Archive of SID

پژوهش و فناوری محیط زیست، دوره سوم، شماره چهار، بهار و تابستان 97، صفحه‌ی 9-14

بررسی توانایی تخریب و حذف رنگزاهای مختلف با استفاده از نانوذرات کلوئیدی نقره

محدثه توکلی[*1]
mohadesetavakoli000@gmail.com

فریبا استوار[2]

چکیده

رنگ‌ها، یکی از مهم‌ترین گروه‌های آلاینده آب می‌باشند و تنها یک بار ورود آن‌ها به آب می تواند کیفیت آب را به طور چشمگیری کاهش دهد. ضمن این که به سبب منشاء سنتزی و حضور مولکول‌های پیچیده در ساختار رنگ‌ها، فرآیند تصفیه در بعضی مواقع با مشکلاتی نیز، همراه می‌باشد. نانوذرات کلوئیدی فلزات نقش مهمی در تکنولوژی به خصوص در ساخت شیشه و سرامیک ایفا می‌کنند و به عنوان روش مناسبی جهت تصفیه آلاینده های موجود در آب و فاضلاب استفاده می شوند. در این مطالعه، از روش احیای شیمیایی به منظور سنتز نانوذرات نقره کلوئیدی استفاده گردید. سپس به منظور بررسی کارایی نانوذرات نقره سنتزی، چندین محلول رنگینه و رنگزای گوگردی، آزو، راکتیو، کاتیونی و آنیونی تهیه شد و از ماده سنتزی در جهت تخریب رنگ‌های متفاوتی استفاده گردید. در نهایت، به مقایسه تأثیر این نانوذره کلوئیدی بر هر کدام از آن‌ها پرداخته شد. نتایج نشان داد که نانوذرات کلوئیدی نقره، توانایی تخریب و حذف رنگینه های متیل رد و متیل اورانژ ار نمونه های آبی را دارند و می توان از این نانوذرات جهت تصفیه آب و پساب حاوی این رنگینه ها استفاده نمود.

واژگان کلیدی: آلاینده، رنگینه، نانوذرات نقره، کلوئید، تخریب

The Investigation of Ability to Degradation and Removal of Various Dyes Using Silver Colloidal Nanoparticles

Mohadeseh Tavakoli[*1], Fariba Ostovar[2]

1- Graduate MSC, Department of Chemistry, Faculty of Science, Islamic Azad University, Rasht, Iran
2- PhD Student, Department of Chemistry, Faculty of Science, Urmia University, Western Azerbaijan, Iran

Abstract

Colors are one of the most important pollutants of water, and only one entry into the water can significantly reduce the quality of water. In addition, due to the synthetic origin and the presence of complex molecules in the structure of colors, the purification process is sometimes accompanied by some problems. Colloidal nanoparticles play an important role in technology, especially in the manufacture of glass and ceramics, and are used as a suitable method for cleaning pollutants in water and wastewater. In this study, a chemical regeneration method was used to synthesize colloidal silver nanoparticles. Then, to evaluate the efficiency of synthetic silver nanoparticles, several solutions of dye and pigments such as sulfur, azo, reactive, cationic and anionic dyes were prepared and synthetic material was used for degradation of different colors. Finally, the effect of this colloidal nanoparticle on each of them was studied and compared. The results showed that silver colloidal nanoparticles have the ability to degradation and removal of methyl orange and methyl red dyes from aqueous samples, and these nanoparticles can be used for treatment the water and wastewater containing these dyes.

Keywords: Pollutant, Dye, Ag Nanoparticle, Colloid, Destruction.

1- کارشناسی ارشد، گروه شیمی، دانشکده علوم، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران
2- دانشجوی دکتری، گروه شیمی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه، آذربایجان غربی، ایران

www.SID.ir

Archive of SID

1- مقدمه

رشد چشمگیر جمعیت، مصرف و مدیریت نادرست صنایع مرتبط با منابع آبی، موجب افزایش آلودگی آب گردیده است. بنابرین، بیماری‌هایی که به‌وسیله آب در سراسر جهان[1] گسترش می‌یابند، گزارش می‌شوند. این امر، می‌تواند به علت عدم کارایی مناسب سیستم‌های تصفیه آب در غیرفعال کردن همه عوامل بیماری‌زا به وسیله مواد ضدعفونی کننده مورد استفاده باشد. این مواد ضدعفونی کننده موادی از قبیل کلر، کلرو آمین‌ها، ازن، کلرو دی‌اکسید و گاز کلر می‌باشند. محصولات فرعی تولید شده در هنگام فرآیند ضدعفونی کردن آب قادر هستند، به عنوان ترکیبات سرطان‌زا، جهش‌زا و تراتوژن نقش‌آفرینی کنند. امروزه، حدوداً 600 نوع از این ترکیبات مورد شناسایی قرار گرفته‌اند. این ترکیبات در اثر واکنش بین مواد آلی و گروه‌های اکسیدکننده قوی در مواد ضدعفونی کننده به وجود می‌آیند [1].

مواد ضدعفونی کننده ایده‌آل، باید ویژگی‌هایی را نشان دهند که در زیر به آن‌ها اشاره می‌کنیم:

- توانایی ضدمیکروبی گسترده در دمای محیط و در مدت زمان کوتاه
- عدم تولید محصولات زیان آور فرعی در طول و یا بعد از استفاده از آن‌ها
- عدم تأثیر نامطلوب بر سلامت انسان
- ارزان بودن و قابلیت دسترس آسان
- قابلیت نگهداری آسان، حلالیت بالا در آب و عدم خورندگی تجهیزات و یا سطوح [2].

علم و تکنولوژی، نقش بارزی در ارتباط با گسترش روش‌های نو، ابزارها و تکنیک‌ها برای حل مشکلات کمی و کیفی آب دارند. در گذشته، اهداف تصفیه خانه‌های آب آشامیدنی، کاهش مواد معلق و حذف عوامل زنده بیماری‌زا در آب بوده است که با روش‌های متداول فیلتراسیون و گندزدایی قابل دسترسی بودند. اما، با افزایش ترکیبات ازته، مواد آلی و معدنی و فلزات سنگین به منابع آب، روش‌های رایج، نیازهای تصفیه خانه‌ها را رفع نکرده و ضروری است، روش‌های نوین در تصفیه خانه‌ها به کار برده شود. امروزه، با ورود فناوری‌های نو، مانند زیست فناوری و فناوری نانو، مواد و روش‌های نو در جهت تصفیه آب و فاضلاب مطرح می‌شوند [3]. روش های متفاوتی در جهت کاربرد فناوری نانو به منظور تصفیه آب و گندزدایی بیان شده است که به سه بخش اصلی دسته‌بندی می‌شوند و عبارتند از: تصفیه و شیرین‌سازی آب، تصفیه فاضلاب‌ها و تصفیه پساب‌های صنعتی [4].

گسترش روش‌های گوناگون نانوفیلتراسیون و عملکرد بالای نانوجاذب‌ها در نابودی آلاینده‌های صنعتی از پساب‌ها، امید زیادی را در میان صنعت‌گران و فعالان محیط زیستی به وجود آورده است. از بین روش‌های موجود، نانومواد متخلخل، غشاهای نانوساختار، نانوذرات جاذب و روش‌های مکانیکی مبتنی بر پدیده‌های نانومقیاس به منظور کاهش سختی و بهبود کیفیت آب و در جهت حذف آلاینده‌ها از پساب‌های صنعتی، مورد استفاده قرار می‌گیرند. پساب صنایع رنگ و رزین و پوشش، حاوی مقادیر بالایی از مواد شیمیایی خطرناک می‌باشد و پیشرفت فناوری نانو به بالا رفتن ایمنی این پساب‌ها و کسب استانداردهای بین‌المللی محیط زیست کمک بسیاری کرده است [5].

رنگ‌ها، یکی از مهم‌ترین گروه‌های آلاینده آب می‌باشند و تنها یک بار ورود آن‌ها به آب می‌تواند کیفیت آب را به‌طور چشمگیری کاهش دهد، ضمن این که به سبب منشاء سنتزی و حضور مولکول‌های پیچیده در ساختار رنگ‌ها، فرآیند تصفیه در بعضی مواقع با مشکلاتی نیز، همراه می‌باشد [6].

فلزاتی از قبیل نقره، مس، جیوه، منگنز و آهن پتانسیل بالایی به منظور گندزدایی آب دارند، اما از بین آن‌ها فقط نقره برای گندزدایی آب مورد استفاده انسان قرار می‌گیرد [7]. نقره، از فلزاتی است که به عنوان ماده ضدباکتریایی بی‌خطر و مؤثر مطرح شده است و قادر است بیش از 650 نوع میکروارگانیسم مانند باکتری و ویروس را نابود کند. اما، محلول‌های نقره در مقایسه با محلول‌های کلر بسیار گران بوده است. با توجه به این که، یکی از عوامل مهم محدود کننده در کاربرد نقره در گندزدایی آب، عامل اقتصادی می‌باشد؛ از طریق کاهش مقدار مؤثر، علاوه بر حفظ خاصیت گندزدایی و امتیازات دیگر آن، مشکل اقتصادی رفع گشته و گام مؤثری در رابطه با گندزدایی آب برداشته می‌شود [8]. از جهت دیگر، نانوذرات نقره به طور گسترده‌ای به عنوان ترکیبات حساس به نور، کاتالیست، افزایش دهنده سطح و نیز ضدباکتری مورد استفاده قرارگرفته‌اند. قبل از کشف آنتی بیوتیک، نقره به‌عنوان یک عامل ضدمیکروبی استفاده می‌شد. برخلاف سایر آنتی بیوتیک‌ها، نقره در برابر همه باکتری‌ها، اثرات ضدباکتری از خود بروز می‌دهد. نانوذرات نقره،

[1] WBDOs

www.SID.ir

Archive of SID

دارای سطح مخصوص بالا در مقیاس نانومتری می‌باشند، به همین علت قادر هستند که به عنوان یک جاذب منحصر به فرد، در حذف آلاینده‌ها استفاده شوند [9].

نانوذرات فلزی، به دلیل ویژگی‌های جالب توجه الکتریکی، اپتیکی، شیمیایی و مغناطیسی که از خود بروز داده‌اند، مورد بررسی‌های فراوان قرار گرفته‌اند [10]. همچنین، خواص ضدباکتریایی و ضدمیکروبی نانوذرات نقره، کاربردهای ویژه‌ای را برای آن‌ها به وجود آورده است. ضدعفونی آب آشامیدنی با نقره علاوه بر این که بو، مزه و رنگ ایجاد نمی‌کند، محصولات فرعی ضدعفونی نیز تولید نمی‌کند. نانوذرات نقره، ویژگی‌هایی از قبیل تأثیر زیاد و سریع، غیرسمی بودن، غیرمحرک بودن برای بدن، غیرحساسیت‌زا، آب دوست بودن، قابلیت تحمل شرایط مختلف (پایداری زیاد)، سازگار بودن با محیط زیست، مقاومت در برابر حرارت و عدم ایجاد افزایش مقاومت و سازگاری در میکروارگانیسم‌ها دارند [11].

در سالیان اخیر، روش‌های گوناگونی به‌منظور تولید این نانوذرات مطرح شده است که هر کدام از این روش‌ها مزایا و معایب خاص خود را دارد. برای تولید نانوذرات هرچه واکنش ساده‌تر باشد، روش مورد استفاده مناسب‌تر می‌باشد. زمان انجام واکنش نیز، از فاکتورهای بسیار مهم است [12]. احیای شیمیایی، به دلیل سادگی روش تولید و توانایی کنترل شکل و اندازه نانوذرات، یکی از مرسوم‌ترین روش‌های ساخت این نانوذرات فلزی می‌باشد [13]. از معایب مشخص روش‌های احیاء شیمیایی، استفاده از عوامل احیاء کننده است که از یک طرف می‌توانند در جهت سلامتی انسان و محیط زیست خطرات بسیاری داشته باشند و از طرفی دیگر اغلب پرهزینه می‌باشند [14].

نانوذرات کلوئیدی فلزات نقش مهمی در تکنولوژی به خصوص در ساخت شیشه و سرامیک ایفا می‌کنند [15]. روش‌های تولید نانوذرات کلوئیدی متفاوت‌اند و شامل انواع کاهش شیمیایی، احیاء به کمک امواج اولتراسونیک، احیای فوتو کاتالیتیکی، سنتز به امواج ریز موج، احیای تابشی، احیای الکتروشیمیایی، سنتز فاز بخار نانوذرات و روش‌های سبز می‌باشند [16].

در این مطالعه، از روش احیای شیمیایی به‌منظور سنتز نانوذرات نقره کلوئیدی استفاده گردید و از آن در جهت تخریب رنگ‌های متفاوتی استفاده شد. سپس، به مقایسه تأثیر این نانوذره کلوئیدی بر هر کدام از آن‌ها پرداخته شد.

2- مواد و روش ها

2-1- مواد شیمیایی موردنیاز

مواد شیمیایی موردنیاز در این پژوهش سدیم بوروهیدرید، نیترات نقره، سدیم هیدورکسید و اسید هیدروکلرید بودند که از شرکت مرک خریداری شد. رنگینه‌های گوگردی، آزو، راکتیو، کاتیونی و آنیونی شامل سریلین زرد، سیبا کرون وایلت 2 آر، اریو کروم بلک تی، متیل اورانژ، متیلن بلو و متیل رد با خلوص 95% از شرکت مرک جهت تهیه غلظت‌های مختلف آلاینده آلی خریداری شدند. مواد به همان شکل که دریافت شده‌اند به‌کار رفته‌اند مگر آنکه به‌طور موردی عملیاتی اضافی برای آن‌ها در متن پایان نامه توضیح داده شده باشد. در تمام آزمایش‌ها از آب دوبار تقطیر استفاده گردید.

2-2- روش سنتز نانوذرات کلوئیدی نقره

ابتدا، دو محلول سدیم بورو هیدرید با غلظت های 0/032 مول بر لیتر و 0/06 مول بر لیتر، نیترات نقره با غلظت 0/064 مول بر لیتر آماده شدند. سپس، 10 میلی لیتر از محلول نیترات نقره با 25 میلی لیتر محلول سدیم بورو هیدرید 0/06 مولار با دور ملایم تیتر شد. سپس نمونه روی استیرر قرار داده شد تا فرآیند سنتز نانوذرات، به طور کامل انجام شود. رؤیت رنگ زرد، نشانگر سنتز نقره می‌باشد.

2-3- روش آزمایش و بررسی تخریب‌پذیری رنگینه

پس از آماده کردن نمونه سنتزی، سه لوله آزمایش تمیز برداشته و نمونه‌های رنگینه به شرح زیر در هر کدام از لوله‌ها آماده شدند.

1) 4 میلی لیتر محلول رنگی و 1 میلی‌لیتر آب مقطر در لوله اول آماده شد.

2) 4 میلی لیتر محلول رنگی و 0/5 میلی‌لیتر محلول سدیم بورو هیدرید و 0/5 میلی‌لیتر آب مقطر در لوله دوم آماده شد.

3) 4 میلی‌لیتر محلول رنگی و 0/5 میلی‌لیتر محلول سدیم بورو هیدرید و 0/5 میلی‌لیتر محلول نانوذره نقره کلوئیدی در لوله سوم آماده شد.

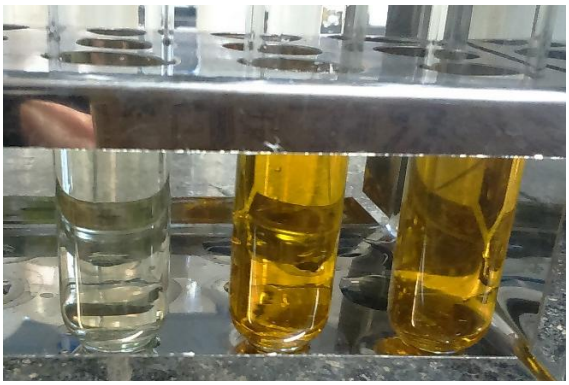
3- یافته ها و بحث

پس از آماده‌سازی نمونه سنتزی نانوذرات نقره کلوئیدی، رنگینه‌های مختلفی از گروه‌های گوگردی، آزو، راکتیو، کاتیونی و آنیونی مورد بررسی قرار گرفتند. ابتدا محلول‌های استوک از

www.SID.ir

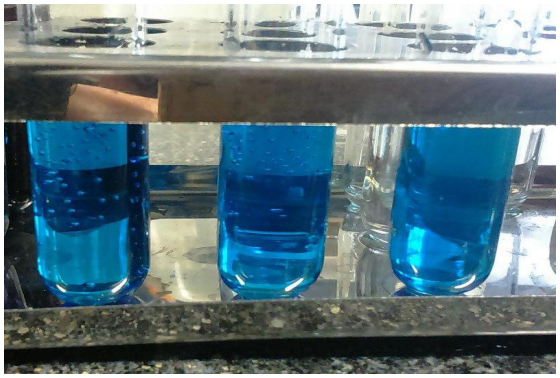
Archive of SID

رنگینه‌های مختلف تهیه شد و سپس هرکدام از رنگینه‌های مورد بررسی در غلظت های مختلف تهیه و رقیق‌سازی شدند. پس از افزودن نانوذرات کلوئیدی نقره به حجم 0/5 میلی‌لیتر به هرکدام از لوله‌های آزمایش، توانایی حذف رنگینه با گذشت زمان بررسی شد. زمان‌های مورد بررسی از افزودن نانوذرات به محلول رنگی شروع و تا 40 دقیقه مرود بررسی قرار گرفت و تغییرات حذف رنگزاها در زمان‌های مختلف ثبت شد. نتایج حاصل از این بررسی‌ها، در شکل‌های 1 تا 6 نشان داده شده است.

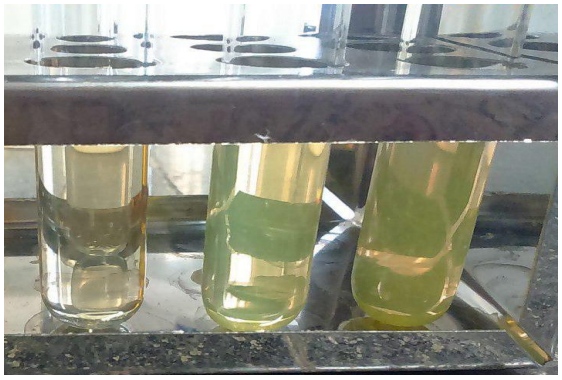


شکل 1: بررسی تخریب و حذف رنگینه متیل اورانژ با استفاده از نانوذرات کلوئیدی نقره

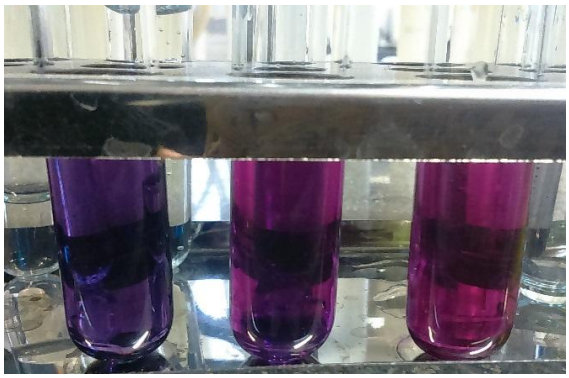
شکل 2: بررسی تخریب و حذف رنگینه متیل رد با استفاده از نانوذرات کلوئیدی نقره



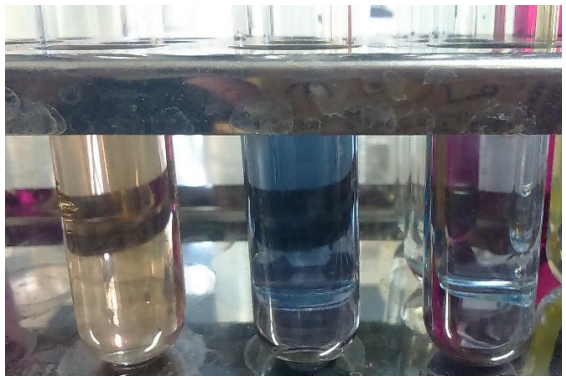
شکل 3: بررسی تخریب و حذف رنگینه متیل بلو با استفاده از نانوذرات کلوئیدی نقره



شکل 4: بررسی تخریب و حذف رنگینه سریلین زرد با استفاده از نانوذرات کلوئیدی نقره



شکل 5: بررسی تخریب و حذف رنگینه سیبا کرون وایلت 2 آر با استفاده از نانوذرات کلوئیدی نقره



شکل 6: بررسی تخریب و حذف رنگینه اریو کروم بلک تی با استفاده از نانوذرات کلوئیدی نقره

با توجه به شکل‌های 1 تا 6 و بررسی و مقایسه راندمان حذف و تخریب رنگزاهای مورد بررسی، نتایج نشان داد که در لوله حاوی رنگ متیل اورانژ (شکل 1)، پس از 20 دقیقه حذف رنگ آغاز شده و در مدت زمان 40 دقیقه، نمونه موجود در لوله دوم کمی تغییر رنگ داده و رنگ نمونه لوله سوم نیز به طور کامل حذف شد. در شکل 2، پس از گذشت مدت زمان 5 دقیقه، در لوله حاوی رنگ متیل رد، حذف این رنگ آغاز شده و در مدت زمان 15 دقیقه، نمونه موجود در لوله دوم کمی تغییر رنگ داده و رنگ نمونه لوله سوم کاملاً حذف شد. اما با توجه به شکل 3،

www.SID.ir

Archive of SID

در لوله حاوی رنگ متیلن بلو، هیچ تغییر رنگی مشاهده نگردید. نتایج شکل 4 نشان داد که بعد از گذشت مدت زمان 2 ساعت، در لوله حاوی رنگ سریلین زرد، نمونه لوله آزمایش دوم هیچگونه تغییر رنگی نداد، ولی رنگ نمونه لوله آزمایش سوم تغییر رنگ بسیاری داد و رنگ زرد به مقدار کمی در نمونه لوله سوم باقی ماند. شکل 5 نشان‌دهنده تغییرات حذف رنگینه سیبا کرون با استفاده از نانوذرات کلوئیدی نقره است که بعد از گذشت زمان 2 ساعت، در لوله حاوی رنگ سیبا کرون وایلت 2 آر، رنگ نمونه لوله دوم هیچ تغییری نکرده، اما رنگ نمونه لوله آزمایش سوم از بنفش به رنگ صورتی تغییر کرد. همچنین با توجه به شکل 6، در لوله حاوی رنگ اریو کروم بلک تی، پس از گذشت مدت زمان 2 ساعت، رنگ نمونه لوله آزمایش دوم کمی تغییر داده شد، ولی رنگ نمونه لوله آزمایش سوم به طور کامل حذف شد.

با مقایسه نتایج بدست آمده و بررسی توانایی تخریب رنگزاهای مورد بررسی با استفاده از نانوذرات کلوئیدی نقره، نتایج نشان داد که این نانوذرات جهت حذف و تخریب رنگینه های متیل اورانژ و متیل رد کاملا مناسب بوده و می توان از این نانوذرات جهت تصفیه آب و فاضلاب حاوی این رنگینه‌ها استفاده نمود. البته توانایی حذف رنگینه های اریوکروم بلک تی و سریلین زرد نیز با استفاده از این نانوذرات تا حدودی وجود دارد و ممکن است با تغییرات pH اولیه محلول رنگی یا افزایش غلظت نانوذره کلوئیدی، بتوان راندمان حذف را افزایش داد.

4- نتیجه‌گیری

با توجه به افزایش روزافزون مصرف رنگزاها در صنایعی مانند نساجی و ورود رنگینه ها به نمونه‌های آبی و آلودگی محیط زیست، استفاده از روش های تصفیه و تخریب این مواد از محیط زیست، بسیار مهم و ضروری می‌باشد. نانوذرات کلوئیدی فلزی دارای توانایی بالای تخریب و حذف رنگینه‌ها و آلاینده ها از نمونه‌های آبی هستند و نانوذرات نقره کلوئیدی، نمونه‌ای از این مواد می باشند که علاوه بر توانایی تخریب و حذف رنگزاها از نمونه‌های آبی، به‌علت دارا بودن خاصیت میکروب‌کشی، از لحاظ اقتصادی به صرفه‌تر هستند. در این پژوهش، نانوذرات نقره کلوئیدی به روش احیاء شیمیایی با استفاده از احیا کننده سدیم بوروهیدرید سنتز شدند و سپس حذف و تخریب رنگزاهای مختلف مورد استفاده قرار گرفتند. در این بررسی از رنگزاهای مختلف و گروه‌های آزو، راکتیو، گوگردی، کاتیونی و آنیونی مانند سریلین زرد، سیبا کرون وایلت 2 آر، اریو کروم بلک تی، متیل اورانژ، متیلن بلو و متیل رد استفاده شد و توانایی حذف و تخریب این رنگینه ها با استفاده از نانوذرات نقره کلوئیدی در زمان های مختلف مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این بررسی‌ها نشان داد که نانوذرات نقره کلوئیدی توانایی بالایی در تخریب رنگینه های متیل اورانژ و متیل رد از نمونه های آبی دارند و می‌توان از آن جهت حذف و تصفیه این رنگینه‌ها از نمونه های آب و فاضلاب استفاده نمود. همچنین حذف کمی در رنگینه آزو اریو کروم بلک تی و رنگینه گوگردی سیریلین زرد مشاهده شد که این نتایج نشان‌دهنده امکان حذف کامل این رنگینه ها با تغییرات pH و غلظت نانوذره افزوده شده، می باشد.

5- منابع

1. F., Hossain, o. J., Perales- Perez, S., Hwang, F., Román., 2014. Antimicrobial nanomaterials as water disinfectant: Applications, limitations and future perspectives. Science of the Total Environment, PP. 1047- 1059.
2. تکتاز، فرناز، «کاربرد نانومواد آنتی باکتریال به عنوان ضدعفونی کننده آب»، ماهنامه فناوری نانو، فروردین 1393، سال سیزدهم، شماره 1.
3. جهانگیری، منصور، گرشاسبی، وحید، «تصفیه آب و فاضلاب با رویکردی بر نانوفناوری»، اولین کنفرانس ملی نانوفناوری و کاربرد آن در کشاورزی و منابع طبیعی، سال 1391.
4. A., Smith., 2009. Nanotechnology: An Answer to the World's Water Crisis. Chemistry International, Vol. 31 ,No.4 July- August.
5. توسعه فناوری مهرویژن، «محصولات فناوری نانو در حوزه رنگ»، رزین، کامپوزیت و پلیمر، پاییز 1394، ویرایش اول.
6. سلمانی، محمد حسن، رحمانیان، رضا، دانایی، سروش، سلطانیان زاده، مریم، «ارزیابی فرآیند جذب در حذف رنگ از پساب‌های صنعتی»، دو ماهنامه علمی پژوهشی دانشکده بهداشت یزد، مرداد و شهریور 1394، سال چهاردهم، شماره سوم.
7. M. B., Miranzadeh, D., Rabbani, S., Naseri, R., Nabizadeh, S. G. A., Mousavi, F., Ghadami., 2012. Coliform bacteria removal from contaminated water using nanosilver. KAUMS Journal (FEYZ), Vol. 16 (1), PP. 31- 5.
8. M., Mosaferi, M., Shakerkhatibi, A., MehriBadloo., 2011. Heterotrophic bacteria in

www.SID.ir

Archive of SID

drinking water in Tabriz, Iran. J Sch Public Health Inst Public Health Res, Vol. 8(4), PP. 83- 92.

9. جعفر قلی‌نژاد، علی‌رضا، ترکیان، لیلا، دقیقی اصلی، مریم، «بررسی جذب سطحی رنگ متیل اورانژ G به‌وسیله نانوکامپوزیت Ag/ CMK-3»، نشریه پژوهش‌های کاربردی در شیمی، تابستان 1394، سال نهم، شماره 2.

10. فربد، منصور، بتوندی، محمد رضا، «ساخت نانوذرات نقره و کنترل آن‌ها»، مجله پژوهش فیزیک ایران، بهار 1391، جلد دوازدهم، شماره 1.

11. نوشادی، مسعود، قنبری‌زاده، پریسا، «بررسی کارایی اثر نانوذرات نقره در گندزدایی آب آشامیدنی»، نشریه مهندسی عمران و محیط زیست، بهار 1394، جلد 46، شماره 1.

12. تجردی، آزاده، کیازاده، عسل، «مقایسه روش‌های تولید نانوذرات نقره»، ماهنامه فناوری نانو، تیر 1386، سال ششم، شماره 117.

13. A., Roucoux, J., Schulz, H., Patin, 2002. Chem Rev. Vol. 102, 3757.

14. محتشمی، مهناز، سپهری سرشت، سعید، اصلی، اسماعیل، برومند، محمد علی، «سنتز نانوذرات نقره با روش احیاء شیمیایی و روش بیوسنتز و بررسی اثرات ضد باکتری آن‌ها»، مجله علوم پزشکی رازی، دی 1391، دوره نوزدهم، شماره 103.

15. L., Baia, M., Baia, W., Kiefer, J., Popp, and S., Simon, 2006. Chem. Phys. 327, 63.

16. آقاجانی معمار، فریدالدین، یزدانشناس، محمد اسماعیل، خواجوی، رامین، «بررسی روش‌های تولید نانوذرات کلوئیدی نقره ویک روش آسان و مؤثر جهت ضد میکروبی کردن پارچه پنبه‌ای توسط نانوذرات کلوئیدی نقره»، سومین کنفرانس ملی مهندسی نساجی و پوشاک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد، اردیبهشت 1390.

www.SID.ir