

عنوان: سنتز نانوکامپوزیت مغناطیسی $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{ZIF-8}$ و بررسی کارایی آن در تخریب فتوکاتالیستی تتراسایکلین

زمینه و هدف: حضور آنتی‌بیوتیک‌ها، به عنوان یکی از آلاینده‌های نوظهور در منابع آبی، از نگرانی‌های بهداشتی و محیط زیستی در سطح جهان است. نتایج مطالعات مختلف نشان‌دهنده آن است که فرایندهای فتوکاتالیستی به منظور حذف این آلاینده‌ها بسیار مطلوب عمل می‌کنند و قادراند در اکثر مواقع بدون تولید محصولات جانبی، مؤثر واقع شوند. از این رو، مطالعه حاضر با هدف سنتز نانوکامپوزیت مغناطیسی $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{ZIF-8}$ و تعیین کارایی آن در حذف فتوکاتالیستی تتراسایکلین تحت تابش نور فرابنفش از محیط آبی انجام شد.

مواد و روش‌ها: این پژوهش از نوع تجربی-آزمایشگاهی بوده و در یک راکتور ناپیوسته بر روی نمونه‌های سنتتیک انجام گردید. در این مطالعه ابتدا نانوذره مغناطیسی MnFe_2O_4 با استفاده از عصاره گیاه بادرنج بویه سنتز شد و سپس نانوذره هیبریدی ZIF-8 در ساختار هسته-پوسته بر روی آن قرار گرفت تا ساختار کاتالیست $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{ZIF-8}$ در این مطالعه تشکیل شود. مورفولوژی و سایر خواص فیزیکی و شیمیایی این ماده با استفاده از آنالیزهای تخصصی TEM، FESEM، XRD، FTIR، EDS، DRS، BET-BJH، DLS و VSM مشخصه‌یابی شد. همچنین تأثیر فاکتورهایی نظیر؛ pH (۳، ۵، ۷ و ۹)، دوز نانوکامپوزیت مغناطیسی (۰/۲۵ تا ۱ گرم بر لیتر)، غلظت اولیه آلاینده (۵ تا ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر) و زمان تماس (۵ تا ۱۸۰ دقیقه) در حذف فتوکاتالیستی تتراسایکلین مورد بررسی قرار گرفت. لازم به ذکر است که تمامی آزمایشات در دمای اتاق و در حجم ۳۰۰ میلی لیتر در حضور نور فرابنفش (UV) و با اختلاط کامل (۳۰۰ دور در دقیقه) انجام شد.

نتایج: تجزیه و تحلیل DRS نشان داد که اصلاح ماده ZIF-8 با MnFe_2O_4 به عنوان فتوکاتالیست جدید $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{ZIF-8}$ منجر به اصلاح قابل توجه شکاف باند انرژی از $5/19 \text{ eV}$ به $1/53 \text{ eV}$ شد که این خود یکی از دستاوردهای مهم این پژوهش است. همچنین، یافته‌ها نشان داد که نانوکامپوزیت مورد نظر دارای ویژگی سوپراپارامغناطیس با شکل کروی و اندازه ذرات بین ۵۰ تا ۶۰ نانومتر است. علاوه بر این، یافته‌های حاصل از فرآیند تخریب فتوکاتالیستی تتراسایکلین گویای آن بود که راندمان حذف آلاینده با افزایش pH افزایش و با افزایش دوز کاتالیست، ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد. لذا، در شرایط بهینه (pH=۹، دوز نانوکامپوزیت ۰/۵ گرم بر لیتر در زمان ۱۸۰ دقیقه)، کارایی فرآیند فتوکاتالیستی در حذف آنتی‌بیوتیک تتراسایکلین با غلظت ۲۰ میلی گرم بر لیتر، حدود ۱۰۰ درصد به دست آمد. از سویی در همین شرایط، فرآیند $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{UV}$ توانست، تنها ۶۱/۸۹٪ از تتراسایکلین را حذف کند. همچنین سینتیک سرعت تخریب تتراسایکلین با استفاده از فرایندهای $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{UV}$ و $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{ZIF-8}/\text{UV}$ محاسبه شد و نتایج آن نشان داد که هر دو فرآیند مورد مطالعه از معادله شبه مرتبه اول ($R^2 < 0/9$) پیروی می‌کنند. به علاوه، پس از شش چرخه متوالی استفاده مجدد از نانوکامپوزیت مغناطیسی $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{ZIF-8}$ و نانوذره MnFe_2O_4 ، راندمان کاتالیزور سنتز شده کاهش قابل توجهی را نشان نداد.

نتیجه گیری: بر اساس یافته‌های حاصل از این مطالعه می‌توان نتیجه گرفت که با توجه به افزایش راندمان حذف تتراسایکلین طی فرآیند $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{ZIF-8}/\text{UV}$ نسبت به فرآیند $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{UV}$ و همچنین اصلاح باند گپ و مورفولوژی

سطحی این ساختار که طی یک روش آسان، مقرر به صرفه و دوستدار محیط زیست حاصل شد؛ نانوکامپوزیت مغناطیسی سبز $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{ZIF-8}$ کارایی بسیار خوبی در حذف آنتی بیوتیک تتراسایکلین از محلول های آبی دارد و می تواند به عنوان یک کاتالیست مؤثر در حذف سایر آلاینده های آلی و معدنی پیشنهاد گردد.

کلمات کلیدی: نانوکامپوزیت مغناطیسی $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{ZIF-8}$ ؛ تخریب فتوکاتالیستی؛ نور فرابنفش؛ تتراسایکلین؛ سینتیک تخریب؛ بازیابی و استفاده مجدد.