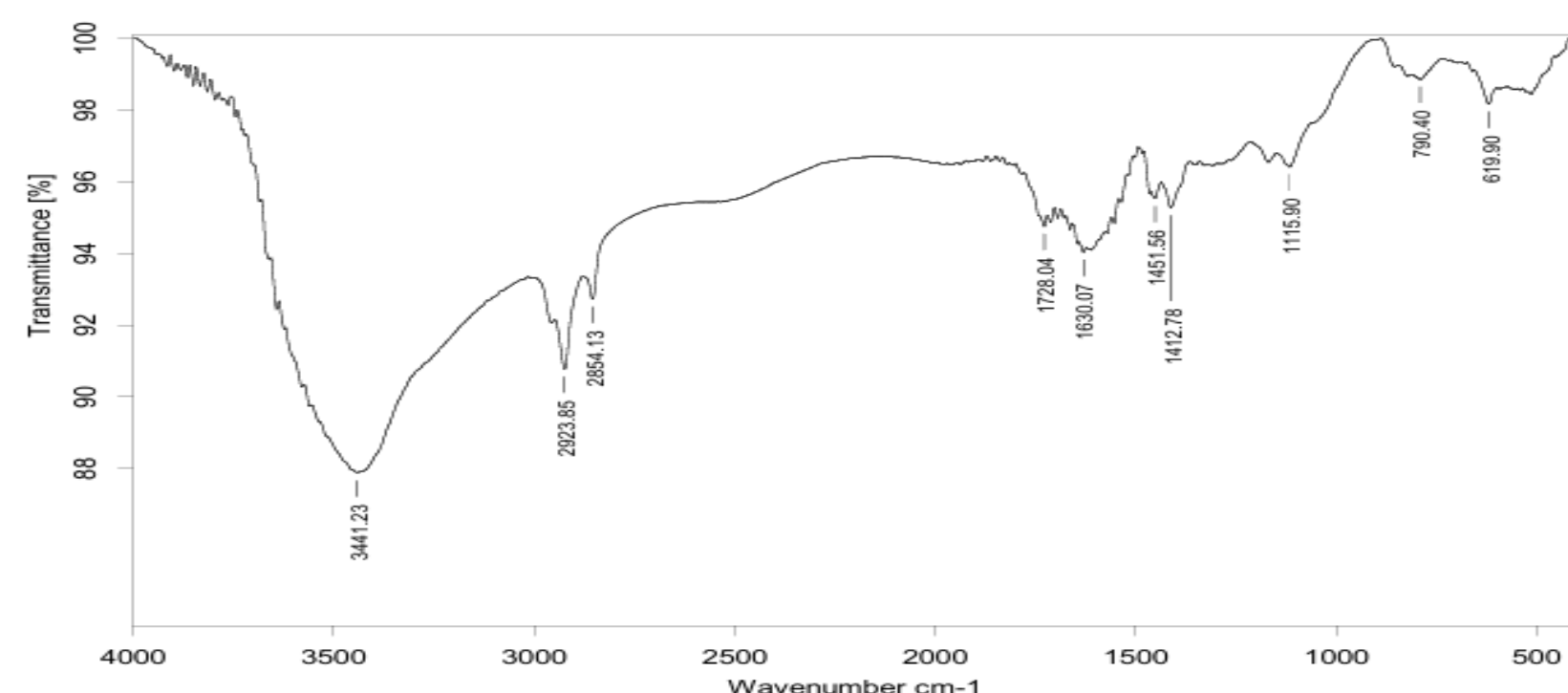
اهداف و روش پژوهش

هدف تحقیقات سنتز یک هیدروژل سوپرجاذب کو پلیمری اکریلاتی بر پایه سدیم آکریلات و آکرلیک اسید و اصلاح آن با استفاده از TBAB به منظور حذف مؤثرتر رنگ متیلن بلو (شکل ۱) از محلول‌های پس آبی است. مواد مورد استفاده شامل هیدروژل اکریلاتی سنتز شده، تترابوتیل آمونیوم بروماید (TBAB)، استون (تهیه‌شده از شرکت مرک و آب مقطر بودند. برای سنتز جاذب اصلاح‌شده با TBAB، ابتدا ۵ گرم سوپرجاذب اکریلاتی با ۴ گرم TBAB و ۵ گرم آب مقطر در حضور ۲۵ میلی‌لیتر استون مخلوط شد. مخلوط به‌مدت ۱ ساعت تحت هم‌زدن ملایم قرار گرفت تا امکان نفوذ یکنواخت مونومر به درون شبکه سوپرجاذب فراهم شود. سپس نمونه‌ها به‌مدت ۱ ساعت در آون با دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند و در نهایت برای انجام آزمون‌های آنالیز و ارزیابی عملکرد جذب مورد استفاده قرار گرفتند. متیلن بلو ($C_{16}H_{18}N_3SCl$) با وزن ملکولی ۳۱۹.۸ به‌عنوان رنگدانه در محیط آب استفاده شد.

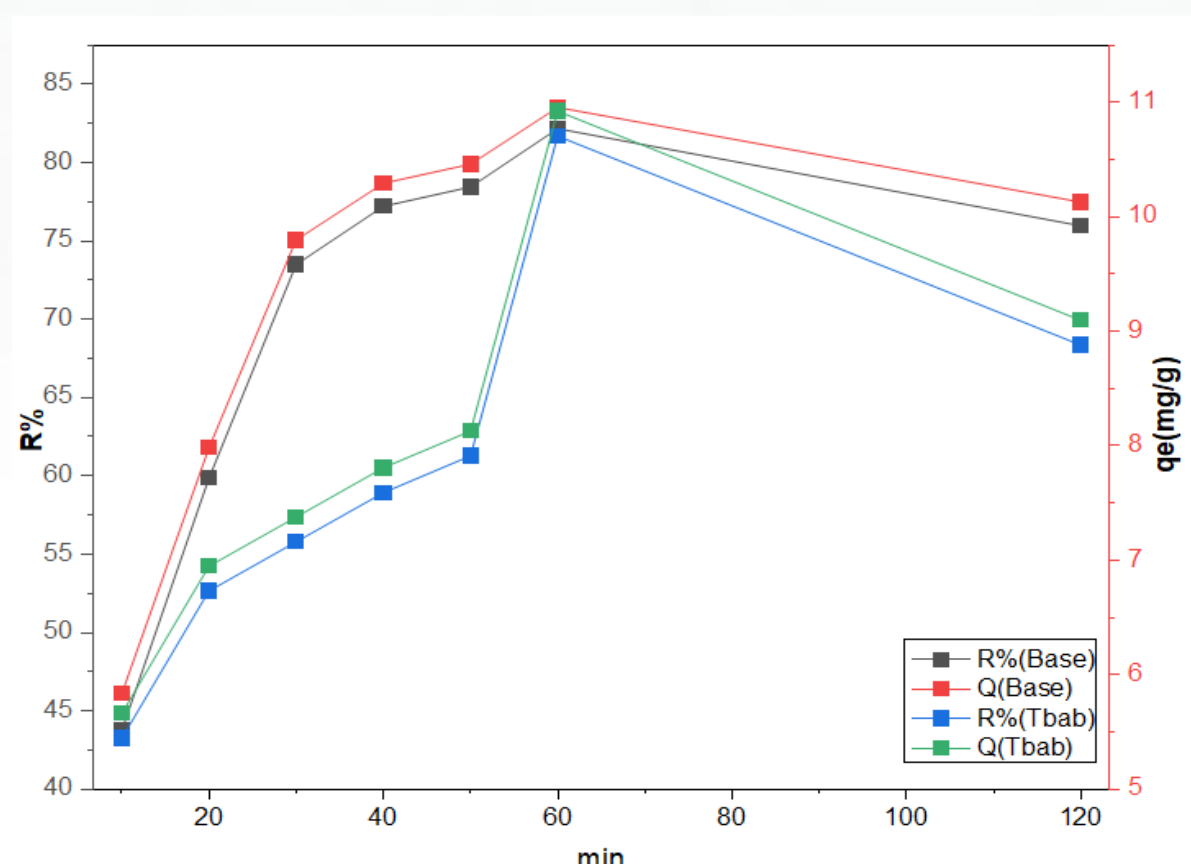
یافته‌های پژوهش

طبق نمودار FTIR، (شکل ۲) پیک‌های $cm^{-1} 2927$ ، $cm^{-1} 1412$ و $cm^{-1} 1575$ ، برتریب به ارتعاش کششی $C-H$ ، ارتعاش خمشی $C-H$ و ارتعاش کششی $C-N$ نسبت داده می‌شوند [۳]. در واقع، هنگامی که اتم هیدروژن با یک اتم دارای الکترونگاتیویته بالا از طریق پیوند کووالانسی متصل می‌شود، جفت‌الکترون مشترک به‌طور قوی به سمت اتم با الکترونگاتیویته بالاتر کشیده می‌شود. بنابراین، اتم هیدروژن که مقداری بار مثبت پیدا می‌کند می‌تواند با یک اتم دیگر با الکترونگاتیویته بالا پیوند هیدروژنی تشکیل دهد. پیک $cm^{-1} 1717$ مربوط به کشش $C=O$ ، مشخصه استرهای اکریلات است. این پیک ثابت می‌کند که ساختار پلیمری شامل باند‌های استری $-COO-$ بوده و پلیمریزاسیون اکریلات موفق بوده است. پیک $cm^{-1} 1082$ مربوط به ارتعاش کششی $C-O-C$ است و تأییدکننده گروه‌های استری در ساختار هیدروژل می‌باشد. پیک‌های $cm^{-1} 889$ و $cm^{-1} 670$ ارتعاشات خمشی خارج از صفحه $C-H$ است [۴].

شکل ۳ تأثیر زمان تماس بر عملکرد جاذب TBAB-4g را نشان می‌دهد. درصد حذف در ۱۰ دقیقه اول به‌طور سریع از حدود ۳۲٪ به ۵۵٪ افزایش یافته، سپس با شیب تند تا ۳۰ دقیقه به بیش از ۹۵٪ می‌رسد و پس از ۶۰ دقیقه به تعادل ($\approx 92\%$) نزدیک می‌شود که بیانگر سرعت جذب فوق‌العاده بالا به دلیل برهم‌کنش الکترواستاتیکی قوی گروه‌های N^+ با متیلن بلو کاتیونی و دسترسی آسان به سایت‌های سطحی است. ظرفیت جذب نیز هم‌زمان رشد کرده و در ۶۰ دقیقه به قله حدود $11.5 mg/g$ رسیده و سپس ثابت می‌ماند؛ این الگو نشان‌دهنده مکانیسم جذب تک‌مرحله‌ای سریع و زمان تعادل بهینه ۳۰-۶۰ دقیقه است که جاذب TBAB-4g را برای فرایندهای تصفیه سریع و کارآمد ایده‌آل می‌سازد.



شکل ۲. فرمول شیمیایی رنگ متیلن بلو



شکل ۳. اثر زمان تماس بر راندمان حذف و ظرفیت جذب متیلن بلو توسط جاذب هیدروژلی اصلاح‌شده با TBAB

راهبردهای پیشنهادی

۱. اصلاح سطح هیدروژل با TBAB به عنوان یک عامل نوین یونی
۲. افزایش جذب رنگ متیلن بلو از طریق مکانیسم‌های الکترواستاتیک تقویت‌شده
۳. ارائه کاربرد صنعتی به‌عنوان جاذب قابل مقیاس‌پذیری برای تصفیه پساب

منابع

- [1] Al-Asadi, Safaa Talib, et al. "A comprehensive review of methylene blue dye adsorption on activated carbon from edible fruit seeds: A case study on kinetics and adsorption models." *Carbon Trends* (2025): 100507.
- [2] Dalmaz, Aslihan, and Sezen SIVRIKAYA ÖZAK. "Methylene blue dye efficient removal using activated carbon developed from waste cigarette butts: Adsorption, thermodynamic and kinetics." *Fuel* 372 (2024): 132151.
- [3] Chary, Mahankhali Venu, et al. "Tetrabutylammonium bromide (TBAB) in isopropanol: An efficient, novel, neutral and recyclable catalytic system for the synthesis of 2, 4, 5-trisubstituted imidazoles." *Catalysis Communications* 9.10 (2008): 2013-2017.
- [4] Gieroba, Barbara, et al. "Application of vibrational spectroscopic techniques in the study of the natural polysaccharides and their cross-linking process." *International journal of molecular sciences* 24.3 (2023): 2630.

تایید استاد راهنما

نام و امضا استاد راهنما :

تایید تحصیلات تکمیلی :

تایید امور پژوهشی :