مجله مهندسی بهداشت محیط، زمستان ۱۳۹۸، سال ۷، شماره ۲ :۱۵۲-۱٦٤

سنتز نانو ذرات اکسید منیزیم و بررسی کاربرد آن در حذف آنتی‌بیوتیک تتراسایکلین از محلول‌های آبی

بهاره میرزاهدایت[۱]، معصومه انتظاری[۱]، منصور ضرابی[۱و۲]، عماد دهقانی فرد[۱و۲]، محمد نوری سپهر[۱و۲*]

[۱] گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی البرز، کرج، ایران.
[۲]مرکز تحقیقات بهداشت، ایمنی و محیط (RCHSE)، دانشگاه علوم پزشکی البرز، کرج، ایران.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۷/۲۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۱۶

چکیده

زمینه و هدف: اکسید منیزیم از جمله اکسیدهای فلزات قلیایی خاکی می‌باشد که به دلیل خاصیت کاتالیزوری آن بطور گسترده‌ای در در تجزیه مواد شیمیایی خطرناک مورد استفاده قرار گرفته است. هدف اصلی در این پژوهش، حذف آنتی بیوتیک تتراسایکلین با استفاده از نانو اکسید منیزیم می‌باشد.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش نانو ذرات اکسید منیزیم به روش همرسوبی و در حضور دترجنت ستیل تری متیل آمونیوم برماید سنتز شد. در نانو ذرات سنتز شده توسط تکنیک‌های آنالیز پراش اشعه ایکس (XRD)، آنالیز حرارتی (TGA) آنالیز میکروسکوپی انتقالی (TEM)، آنالیز توزیع اندازه ذرات (DLS)، آنالیز اشعه مادون قرمز (FTIR) و میکروسکوب فاز انتشاری الکترونی (FESEM) مورد بررسی قرار گرفت. در مرحله بعد کارایی نانو ذرات سنتز شده در سیستم ناپیوسته و با تغییر دادن یک پارامتر و ثابت نگه داشتن سایر پارامترها در حذف آنتی‌بیوتیک تتراسایکلین مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها: با افزایش pH از ۳ به ۷ راندمان افزایش یافته ولی بعد از آن تا رسیدن به pH=۱۱ با کاهش دوباره راندمان مواجه شدیم. با افزایش زمان تماس راندمان افزایش یافته است. این افزایش تا زمان ٦۰ دقیقه شیب تندتری داشته و بعد از ٦۰ دقیقه تقریبا ثابت می‌شود. با توجه به سایر غلظت‌های موجود زمان ٦۰ دقیقه به عنوان زمان بهینه انتخاب شد. راندمان بدون حضور یون‌های مداخله گر در شرایط بهینه برابر ۸۱/٦۸ ٪ بود که با افزودن یون‌های مداخله گر راندمان در کمترین سطح غلظت مداخله گرها به ٦۲/۲۹٪(نیترات)، ٤۰/۱۱ ٪(سولفات)، ۵۵/۳۲ ٪(مس) و ٤۳/۵٦٪ (فلوراید) کاهش یافت. بیشترین کاهش راندمان مربوط به یون سولفات با غلظت ppm ۳۰۰ بود که راندمانی معادل ۱۵٪ را نشان داد.

نتیجه‌گیری: نتایج مطالعه نشان داد که جاذب MgO قادر به حذف مناسب آلاینده تتراسایکلین از منابع آبی می‌باشد.

کلمات کلیدی: نانو ذرات اکسید منیزیم، آنتی‌بیوتیک تتراسایکلین، محلول‌های آبی، جذب سطحی.

* **نویسنده مسئول:** گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی البرز، کرج، ایران
ایمیل: dr.noorisepehr@gmail.com- تلفن تماس: ۰۲۶-۳۴۶۴۳۹۲۲

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.29252/jehe.7.2.152]

مقدمه

از زمان کشف آنتی‌بیوتیک‌ها در سال ۱۹۰۰ صدها نوع آنتی‌بیوتیک در زمینه‌های پزشکی استفاده شده اند. آنتی بیوتیک ها داروهای شگفت انگیزی هستند که از جایگاه ویژه‌ای در درمان بیماری‌های عفونی انسان برخوردار می‌باشد و به همین دلیل استفاده از آن‌ها روز به روز در حال افزایش است [۱و۲]. انواع مختلف آنتی‌بیوتیک‌ها از لحاظ خصوصیات شیمیایی، فیزیکی، داروشناسی، طیف ضد میکروبی و مکانیسم عمل با هم متفاوت هستند. آنتی بیوتیک ها ساختار پیچیده‌ای دارند که باعث جذب چربی در افراد دریافت کننده می‌شود و در نهایت به دلیل متابولیسم ناکافی به صورت فعال و تغییر نیافته وارد محیط زیست شده و اثرات مخرب جدی را بر زیست بوم منطقه‌ای که در آن منتشر می‌شود تحمیل می‌کند[۳،۴]. علاوه بر کاربرد آنتی‌بیوتیک‌ها در زمینه درمان بیماری‌های انسان از آن در زمینه های دامپزشکی، کشاورزی، پرورش آبزیان نیز استفاده می‌شود. همانطور که گفته شد آنتی‌بیوتیک‌ها به راحتی تجزیه نمی شوند و ممکن است بخشی از آن‌ها و یا متابولیت آن‌ها از طریق مسیرهای مختلفی همچون تصفیه خانه‌های فاضلاب شهری و بیمارستانی، رواناب ها، نشت از لندفیل ها، نشت از حوض‌های پرورش ماهی، کاربرد فضولات حیوانی در زمین به طور مستقیم و غیر مستقیم وارد سیستم‌های آبی و خاکی شوند[۱،۵،۶].

علیرغم استفاده گسترده از آنتی‌بیوتیک ها، ورود آنتی‌بیوتیک‌ها به محیط زیست به دلیل تاثیر بر فرآیندهای تصفیه فاضلاب، آلوده کردن آب‌های خام تصفیه شده ، بازیافت شده، تفریحی و آبیاری، ایجاد مقاومت در باکتری ها، تاثیر برروی باکتریهای مهم خاک به عنوان آلاینده‌های محیط زیست مورد توجه قرار گرفته اند[۷].

تتراسایکلین‌ها از انواع آنتی‌بیوتیک‌های طبیعی هستند که از قارچ‌ها تولید می‌شوند. در طبیعت اکسی تتراسایکلین و کلر تتراسایکلین وجود دارند. همچنین در آزمایشگاه به صورت نیمه ساختگی رولی تتراسایکلین، داکسی سایکلین و متاسایکلین را از تتراسایکلین سنتز کرده اند[۸]. استفاده از این آنتی‌بیوتیک به شکل نادرست و با مقادیر فراوان منجر به حضور تتراسایکلین در بافت‌های دام می‌گردد و بدین وسیله موجب ایجاد خطرات بهداشتی و حساسیت در انسان می‌شود. تماس با تتراسایکلین به مدت طولانی نیز مقاومت باکتریایی را به دنبال خواهد داشت[۹]. در تحقیقی محققان از خاک کائولینت برای جذب تتراسایکلین استفاده کرده اند. در این تحقیق اثر pH بروی بارسطحی خاک و چگونگی تاثیر آن بروی حذف آنتی‌بیوتیک تتراسایکلین مورد بررسی قرار گرفته است. در این تحقیق محققان مشاهده کرده اند که جذب تتراسایکلین بروی خاک کائولینت توسط فرآیند تبادل یون انجام می‌گیرد و متعاقب آن یکسری کاتیون از خاک وارد محلول می‌گردد[۱۰].

در تحقیق دیگری محققان اثرات سنرژتیکی و آنتاگونیستی یون مس را در جذب آنتی‌بیوتیک تتراسایکلین بروی دانه‌های کیتوسان مورد بررسی قرار داده اند. در این تحقیق مشاهده شده است که در حضور یون مس جذب تتراسایکلین تشدید می‌شود. در این تحقیق همچنین اثر pH محلول مورد بررسی قرار گرفته است و مشخص گردیده است که با افزایش pH محلول از ۲/۸ به ۵/٦ جذب یون‌های تتراسایکلین و با افزایش pH محلول از ۲/۵ تا ۷ جذب یون‌های مس افزایش می‌یابد[۱۱].

در تحقیق دیگری، جذب آنتی بویتکی تتراسایکلین توسط اکسید گرافن مورد بررسی قرار گرفته است. در این تحقیق محققان مشاهده کرده اند که اکسید گرافن به شدت مولکول‌های تتراسایکلین را جذب می‌کند. محققان اظهار داشته اند که جذب بیشتر مولکول های آروماتیک بروی اکسید گرافن اغلب از نوع واکنش پشته سازی Π-Π می‌باشد در این مطالعه داده‌های ثابت تعادل بروی مدل‌های ایزوترمی لانگمویر و تمکین مورد برازش قرار گرفته و حداکثر ظرفیت

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.29252/jehe.7.2.152]

جـذب اکسـید گـرافن بـرای مولکـول‌هـای تتراسـایکلین ۳۱۳ mg/g بدست آمده است[۱۲].

در مطالعه دیگری، محققان از اکسید آلومینیوم برای جذب تتراسایکلین استفاده کرده و مشاهده نموده اند که اکسیدآلومینیوم قابلیت بسیار بالایی برای جذب تتراسایکلین از خود نشان می‌دهد. در این تحقیق مشخص گردید که حداکثر جذب تتراسایکلین در مدت زمان ۳ ساعت، در غلظت ٤٠ میکرومول از تتراسایکلین، میزان ۱/۷۸ گرم بر لیتر از اکسید آلومینیوم در pH معادل ۵ و در ردمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد اتفاق می‌افتد[۱۳].

از فناوری‌های نانو که اخیرا مقبولیت زیادی پیدا کرده است استفاده از نانو جاذب¬ها برای تصفیه و حذف آلاینده¬ها از محیط است[۱٤]. ذرات نانو به دلیل داشتن اندازه کوچک، سطح مقطع زیاد، شکل کریستالی، نظم شبکه‌ای منحصر به فرد و در نتیجه واکنش‌پذیری بسیار زیاد می¬توانند برای تصفیه آلاینده¬ها وتبدیل آن¬ها به مواد بی ضرر و کم ضررتر مورد استفاده قرار گیرند[۱۵]. ازجمله نانو ذرات کاربردی در صنعت و پزشکی نانو ذرات اکسید منیزیم می‌باشد. منیزیم اکسید،اکسید قلیایی خاکی است با کاربرد وسیعی در سطح مختلفی مثلا بعنوان ماده نسوز در مناطق با خطر آتش سوزی بالا،منطقه مرطوب،عایق حرارتی مواد معدنی،صفحه نمایش و مبلمان خانه دارد. و علاوه بر این نانو کریستال اکسید فلزی قلیایی خاکی مثل mgo بطورموثری بعنوان جاذب برای گازهای اسیدی و تجزیه مواد شیمیایی خطرناک استفاده میشود[۱٦]. از اکسیدهای منیزیم برای حذف سیلیکا [۱٦]، برم [۱۷]، مالاتیت سبز(Malachite green) [۱۸]، آرسنیک [۱۹]، رنگ¬زدایی[۱٤]و دیگر آلاینده¬های موجود در پساب استفاده شده است.

هدف این مطالعه، سنتز نانو ذرات اکسید منیزیم و بررسی کاربرد آن در حذف آنتی‌بیوتیک تتراسایکلین می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق از نوع بنیادی کاربردی بوده و مراحل آن بطور کلی شامل رسم منحنی کالیبراسیون تتراسایکلین با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر، سنتز جاذب MgO، انجام آنالیزهای SEM، XRD، FTIR،BET بر روی جاذب، تعیین اثر پارامترهای pH، غلظت اولیه آنتی بیوتیک، قدرت یونی محلول و حضور یون‌های مداخله گر بر کارایی حذف آنتی‌بیوتیک تتراسایکلین با استفاده از جاذب MgO و بدست آوردن مقادیر بهینه پارامترها در شرایط آزمایش بود.

جهت سنتز نانوذرات MgO ۱۰۰ گرم MgCl2.6H2O در ۵۰۰ سی سی آب مقطر در بشر یک لیتری حل شد. سپس ۵۰ سی سی محلول ۱ نرمال NaOH اضافه شد. اختلاط به مدت ٤ ساعت(با دور rpm400-300) تا رسوب Mg(OH)2 تشکیل شود. ۵ دقیقه با دور rpm3000 سانتریفوژ شد تا Mg(OH)2 به فرم ژل شکل بگیرد. سپس نمونه چند بار با آب مقطر شسته شد و به مدت ٢٤ ساعت در دمای ٦٠ درجه سانتیگراد خشک شد. در نهایت، پودر خشک شده به مدت ۲ ساعت در دمای ٤٥٠ در کوره کلسینه شد. (مقدار منیزیم کلرید مصرفی۵۰۰ گرم بود که با این مقدار،کمی بیشتر از ۵ گرم جاذب تهیه شد).

انجام آزمایشات جذب

- تعیین pH بهینه

برای بدست آوردن pH بهینه مقدار دوز g/L ۱ از جاذب را در تماس با محلول تتراسایکلین با غلظت ppm ۲۰ به مدت ٦٠ دقیقه در pHهای ۱۱-۹-۷-۵-۳ قرار داده شد و عدد جذب آن قبل و بعد از در معرض قرار گیری جاذب قرائت شد.

- تعیین غلظت بهینه تتراسایکلین

غلظت‌های mg/L ٤٠-۳۰-۲۰-۱۰ از تتراسایکلین آماده

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.29252/jehe.7.2.152]

شد و pH آن در مقدار بهینه بدست آمده از مرحله قبل تنظیم و با مقدار دوز جاذب g/L ۱ در زمان‌های ۰تا۲۰۰ دقیقه مورد بررسی قرار گرفت.

- تعیین اثر قدرت یونی محلول

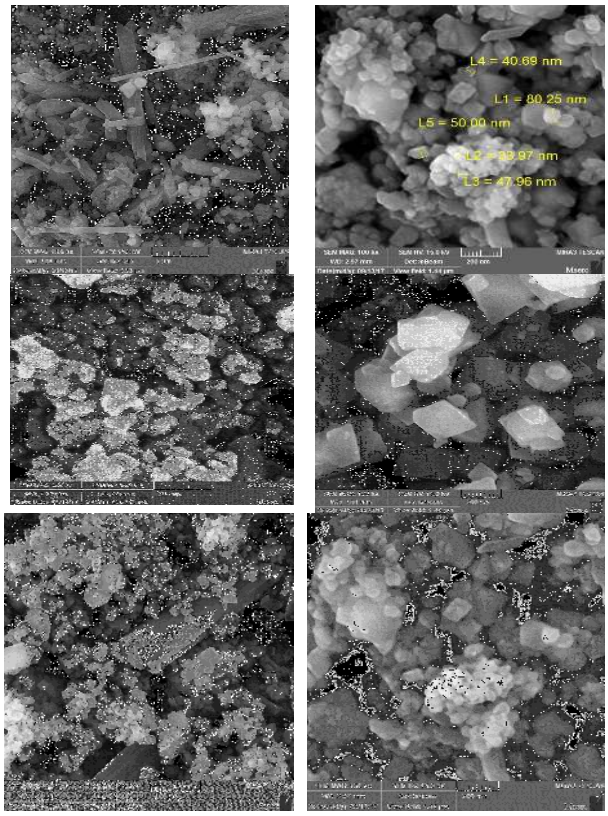
برای بررسی این پارامتر از کلریدسدیم با غلظت‌های ۰/۵-۰/٤-۰/۳-۰/۲-۰/۱ مولار و دوز جاذب g/L ۱ استفاده شد. این مرحله در شرایط بهینه بدست آمده از نظر pH، غلظت آنتی‌بیوتیک و زمان تماس مورد آزمایش قرار گرفت و نمونه برداری قبل و بعد از افزودن جاذب انجام شد.

- تعیین اثر یون‌های مداخله گر

در این مرحله تاثیر یون‌های مداخله گر از قبیل نیترات (۲۵، ۷۵ و ۱۰۰ میلی گرم در لیتر)، سولفات (۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی گرم در لیتر)، فلوراید (۵، ۱۰، ۱۵ میلی گرم در لیتر) و مس (۵، ۱۰ و ۱۵ میلی گرم در لیتر) در شرایط بهینه مورد بررسی قرار گرفت.

روش انجام آزمایشات جذب

تمام آزمایشات جذب در سیستم ناپیوسته انجام شد. بعد از آماده سازی محلول‌های سنتتیک آنتی‌بیوتیک و تنظیم شرایط مورد نظر در هر مرحله دوز ثابتی از جاذب که معادل g/L ۱ بود به محلول اضافه شد و روی شیکر با دور rpm ۳۰۰ جهت اختلاط قرار گرفت. قبل از افزودن جاذب، غلظت اولیه آنتی‌بیوتیک با اسپکتروفتومتر قرائت شد. بعد از افزودن جاذب، برای نمونه گیری در هر زمان cc ۳ نمونه از داخل بشر برداشته و بعد از عبور از فیلتر سرسرنگی ۰/۲ میکرون، جذب آن نیز قرائت شد. راندمان حذف آنتی بیوتیک نیز با استفاده از فرمول محاسبه شد.



شکل ۱: آنالیزاسکن میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) برای جاذبMgOمنگنز قبل و بعد از جذب آنتی‌بیوتیکتتراسایکلین

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.29252/jehe.7.2.152]

یافته‌ها

- تعیین مشخصات جاذب مورد استفاده

در شکل ۱ آنالیزاسکن میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) برای جاذبMgO قبل و بعد از جذب آنتی بیوتیک تتراسایکلین نشان داده شده است.

در شکل ۲ و ۳ آنالیز تفرق اشعه ایکس و آزمون FTIR برای اکسید منیزیم نشان داده شده است.

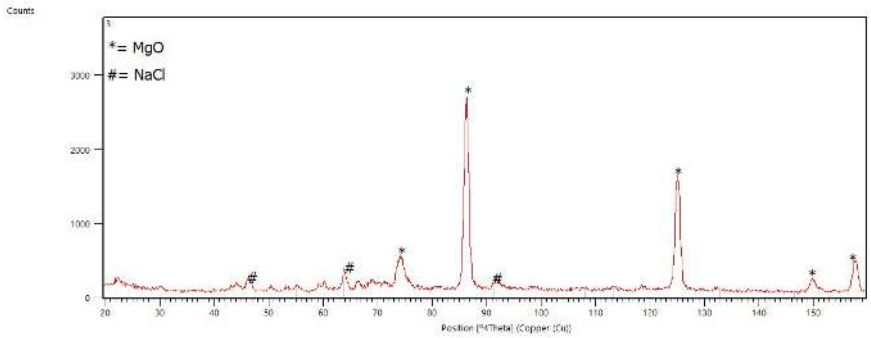
آنالیز BET برای جاذب نانو اکسید منیزیم نشان داد که سطح ویژه جاذب برابر ۱۹/٤۹ m2/g (در حجم cm3/g ٤۸/٤) بدست آمد.

نتایج آزمایشات جذب

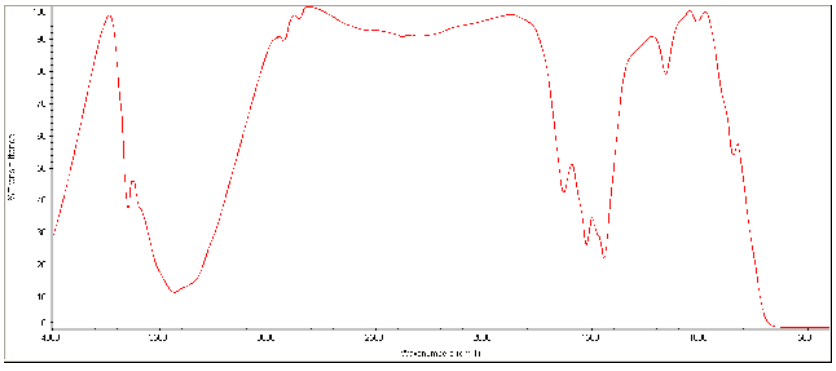
- اثر pH بر کارایی حذف تتراسایکلین با جاذب MgO

شرایط آزمایش برای بررسی پارامتر pH در زمان ٦۰ min، دوز ثابت جاذب ۱ g/L و غلظت آنتی‌بیوتیک ۲۰ mg/L بود. نتایج در نمودار ۱ آمده است.

همان طور که در نمودار۱ مشاهده می‌شود با افزایش pH از ۳ به ۷ راندمان افزایش یافته ولی بعد از آن تا رسیدن به pH=۱۱ با کاهش دوباره راندمان مواجه شدیم. بیشترین راندمان حذف در شرایط ذکر شده در بالا در pH =۷ برابر ۷۵/۸۳ ٪ بوده که این pH به عنوان pHبهینه در نظر گرفته می‌شود.



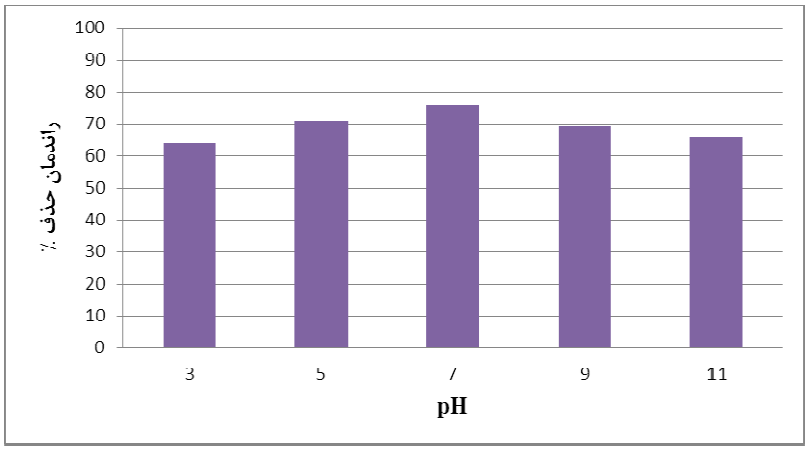
شکل ۲: آنالیز تفرق اشعه ایکس برای اکسید منیزیم



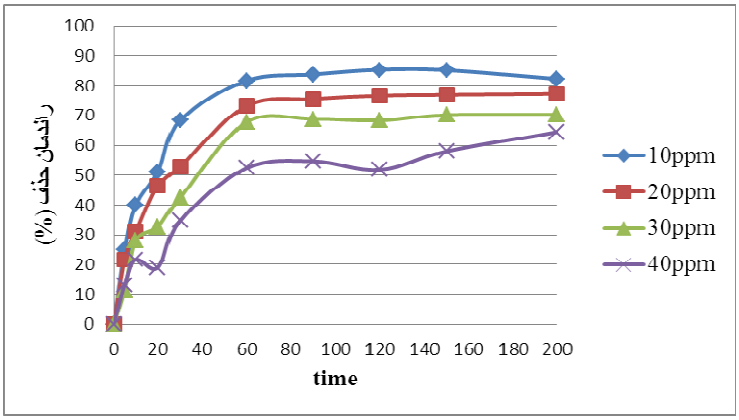
شکل ۳: آنالیز FTIR برای اکسید منیزیم

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.29252/jehe.7.2.152]



نمودار ۱: راندمان حذف تتراسایکلین با جاذب MgOدر محدوده pH ۳ تا ۱۱



نمودار ۲: راندمان حذف تتراسایکلین با جاذب MgO، در pH=۷ و تمام غلظت ها

- اثر غلظت اولیه آنتی بیوتیک بر کارایی حذف تتراسایکلین با جاذب MgO

برای بررسی این پارامتر شرایط ثابت شامل دوز جاذب (۱ g/L ،pH =۷) که در مرحله قبل بدست آمد. غلظت های ppm ۴۰-۳۰-۲۰-۱۰ در زمان های تماس min ۲۰۰-۰ مورد بررسی قرار گرفت.

با توجه به نمودار ۲ با افزایش زمان تماس، راندمان افزایش یافته است. این افزایش تا زمان min ۶۰ شیب تندتری داشته و بعد از ۶۰ دقیقه تقریبا ثابت می‌شود به طوری که از زمان min ۶۰ تا min ۱۲۰ برای غلظت ppm ۱۰ راندمان به ترتیب از ۸۱/۶۸ به ۸۲/۲۵، برای غلظت ppm ۲۰ از ۷۳/۲۱ به ۷۷/۲۴ ، برای غلظت ppm ۳۰ از ۶۷/۷۶ به ۷۰/۳۲ و برای غلظت ppm ۴۰ از ۵۲/۳۸ به ۶۴/۴۹ درصد می‌رسد. غلظت ppm ۴۰ تا زمان min ۲۰۰ به زمان ثابتی نرسیده است و تا آخرین زمان تماس روند افزایشی همچنان مشاهده می‌شود. ولی با توجه به سایر غلظت‌های موجود زمان min ۶۰ به

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.29252/jehe.7.2.152]

عنوان زمان بهینه انتخاب شد.

همچنین نمودار گویای این نیز هست که با افزایش غلظت آنتی بیوتیک راندمان حذف کاهش یافته است و راندمان در زمان بهینه برای غلظت های ppm ۴۰-۳۰-۲۰-۱۰ به ترتیب برابر با ۵۲/۳۸-۶۷/۷۶-۷۳/۲۱ و ۸۱/۶۸٪ می‌باشد. بنابراین غلظت ppm ۱۰ به عنوان غلظت بهینه آنتی بیوتیک در شرایط موجود در این آزمایش انتخاب شد.

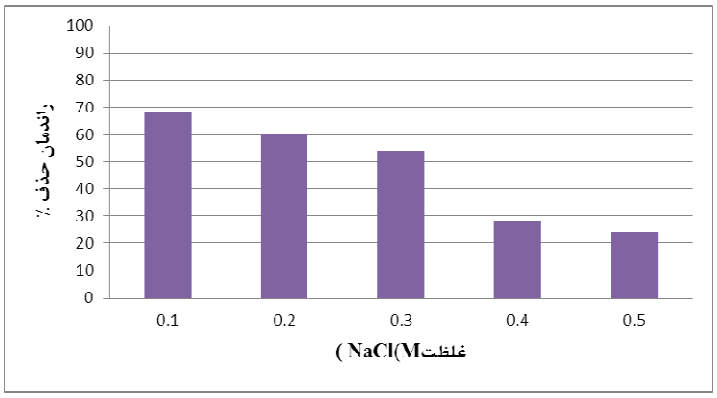
- اثر قدرت یونی بر کارایی حذف تتراسایکلین با جاذب MgO

شرایط ثابت در تعیین اثر قدرت یونی شامل pH=۷، دوز جاذب g/L ۱، غلظت آنتی بیوتیک ppm ۱۰ و زمان min ۶۰ می‌باشد.

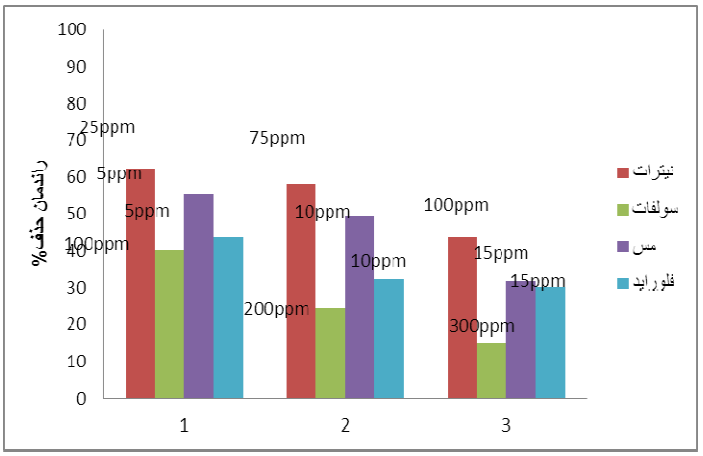
در نمودار ۳، راندمان حذف آنتی بیوتیک در شرایط بهینه بدون حضور سدیم کلرید برابر با ۸۱/۶۸ ٪ بود اما بعد از افزودن سدیم کلرید با غلظت M ۱، راندمان به ۶۷/۸۴ ٪ کاهش یافت. هم چنین با افزایش قدرت یونی محلول راندمان کاهش یافت و راندمان حذف آنتی بیوتیک با غلظت سدیم کلرید M ۱ از ۶۷/۸۴٪ به ۲۴/۳۲٪ با غلظت سدیم کلرید M ۵ رسید.

- اثر یون های مداخله گر بر کارایی حذف تتراسایکلین با جاذب MgO

با اضافه نمودن یون های مداخله گر راندمان حذف آنتی‌بیوتیک کاهش یافته است که در نمودار ۴ مشهود است.



نمودار ۳: تاثیر قدرت یونی بر راندمان حذف تتراسایکلین در شرایط بهینه



نمودار ۴: تاثیر حضور یون‌های مداخله گر بر راندمان حذف تتراسایکلین با جاذب MgO

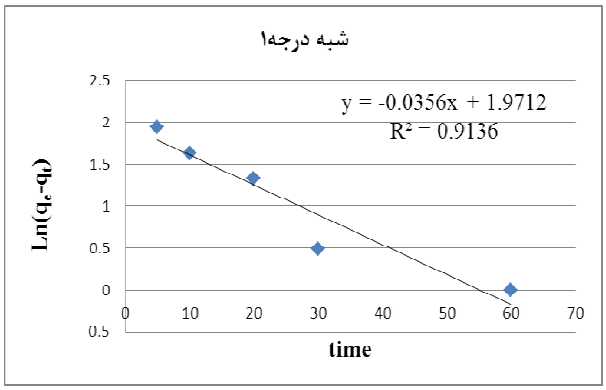
[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.29252/jehe.7.2.152]

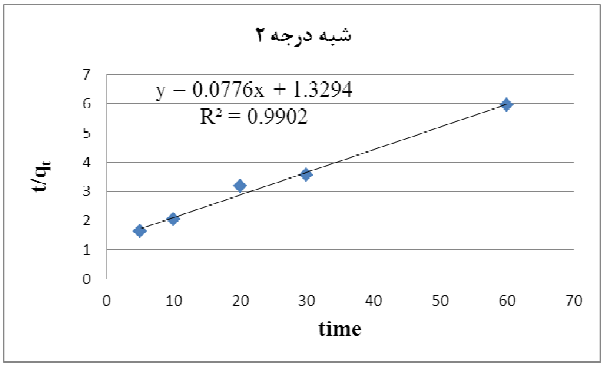
راندمان بدون حضور یون‌های مداخله گر در شرایط بهینه برابر ۸۱/۶۸ ٪ بود که با افزودن یون‌های مداخله گر راندمان در کمترین سطح غلظت مداخله گرها به ۶۲/۲۹٪(نیترات)، ۴۰/۱۱ ٪(سولفات)، ۵۵/۳۲ ٪(مس) و ۴۳/۵۶٪ (فلوراید) کاهش یافت. بیشترین کاهش راندمان مربوط به یون سولفات با غلظت ppm ۳۰۰ بود که راندمانی معادل ۱۵٪ را نشان داد.

نتایج سینتیک جذب

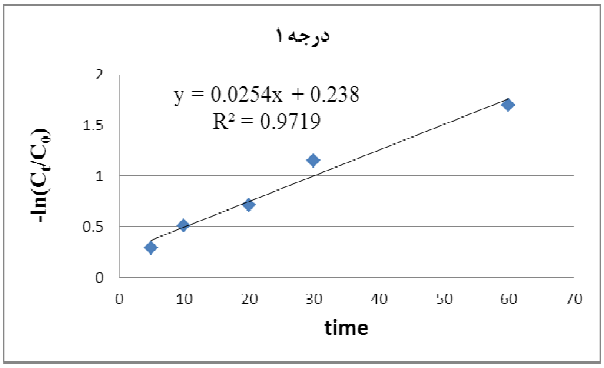
در این پژوهش سینتیک های درجه ۱، درجه ۲، شبه درجه ۱ و شبه درجه ۲ مورد بررسی قرار گرفت که داده های حاصل از آزمایش با سینتیک شبه درجه ۲تطابق بهتری دارند.



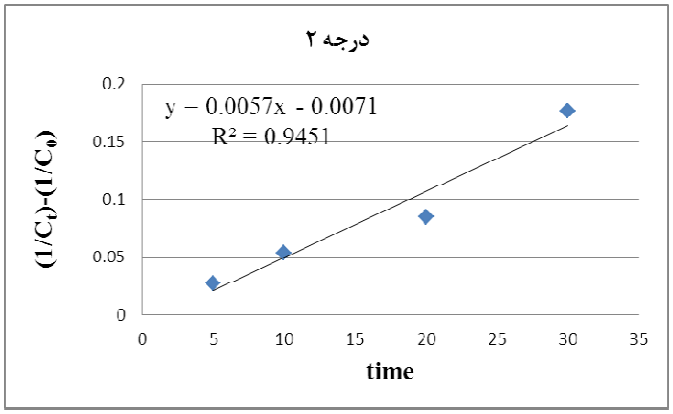
نمودار ۵: سینتیک شبه درجه اول



نمودار ۶: سینتیک شبه درجه دوم



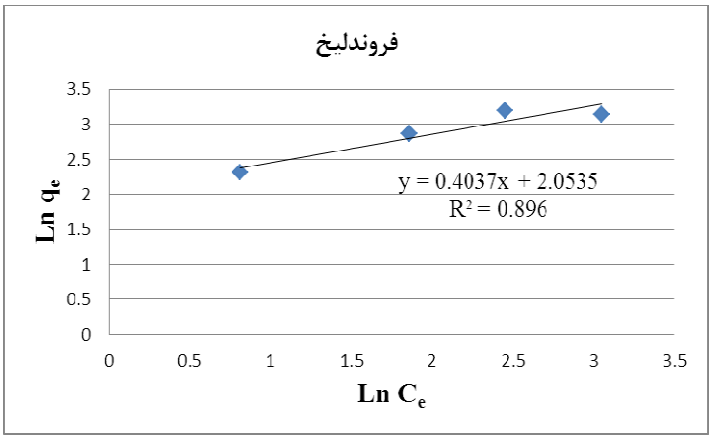
نمودار ۷: سینتیک درجه اول



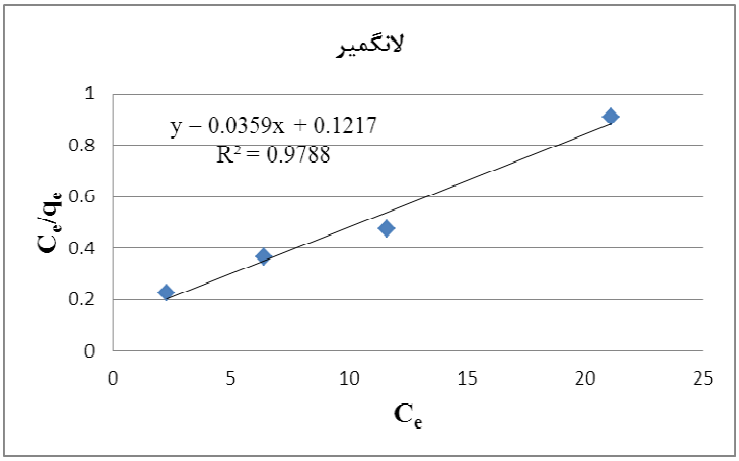
نمودار ۸: سینتیک درجه دوم

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.29252/jehe.7.2.152]



نمودار ۹: ایزوترم فروندلیخ



نمودار ۱۰: ایزوترم لانگمیر

نتایج ایزوترم جذب

دو ایزوترم فروندلیخ و لانگمیر برای جـاذب MgO مـورد بررسی قرار گرفت که جدول محاسبات و ضرایب مربـوط بـه هر یک در نمودارهای ۹ و ۱۰ آمده است.

بحث

اثر pH بر کارایی حذف تتراسایکلین با جاذب MgO

برای بررسی pH بر راندمان حذف تتراسایکلین با اسـتفاده از جاذب MgO، pHهای ۱۱-۹-۷-۵-۳ مورد آزمـایش قـرار گرفت. ملاحظه شد که قبل و بعـد از pH=۷ رانـدمان کمتـری نسبت به pH=۷ دارد. با توجه به نتایج بدست آمـده ایـن pH به عنوان pH بهینه در نظر گرفته شد.

پارامتر pH در افزایش یا کاهش راندمان حذف بسـیاری از آلاینده‌ها نقش تعیین‌کننده‌ای دارند. با توجه به مطالعـه انجـام شده توسـط کانـگ و همکـاران در سـال ۲۰۱۱ بـار سـطحی آنتی‌بیوتیک تتراسایکلین در pHهای مختلـف تغییـر مـی‌کنـد. مولکول تتراسایکلین که با نماد H2L نمایش داده می‌شـود، در pH اسیدی بار مثبت دارند (+H3L) و هرچه به شرایط قلیایی

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.29252/jehe.7.2.152]

نزدیک می‌شوند بار منفی دارند. بطوری که در pH < ۷/٦ 4/3< به فرم H2L و در pH>6/7<۹ به فرم HL- در می‌آیند[۱۱]. بار سطحی جاذب نیز یکی از عوامل مهم در تقویت نیروی جاذبه الکتروستاتیک بین آنتی بیوتیک و جاذب است. در مطالعه انجام شده توسط قهرمانی و همکاران در سال ۲۰۰۹ بار سطحی نانو ذرات MgO مثبت است[۲۰]. در مطالعه آنها که حذف رنگهای راکتیو را با MgO بررسی کردند در pH =۸ بالاترین راندمان را داشتند که آلاینده مورد بررسی آنها در این pH دارای بار منفی بود. در مطالعه لی و همکاران که در سال ۲۰۱۲ روی حذف رنگ‌های آزو با جاذب اکسید منیزیم کار کردند pH =۷ به عنوان بهینه درنظر گرفته شد[۱۷]. حذف تتراسایکلین با سایر جاذب‌ها نیز بسته به بار سطحی بین جاذب و آلاینده در pHهای مختلف اتفاق افتاد. فیگروآ و همکاران نیز در سال ۲۰۰٤ نشان دادند که راندمان حذف تتراسایکلین در pH =۷ به حدود ۹۹٪ رسید[۲۱]. چن و همکاران در سال ۲۰۱۰ حذف تتراسایکلین را با Al2O3 بررسی کردند که با توجه به بار سطحی مثبت اکسید آلومینیوم و بار منفی آنتی بیوتیک در شرایط تقریبا خنثی بالاترین راندمان در pH =۷ بدست آمد که قبل و بعد از این pH نیز راندمان روند کاهشی را نشان داد. از طرفی صرف نظر از pH محلول و حتی سایر شرایط معمولا مقداری از آلاینده از طریق نیروی‌های واندوالس به سطح جاذب جذب می‌شوند. در مورد تتراسایکلین چون مولکول آن ساختار حلقوی گسترده‌ای دارد بنابراین پیوندهای واندروالس بین جاذب و آنتی بیوتیک نیز برقرار می‌شود[۱۳]. از دلایل کاهش راندمان در شرایط اسیدی می‌توان به تغییر بار سطحی به مثبت و غلبه نیروی دافعه اشاره کرد. با افزایش pH نیز به دلیل تشکیل یون های OH- در محلول و ایجاد رقابت بین این یون‌ها و آنتی‌بیوتیک که بارهای مشابهی دارند سبب اشغال برخی از جایگاه ها در جاذب توسط یون‌های هیدروکسیل می‌شود[۲۰]. بنابراین شرایط موجود در پژوهش پیش رو با مطالب ذکر شده هم خوانی دارد و بار مثبت جاذب و بار منفی آنتی‌بیوتیک در pH=۷ منطقی به نظر می‌رسد.

اثر غلظت اولیه آنتی بیوتیک بر کارایی حذف تتراسایکلین با جاذب MgO

در این پژوهش که از غلظت‌های ppm ٤۰-۳۰-۲۰-۱۰ از تتراسایکلین استفاده شده بود، مشاهده شد که با افزایش غلظت راندمان حذف کاهش می‌یابد. چن و همکاران در سال ۲۰۱۰ که بر روی جاذب Al2O3 مطالعه کردند مشاهده کردند که با افزایش غلظت از ۲۰ به mM ۱۱۰ راندمان کاهش می‌یابد که این نتیجه به محل‌های جذب محدود بر روی جاذب نسبت داده شد[۱۳]. در مطالعه قهرمانی و همکاران[۲۰] نیز که این بر روی جاذب MgO کار کرده بودند همین روند مشاهده شد. از آنجایی که آلاینده آنها رنگ های راکتیو بودند علت این کاهش راندمان که با افزایش غلظت رخ می‌داد، اندازه بزرگ مولکول‌های آلاینده بیان شد که محل‌های جذب را اشغال می‌کند. از طرفی چون مطالعات جذب آن‌ها از ایزوترم لانگمیر پیروی می‌کرد علاوه بر اندازه بزرگ مولکول آلاینده، می‌توان علت مشاهده این روند در راندمان را به خواص سطحی جاذب نسبت داد که در ادامه و در جای خود شرح داده می‌شود.

اثر قدرت یونی بر کارایی حذف تتراسایکلین با جاذب MgO

در این پژوهش مشاهده شد که راندمان حذف آنتی‌بیوتیک در شرایط بهینه بدون حضور سدیم کلرید برابر با ۸۱/٦۸ ٪ بود اما بعد از افزودن سدیم کلرید با غلظت M1/0 ، راندمان به ٦۷/۸٤ ٪ کاهش یافت. هم چنین با افزایش قدرت یونی محلول راندمان کاهش یافت و راندمان حذف آنتی بیوتیک با غلظت سدیم کلرید M1/0 از ٦۷/۸٤٪ به ۲٤/۳۲٪ با غلظت سدیم کلرید M5/0 رسید. در پژوهشی که محوی و همکاران

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.29252/jehe.7.2.152]

بر روی جذب تتراسایکلین با استفاده از فرآیند نانو سونو شیمیایی انجام دادند.مشاهده شد که غلظت بالای یون‌های بی کربنات و کلراید موجود در پساب به عنوان عوامل رباینده رادیکالهای آزاد تولیدی عمل نموده و بنابر این منجر به کاهش راندمان حذف تتراسایکلین می‌شود.

اثر یون‌های مداخله گر بر کارایی حذف تتراسایکلین با جاذب MgO

فاضلاب¬های صنعتی و آب¬های طبیعی حاوی انواع مختلفی از نمک¬ها هستند که ممکن است بر روی فرایند جذب سطحی موثر واقع شوند. بنابراین ارزیابی اثر یون¬های مداخله گر بر حذف آلاینده¬ها از محلول¬های آبی بسیار اهمیت دارد.

نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر بررسی نانو ذرات اکسید منیزیم و بررسی کاربرد آن در حذف آنتی‌بیوتیک تتراسایکلین از محلول‌های آبی مورد بررسی قرار گرفت. این مطالعه یک روش ساده و موثر برای حذف آنتی‌بیوتیکهای مزاحم در محلول‌های آبی می‌باشد که ممکن است برای بهبود کیفیت آب مورد بهره برداری قرار گیرد. اکسید منیزیم به عنوان جاذب ارزانقیمت در غلظت‌های پایین قادر به تامین استاندارد خروجی مناسبی به منابع پذیرنده می‌باشد و تهیه و آماده سازی آن نسبت به کربن فعال و دیگر جاذب‌ها بسیار آسانتر است لذا می‌تواند جاذبی مناسب در حذف آنتی‌بیوتیکهای مزاحم از محیط‌های آبی باشد.

تقدیر و تشکر

این مقاله حاصل از طرح تحقیقاتی با عنوان "سنتز نانو ذرات اکسید منیزیم و بررسی کاربرد آن در حذف آنتی بیوتیک تتراسایکلین" مصوب دانشگاه علوم پزشکی البرز (کد طرح ۲۷۷۸۲۵۷) می‌باشد .

References

1. Hirsch R, Ternes T, Haberer K, Kratz K-L. Occurrence of antibiotics in the aquatic environment. Sci Total Environ 1999;225(1):109-18.
2. Pacheco S, Medina M, Valencia F, Tapia J. Removal of inorganic mercury from polluted water using structured nanoparticles. J Environ Eng 2006;132(3):342-9.
3. Martinez JL. Environmental pollution by antibiotics and by antibiotic resistance determinants. Environ Pollut 2009;157(11):2893-902.
4. Kümmerer K. Antibiotics in the aquatic environment–a review–part II. Chemosphere 2009;75(4):435-41.
5. Zhang R, Zhang G, Zheng Q, Tang J, Chen Y, Xu W, et al. Occurrence and risks of antibiotics in the Laizhou Bay, China: impacts of river discharge. Ecotoxicol Environ Safe 2012;80:208-15.
6. Zhang R, Tang J, Li J, Cheng Z, Chaemfa C, Liu D, et al. Occurrence and risks of antibiotics in the coastal aquatic environment of the Yellow Sea, North China. Sci Total Environ 2013;450:197-204.
7. Mojica E-R, Aga D. Antibiotics pollution in soil and water: potential ecological and human health issues. 2011.
8. Javid A, Nasseri S, Mesdaghinia A, Hossein Mahvi A, Alimohammadi M, Aghdam RM, et al. Performance of photocatalytic oxidation of tetracycline in aqueous solution by TiO 2 nanofibers. J Environ Health Sci Eng 2013;11(1):24.
9. Daghrir R, Drogui P. Tetracycline antibiotics in the environment: a review. Environ Chem Lett 2013;11(3):209-27.
10. Li Z, Schulz L, Ackley C, Fenske N. Adsorption of tetracycline on kaolinite with pH-dependent surface charges. J Col Interf Sci 2010;351(1):254-60.
11. Kang J, Liu H, Zheng Y-M, Qu J, Chen JP. Application of nuclear magnetic resonance spectroscopy, Fourier transform infrared spectroscopy, UV–Visible spectroscopy and kinetic modeling for elucidation of adsorption chemistry in uptake of tetracycline by zeolite beta. J Col Interf Sci 2011;354(1):261-7.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.29252/jehe.7.2.152]

12. Gao Y, Li Y, Zhang L, Huang H, Hu J, Shah SM, et al. Adsorption and removal of tetracycline antibiotics from aqueous solution by graphene oxide. J Col Interf Sci 2012;368(1):540-6.

13. Chen W-R, Huang C-H. Adsorption and transformation of tetracycline antibiotics with aluminum oxide. Chemosphere 2010;79(8):779-85.

14. Nga NK, Hong PTT, Dai Lam T, Huy TQ. A facile synthesis of nanostructured magnesium oxide particles for enhanced adsorption performance in reactive blue 19 removal. . J Col Interf Sci 2013;398:210-6.

15. Park J-Y, Lee Y-J, Jun K-W, Baeg J-O, Yim DJ. Chemical synthesis and characterization of highly oil dispersed MgO nanoparticles. J Ind Eng Chem 2006;12(6):882-7.

16. Huang X, Wu T, Li Y, Sun D, Zhang G, Wang Y, et al. Removal of petroleum sulfonate from aqueous solutions using freshly generated magnesium hydroxide. J Hazard Mater 2012;219:82-8.

17. Lee G, Park J, Harvey OR. Reduction of Chromium (VI) mediated by zero-valent magnesium under neutral pH conditions. Water Res 2013;47(3):1136-46.

18. Caraballo MA, Rötting TS, Silva V. Implementation of an MgO-based metal removal step in the passive treatment system of Shilbottle, UK: Column experiments. J Hazard Mater 2010;181(1):923-30.

19. Tang W, Su Y, Li Q, Gao S, Shang JK. Superparamagnetic magnesium ferrite nanoadsorbent for effective arsenic (III, V) removal and easy magnetic separation. Water Res 2013;47(11):3624-34.

20. Ghahramani E, Ghaneian M, Abouee Mehrizi E, Ghavami Z, Ahmadi K, Taghavi M, Sadeghi S. Evaluate the efficiency and effectiveness of magnesium oxide nanoparticles in removal of reactive yellow 3 dyestuffs from aqueous. J North Khorasan Univ Med Sci 2016;8(1):117.24. [In Persian]

21. Xu Z, Fan J, Zheng S, Ma F, Yin D. On the adsorption of tetracycline by calcined magnesium-aluminum hydrotalcites. J Environ Qual 2009;38(3):1302-10.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.29252/jehe.7.2.152]

Journal of Environmental Health Engineering, November 2019; Vol. 7, No. 2: 152-164

Synthesis of Magnesium Oxide Nanoparticles and Their Application in Removal of Tetracycline Antibiotic from Aqueous Solutions

Bahare Mirzahedayat[1], Masomeh Entezari[1], Mansur Zarrabi[1,2], Emad Dehghanifard[1,2], Mohammad Noorisepehr[1,2]*

1. Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Alborz University of Medical Sciences, Karaj, Iran.

2. Research Center for Health, Safety and Environment, Alborz University of Medical Sciences, Karaj, Iran

**** E-mail: dr.nooriseper@gmail.com***

Received: 18 Oct. 2019 ; Accepted: 5 Feb. 2020

ABSTRACT

Background: Magnesium oxide is one of the alkaline earth metal oxides which due to its catalytic properties has been widely used in the analysis of hazardous chemicals. The main purpose of this study was to remove tetracycline antibiotics using magnesium nano oxide.

Methods: In this study, magnesium oxide nanoparticles were synthesized in the presence of cetyl trimethyl ammonium bromide. Synthesized nanoparticles were analyzed by X-ray diffraction (XRD), thermal analysis (TGA), transmission microscopic analysis (TEM), particle size distribution analysis (DLS), infrared radiation analysis (FTIR) and electron diffraction (FES) electron microscopy (FES). In the next step, the efficiency of the synthesized nanoparticles in the batch system was investigated by changing one parameter and keeping the other parameters constant in removal of the tetracycline antibiotic.

Results: Increasing the pH from 3 to 7 caused efficiency increase, but decreased again to pH = 11. As the contact time increases, the efficiency increases. This increase was steepest for 60 minutes and is almost constant after 60 minutes. According to other available concentrations,the contact time of 60 minutes was chosen as the optimum time. The efficiency without the presence of interfering ions in optimum condition was 81.68%. By adding the interfering ions the efficiency at the lowest concentration level of the interferers was 62.29% (nitrate), 40.11% (sulfate), 55.32% (Cu) and 43.56% (fluoride) decreased. The highest reduction was obtained with sulfate ion at 300 ppm which showed an efficiency of 15%.

Conclusion: The results of this study showed that MgO adsorbent can efficiently remove tetracycline contaminants from water resources.

Keywords: Magnesium oxide nanoparticles, Tetracycline antibiotic, Aqueous solutions, Adsorption

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.29252/jehe.7.2.152]