

بررسی کارایی و اثر بخشی نانو ذرات اکسید منیزیم در حذف رنگ راکتیو یلو ۳ از محیط های آبی

اسمعیل قهرمانی^۱، محمد تقی قانعیان^۲، احسان ابویی مهریزی^۳، ژیلا قوامی^۴،
کلثوم احمدی^۴، محمود تقوی^۵، شهرام صادقی^{۶*}

^۱مرکز تحقیقات بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی کردستان، سنندج، ایران.
^۲گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدقی، یزد، ایران.
^۳عضو هیئت علمی گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی، بجنورد، ایران.
^۴دانشجوی کارشناسی مهندسی بهداشت محیط، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی کردستان، سنندج، ایران.
^۵دانشجوی دکتری تخصصی، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی زابل، زابل، ایران.
^۶دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی کردستان، سنندج، ایران.
*نویسنده مسئول: کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی کردستان، سنندج، ایران.
پست الکترونیک: Shahram.snaa@yahoo.com

چکیده

زمینه و هدف: استفاده گسترده از رنگ ها اغلب منجر به بروز مشکلاتی چون آلودگی محیط زیست بصورت تخلیه فاضلابهای رنگی به محیط زیست و نیز ورود پساب های رنگی به آبهای پذیرنده می شوند؛ وجود رنگ سبب جلوگیری از نفوذ نور خورشید به داخل آب شده و در نتیجه سبب اختلال در فرآیندهای فتوسنتتیک در آبهای سطحی می شود. لذا هدف از این مطالعه تعیین کارایی و اثر بخشی نانو ذرات اکسید منیزیم در حذف رنگ راکتیو یلو ۳ از محیط های آبی بود.

مواد و روش کار: این مطالعه از نوع تجربی آزمایشگاهی بوده که در آن اثر متغیرهای تاثیر گذار در کارایی حذف رنگ از فاضلاب سنتتیک مورد بررسی قرار گرفت. از جمله پارامترهای مورد بررسی، اثر pH (۹، ۷، ۵) زمان تماس واکنش (۳۰، ۶۰ و ۹۰ دقیقه)، دوز جاذب (۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ گرم) و غلظت اولیه رنگ (۳۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی گرم در لیتر) می باشد.

یافته ها: نتایج این مطالعه نشان داد با افزایش زمان تماس، غلظت جاذب و کاهش غلظت رنگ، راندمان حذف افزایش پیدا کرد بطوریکه بیشترین راندمان حذف رنگ در $pH = 7$ (۵۵٪)، مقدار جاذب ۰/۳ گرم (۹۶/۳۶٪)، غلظت رنگ ۳۰ میلی گرم در لیتر (۸۶٪) و زمان تماس ۹۰ دقیقه (۶۲/۲٪) بدست آمد.

نتیجه گیری: کارایی بیش از ۹۰ درصدی جاذب تهیه شده در حذف رنگ از محیط آبی نشان داد که می توان از آن بعنوان یک جاذب موثر در فرایندهای تصفیه استفاده نمود. لذا استفاده از این تکنیک جهت حذف آلاینده های رنگی از محیط های آبی پیشنهاد می گردد.

واژه های کلیدی: نانو ذرات، اکسید منیزیم، راکتیو یلو ۳، محیط آبی

مقدمه

در حال حاضر ۱۰۰ هزار نوع رنگ مختلف در سراسر دنیا تولید می‌شود که میزان تولید سالانه آن حدود ۷۰۰ تا یک میلیون تن می‌باشد. صنایع نساجی بیشترین مصرف رنگ-ها را دارند. برآوردها نشان می‌دهد که ۱۵ تا ۲۰ درصد از رنگ مصرفی در این صنایع وارد پساب خروجی‌شان می‌شود البته طبق یک نظر دیگر مقدار رنگ ورودی به پساب خروجی نساجی از ۲ درصد برای رنگ‌های پایه و ۵۰ درصد برای رنگ‌های راکتیو متغیر است. در کل مصرف رنگ در صنایع نساجی باعث تولید پساب‌های رنگی با غلظت رنگ بین ۱۰ تا ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر می‌شود [۴]. سالانه در سراسر دنیا حدود 7×10^5 تن در ۱۰۰۰۰ نوع رنگ مختلف تولید شود [۵]. استفاده گسترده از رنگ‌ها اغلب منجر به بروز مشکلاتی چون آلودگی محیط زیست بصورت تخلیه فاضلاب‌های رنگی به محیط زیست و نیز ورود پساب‌های رنگی به آب‌های پذیرنده می‌شوند؛ وجود رنگ سبب جلوگیری از نفوذ نور خورشید به داخل آب شده و در نتیجه سبب اختلال در فرآیندهای فتوسنتتیک در آب‌های سطحی می‌شود [۶]. برخی رنگ‌ها و مواد تشکیل دهنده آنها مانند نمک‌های کروم، روی، کادمیوم، مس و نیکل نیز برای ماهی‌ها سمی هستند [۷]. استفاده از انواع مختلف رنگ‌ها و مواد شیمیایی در پروسه‌های رنگرزی سبب ایجاد تفاوت‌های قابل ملاحظه‌ای در ویژگی‌های فاضلاب صنایع همانند تفاوت در pH، رنگ و مواد شیمیایی، میزان اکسیژن مورد نیاز شیمیایی^۱ (COD) می‌شود. ساختارهای متفاوت و پیچیده رنگ‌ها، تصفیه فاضلاب‌های رنگی را با استفاده از روش‌های مرسوم تصفیه چون روش‌های بیولوژیکی و فرآیندهای فیزیکی-شیمیایی مشکل می‌نماید؛ لذا بررسی دیگر روش‌های تصفیه بصورت یک نیاز احساس می‌شود. به منظور حفظ سلامت انسان و محیط زیست، بهره‌گیری از روش‌های ارزان قیمت و اقتصادی در حذف رنگ از فاضلاب‌های نساجی و کارخانه-های تولید رنگ بعنوان یک نیاز ضروری در کشورهای در حال توسعه مطرح می‌باشد [۸-۹]. روش‌های مختلفی به منظور کاهش ورود فاضلاب‌های رنگی به آب‌های سطحی

مورد آزمایش و بررسی قرار گرفته است. این روش‌ها شامل استفاده از منعقد کننده‌های شیمیایی، عوامل اکسید کننده، صافی‌های غشایی، فرآیندهای فتوکاتالیستی، فرآیندهای الکترو شیمیایی، فرآیندهای بیولوژیکی (مانند صافی‌های چکنده) و تکنیک‌های جذب سطحی می‌باشند اما روش‌های مذکور جزء روش‌های گران قیمت و هزینه‌بر دسته‌بندی می‌شوند [۱۰-۱۳]. محققان بدنبال یافتن جاذب‌های جدید با ظرفیت جذب بالا و هزینه تولید کم هستند. از این رو توجه زیادی به نانوتکنولوژی معطوف شده است. ونکاتیشا^۲ و همکاران (۲۰۱۲) به بررسی سنتیک و ترمودینامیک جذب رنگ‌های راکتیو و وات بر روی نانو ذرات Mgo پرداختند. در این مطالعه رنگ‌های Indanthren Blue و Levafix Fast Red CA(LFR) BC (IB) به ترتیب به عنوان مدلی برای رنگ‌های راکتیو و وات انتخاب شدند. و سایز نانو ذرات ۳۰-۲۵ نانومتر بود. آزمایشات نشان داد که نانو ذرات اکسید منیزیم تمایل بیشتری به جذب رنگ LRF دارند تا رنگ IB. در این تحقیق مشخص شد که بیشترین جذب رنگ‌های LRF و IB در دمای 25°C به ترتیب $92/16 \text{ mg/g}$ و $86/50 \text{ mg/g}$ است، که بیشترین جذب LRF در $\text{pH}=6$ بود. در حالی که اثر pH در جذب رنگ IB کمتر بود. ایزوترم لانگمویر بهترین مطابقت را با داده‌های تجربی به دست آمده و با ضریب همبستگی بالا داشت [۱۴]. تحقیقات متعددی کاربرد نانو ذرات برای تصفیه آب‌های آلوده را گزارش کرده‌اند. نانو ذرات سطح ویژه بالایی دارند. اکسید منیزیم، به دلیل داشتن خاصیت جذب تخریبی، ماده‌ی امیدبخشی به عنوان جاذب می‌باشد [۱۵]. لذا هدف از انجام این تحقیق تعیین کارایی نانو ذرات اکسید منیزیم در حذف رنگ راکتیو یلو ۳ از محیط‌های آبی صورت گرفت.

روش کار

در این مطالعه که یک مطالعه تجربی مداخله‌ای می‌باشد، از نانو ذرات اکسید منیزیم استفاده جهت حذف رنگ راکتیو یلو ۳ استفاده شد. ویژگی‌های رنگ مورد نظر در جدول ۱ آورده شده است.

اسپکتوفتومتر مدل PG uv/visT80 استفاده شد [۱۵] به دلیل اهمیت پارامترهایی مثل pH، زمان تماس، غلظت رنگ و غلظت جاذب در تاثیر گذاری نانوذرات و اهمیت آنها در مطالعات مشابه، پارامترهای مورد بررسی در این مطالعه عبادت بودند از: pH (۹,۷,۵) زمان تماس واکنش (۳۰، ۶۰ و ۹۰ دقیقه)، دوز جاذب (۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ گرم) و غلظت اولیه رنگ (۳۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی گرم در لیتر). در مجموع با توجه به متغیرهای مختلف تعداد کل آزمایشات ۱۰۸ آزمایش بوده است (۳*۳*۴).

یافته ها

نتایج یافته های این مطالعه به ترتیب روال زیر بدست آمد: طبق آزمایشات انجام شده با تغییرات pH روال راندمان مورد بررسی قرار گرفت. بطوریکه در pH های ۵، ۷ و ۹ راندمان اکسید منیزیم بصورت جدول ۲ بدست آمد. که بیشترین راندمان مربوط به pH برابر ۷ که راندمان حذف ۵۵ درصد شد. در مقادیر ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ گرم اثر جاذب بعد از ۹۰ دقیقه زمان تماس مورد بررسی قرار گرفت که نتایج به صورت جدول ۳ بود. غلظت ۰/۲ گرم از جاذب را در سه زمان تماس (۳۰، ۶۰ و ۹۰ دقیقه) بررسی کردیم که نتایج به صورت جدول ۴ بود. غلظت ۰/۲ گرم از جاذب را در زمان تماس ۹۰ دقیقه با غلظت های رنگ ۳۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر بررسی نمودیم که نتایج به صورت نمودار ۱ بود.

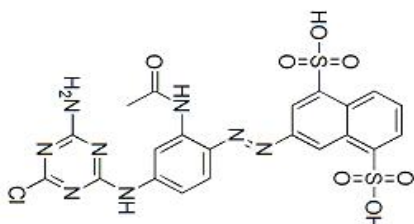
برای تولید نانوذرات اکسید منیزیم، ۵۰ گرم $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ در ۲۵۰ میلی لیتر آب مقطر، که قبلا ۵۰ میلی لیتر محلول NaOH ۱ نرمال اضافه شده بود، حل گردید. محلول به سرعت به مدت ۴ ساعت هم زده می شود تا رسوب هیدروکسید منیزیم تولید شد. سپس سوسپانسیون حاصل سانتریفیوژ شد. رسوب هیدروکسید منیزیم حاصل سه بار با آب مقطر شستشو داده و در دمای ۶۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک گردید. در نهایت پودر خشک شده در یک کوره با دمای ۴۵۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲ ساعت کلسینه و نانو ذرات MgO بدست آمد. برای تهیه مقدار جاذب مورد نیاز این آزمایش را ۱۰ بار دیگر تکرار شد. در نهایت نانو ذره مد نظر تولید گردید.

بخش اصلی آزمایشات با ثابت نگه داشتن عوامل مختلف و تغییر یک عامل، اثر تغییرات انجام شده بر کارایی سیستم، مورد مطالعه گرفت. آزمایشات به صورت ناپیوسته و با تغییر فاکتورهای pH، زمان تماس، غلظت اولیه رنگ و دوز جاذب انجام پذیرفت. همه آزمایشات در ارلن به حجم ۱۰۰ میلی لیتر و با استفاده از شیکر انجام گرفت. در ابتدا محلول مادر رنگزای راکتیو یلو ۳ (۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر) را با حل کردن ۱ گرم رنگ در آب بدون یون تهیه کرده و غلظت های مختلف از محلول استوک را تهیه شد. سپس به منظور تعیین مناسب ترین طول موج جهت اندازه گیری غلظت های رنگ مورد مطالعه از دستگاه

جدول ۱: ویژگی های رنگ راکتیو مورد استفاده

نام شیمیایی	راکتیو (RY3) راکتیو یلو ۳
کلاس	راکتیو
(CI) شاخص رنگ	۱۳۲۵۴
(g/Mol) وزن مولکولی	۵۹۲/۹۹۲
(nm) طول موج ماکزیمم (Max)	۳۹۳

ساختار شیمیایی



جدول ۲: راندمان حذف اکسید منیزیم در pH های مختلف

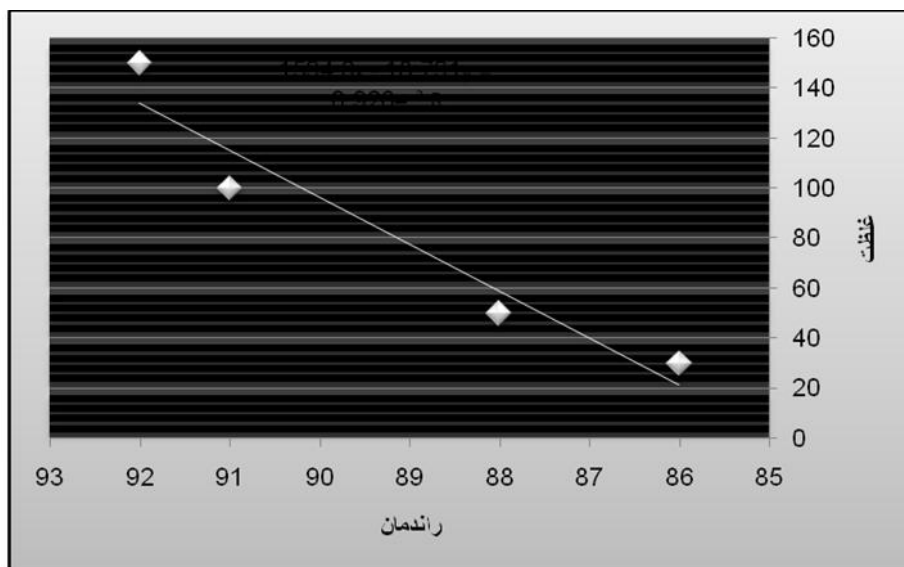
نمونه	جذب	درصد حذف
شاهد	abs=۱/۵۲۲	
pH=۵	abs=۰/۹۰۹	۴۰/۲۷
pH=۷	abs=۰/۶۸۳	۵۵/۱۲
pH=۹	abs=۰/۸۹۷	۴۱/۰۶

جدول ۳: اثر دوز جاذب (بر حسب گرم) بر راندمان حذف رنگ

مقدار جاذب	جذب	درصد حذف
شاهد ۰	۱/۵۱۴	
۰/۱	۰/۹۵۱	۳۷/۵۱
۰/۲	۰/۵۷۲	۶۲/۲۱۹
۰/۳	۰/۰۵۵	۹۶/۳۶

جدول ۴: اثر زمان تماس (بر حسب دقیقه) بر راندمان حذف رنگ

زمان تماس (دقیقه)	جذب	درصد حذف
شاهد ۰	۱/۵۷۵	
۳۰	۱/۴۴۰	۸/۵۷
۶۰	۰/۶۵۳	۵۷/۰۹
۹۰	۰/۵۷۲	۶۲/۲۱۹



نمودار ۱: اثر غلظت رنگ بر راندمن جاذب

بحث

مطالعه رابینسون^۱ و همکاران در حذف رنگ توسط دو نوع از زائادات کشاورزی از فاضلاب سنتتیک هم ذکر شده است [۱۹]. طبق جدول ۴ بطور کلی ظرفیت جذب با افزایش زمان تماس افزایش می یابد ولی به تدریج میزان شتاب افزایشی کم می شود و در یک زمان مشخص حتی می تواند ثابت بماند و از آن زمان به بعد رنگ موجود در محلول حذف نمی شود. در این حالت مقدار رنگ جذب شده با مقدار واجذب شده در حالت تعادل قرار دارد [۲۱،۲۰]. بنابراین یافته های این مطالعه، با مطالعات مشابه انجام شده مطابقت دارد [۲۱،۱۹]. در این مطالعه با توجه به محدودیت هزینه غلظت های محدودی از جاذب مورد مطالعه قرار گرفت که محققان و پژوهشگران عزیز می توانند مطالعه گسترده تری در این زمینه داشته باشند.

نتیجه گیری

در کل نتایج این مطالعه نشان داد که نانو ذره اکسید منیزیم می تواند کارایی مناسبی در حذف رنگ راکتیو یلو ۳ داشته باشد و در صنایع نساجی به عنوان یک جاذب بکار رود.

همانطور که در جدول ۲ نشان داده شد در pH خنثی راندمن جاذب حداکثر بود و با توجه به اینکه pH اکثر فاضلاب شهری و فاضلاب های صنعتی پس از خنثی سازی خنثی می باشد این جاذب می تواند از این نظر مطلوب می باشد [۱۶]. نتایج مطالعه Gök و همکاران بر روی رفتار جذب رنگ راکتیو آبی ۱۹ توسط بنتونیت نشان داد که با افزایش در pH از ۲ تا ۹ میزان حذف نیز افزایش یافته و به حدود ۸۶ درصد می رسد [۱۷] که نتایج آن با مطالعه حاضر متفاوت می باشد. طبق جدول ۳ نتایج آزمایش اثر دوز جاذب بر کارایی فرایند نشان داد که با افزایش در میزان جاذب از ۰/۱ تا ۰/۳ g/l، کارایی فرایند بطور چشمگیری افزایش یافته و بالاترین حد خود (۹۶/۳۶ درصد) در مدت زمان واکنش رسید. این مطلب را می توان اینطور توصیف نمود که با افزایش مقدار جاذب در شرایط برابر، سایتهای فعال و در دسترس برای کنش و واکنش جاذب - جذب شونده (حذف رنگ) از محلول افزایش می یابد و در واقع ظرفیت جذب توسط خاکستر زیره (کربن فعال) کاهش می یابد [۱۸]. این روند در

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل طرح تحقیقاتی مصوب کمیته تحقیقات دانشجویی دانشگاه علوم پزشکی کردستان با شماره ۹۱/۹۷ می باشد. لذا بدینوسیله از مسئولین محترم پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی کردستان و ریاست محترم دانشکده بهداشت که با در اختیار گذاشتن آزمایشگاه امکان به انجام رساندن این پژوهش را برای ما فراهم ساخته تشکر و قدردانی بعمل می آید.

References

1. Alvand D., Alvand ABD, A review of electrochemical coagulation process efficiency for removing red reactive dyes 198 from colored wastewater, *Scientific and Research Publications of Science and Technology of Dye* 2009; 25:105-102.
2. Pandey A, Singh P and Iyengar L, View Bacterial decolorization and degradation of azo dyes, *International Biodeterioration & Biodegradation* 2007; 59: 73–84.
3. Asilian H, Mousavi GH, Mahmoudi M , Removal of azo 198 red reactive color from aquatic solution using adsorption on sludge from coagulation process in water treatment plant, *health and environment magazine, Iranian Jornal of Health and Environment* 2011:93-102[Persian]
4. Mezohegyi G, Bengoa. C, Fabregat A , Innovative reactor design for anaerobic decolorization of azo dyes, In 10th international conference on environmental science and technology 2007; Kos Island, Greece.
5. Grag VK, Kumar R, Gupta R, Removal of malachite green dye from aqueous solution by adsorption using agroindustries waste: A case study of *Phosopsis cineraria*, *Dyes & Pigments* 2004; 62:1-10.
6. Namasivayam C, Radhika R, Suba S, Uptake of dyes by a promising locally available agricultural solid waste: coir pith, *Waste Manage* 2001; 21:381-9.
7. Meric S, Selcuk H, and Belgiorno V, Acute toxicity removal in textile finishing wastewater by Fenton's oxidation, ozone and coagulation–flocculation processes, *Water Research* 2005; 36:1147-1153
8. Kim TH, Park Ch, Shin EB, Kim S, Decolorization of disperse and reactive dyes by continuous electrocoagulation process, *Desalination* 2002; 150:165-175.
9. Tsui LS, William RR, Michaela C, Removal of Dissolved Textile Dyes from Wastewater by a Compost Sorbent, University of Illinois at Urbana-Champaign, Illinois 61801, USA 2002 Contract No.: Document Number.]
10. Matlock MM, Howerton BS, Atwood DA, Chemical Precipitation of Heavy Metals from Acid Mine Drainage, *Water Res* 2002; 36:4757-64.
11. Koene L, Jassen LJJ, Removal of nickel from industrial process liquids, *ElectrochemActa* 2001; 47:695-703.
12. Volesky B, Holan ZR, Biosorption of heavy metals, *Biotechnol Prog* 1995;11:235-50.
13. Kapoor A, Viraraghavan T, Fungal biosorption: an alternative treatment option for heavy metal bearing wastewater, *Bioresource Technol* 1995; 53:195-206.
14. Venkatesha T.G, Viswanatha R, Arthoba Nayaka Y, Chethana B.C, kinetics and thermodynamic of reactive and vat dyes adsorption on MgO nanoparticles , *Chmical Engineering jornal* 2012;1-10:198-199
15. Moussavi G, Mahmoudi M, Removal of azo and anthraquinone reactive dyes from industrial wastewaters using MgO nanoparticles, *Journal of Hazardous Materials* 2009; 168(2009):806-12[Persian]
16. McMullan G , Meehan C , Conneely A ,Kirby N , Robinson T, “et al”, Microbial decolourisation and degradation of textile dyes, *Appl. Microbiol. Biotechnol* 2001; 56, 81–87
17. Gök Ö, Özcan AS, Özcan A, Adsorption behavior of a textile dye of Reactive Blue 19 from aqueous solutions onto modified bentonite, *Applied Surface Science* 2010; 256(17):5439-43.
18. A Demirbas, Agricultural based activated carbons for the removal of dyes from aqueous solutions: A review, *Journal of Hazardous Materials* 2009; 167(1–3): 1-9.
19. T Robinson BC, Nigam P, Removal of dyes from an artificial textile dye effluent by two agricultural waste residues, corncob and barley husk, *Environment International* 2002; 28(1–2): 29-33
20. Fahiminia M, Ardani R, Hashemi S, Alizadeh M, Wastewater Treatment of Stone Cutting Industries by Coagulation Process. *Arch Hyg Sci* 2013; 2(1):16-22[Persian]
21. Ponnusami V, “et al”, Biosorption of reactive dye using acid-treated rice husk: Factorial design analysis, *Journal of Hazardous Materials* 2007; 142(1-2): 397-403.

Evaluate the efficiency and effectiveness of magnesium oxide nanoparticles in removal of reactive yellow 3 dyestuffs from aqueous

Original
Article

Ghahramani E¹, Ghaneian MT², Abouee Mehrizi E³, Ghavami Zh⁴, Ahmadi K⁴, Taghavi M⁵, Sadeghi Sh⁶ *

¹Environmental Health Research Center, Kurdistan University of Medical Sciences, Sanandaj, Iran.

²Associate Professor, Department of Environmental Health Engineering, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran.

³Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Public Health, North Khorasan University of Medical Sciences, Bojnurd, Iran

⁴BSc Student, Department of Environmental Health Engineering, Student Research Committee, Kurdistan University of Medical Sciences, Sanandaj, Iran.

⁵Ph.D Student, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Zabol University of Medical Sciences, Zabol, Iran.

⁶MSc Student, Department of Environmental Health Engineering, Student Research Committee, Kurdistan University of Medical Sciences, Sanandaj, Iran.

*Corresponding Author: Student Research Committee, Kurdistan University of Medical Sciences, Sanandaj, Iran.

Email: Shahram.sna@yahoo.com

Abstract

Background & Objectives: *The widespread use of dyes leads to create problems such as environmental pollution in form of color wastewater discharges to environment and also lead to entering of color effluent into receiving waters. The dye lead to prevent of penetration of sunlight into water and thus photosynthetic processes in surface water were disordered. Therefore the aim of this study is determined the efficiency and effectiveness of magnesium oxide nanoparticles in removal of reactive yellow 3 dyestuff from aqueous.*

Materials and Methods: *This study was experimental that effects of variables affecting on the efficiency of dye removal from synthetic wastewater was studied and survived effect of The parameters: pH(5,7,9), reaction time(30,60,90), adsorbent dose (0.1,0.2,0.3 g) and initial dye concentration(30,50,100,150 mg/l).*

Results: *The results showed that with increasing contact time, adsorbent concentration and color decreasing, removal efficiency increased, as The most efficiency of dye removal was obtained at Ph= 7(55%), adsorbent amount 0.3 g (96.36%), dye concentration 30 mg/l (86%), and contact time of 90 minute (62.2%).*

Conclusion: *The efficiency more than 90% prepared absorbent in the removal of dyes from aqueous was shown that it can be used as adsorbent effective in treatment processes. So use this technique to remove colored contaminants from aqueous solutions have been proposed.*

Keywords: *nanoparticles, magnesium oxide, reactive yellow 3, aqueous*