مقایسه کارایی حذف رنگ دیسپرس آبی ۵۶ از فاضلاب سنتتیک با استفاده از آلوم و کلروفریک

رضا شکوهی [۱]، فاطمه سمیعی [۲]، * صلاح عزیزی [۲]

[۱] گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی همدان
[۲] کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی همدان

* نویسنده مسئول: همدان، رو به روی پارک مردم، دانشگاه علوم پزشکی همدان، دانشکده بهداشت، کمیته تحقیقات دانشجویی
ایمیل: salah.azizi9@yahoo.com

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه و هدف: فاضلاب صنایع نساجی از جمله صنایعی هستند که آلودگی زیادی ایجاد کرده و برای رنگ زدایی صنایع نساجی روش های متفاوتی وجود دارد که می توان به روش های انعقاد و لخته سازی، اکسیداسیون شیمیایی، تصفیه بیولوژیکی، تکنیک الکتروشیمیایی، تعویض یونی و دیگر فرایندها اشاره کرد. هدف از انجام این پژوهش بررسی مقایسه کارایی آلوم و کلرورفریک جهت حذف رنگ دیسپرس آبی ۵۶ می باشد.

مواد و روش ها: این تحقیق یک مطالعه تجربی- مداخله ای می باشد که در مقیاس آزمایشگاهی و بر اساس روش جار تست انجام شد. پس از تنظیم pH نمونه ها با استفاده از سود و اسید سولفوریک، مواد منعقد کننده با غلظت های مختلف به هر یک از نمونه ها اضافه شد. در این مطالعه pH های مورد آزمایش برای انتخاب pH بهینه ، برای کلروفریک ۴ ، ۵ ، ۶ ، ۷ ، ۸ و ۹ بود و همچنین برای آلوم شامل pH های ۵/۵، ۶، ۶/۵، ۷، ۷/۵ و ۸ بود.

یافته ها: انعقاد توسط آلوم برای حذف رنگ دیسپرس آبی دارای pH بهینه ۶ و دوز بهینه ۱۳۰ mg/l بوده که در این pH و دوز بهینه دارای راندمان حذف ۹۳ درصد می باشد، در حالی که برای کلروفریک در pH بهینه ۹ و دوز بهینه ۱۲۰ mg/l دارای راندمان حذف بیش از ۹۸ درصد است.

بحث و نتیجه گیری: نتایج این تحقیق نشان داد که با استفاده از فرایند انعقاد میتوان به میزان زیادی رنگ دیسپرس آبی موجود در فاضلاب صنایع نساجی را از فاضلاب حذف کرد و همچنین نتایج نشان داد که منعقد کننده کلروفریک دارای راندمان حذف بهتری نسبت به آلوم می باشد (P-value < ۰/۰۵).

واژه های کلیدی: آلوم، کلروفریک، دیسپرس آبی ۵۶، فاضلاب صنایع نساجی

[Downloaded from psj.umsha.ac.ir on 2026-11-23]

مقدمه

فاضلابهای صنعتی یکی از عوامل آلودگی ناشی از فعالیت این صنایع می باشند که بایستی از تخلیه این فاضلاب های آلوده به محیط جلوگیری شود و به صورت اصولی کنترل گردند(۱, ۲). از جمله این فاضلابها ، فاضلاب صنایع نساجی می باشد که آلودگی های زیادی ایجاد کرده و حاوی مقادیر زیادی رنگ بوده که نقش زیادی در کاهش کیفیت آبهای پذیرنده ایفا می کند که نقش بزرگی در آلودگی آبهای پذیرنده دارند که می تواند برای بهداشت و سلامتی انسان و محیط زیست مخاطره آمیز باشد و کنترل و تصفیه آن جهت ارتقاء سطح سلامت جامعه بسیار ضروری می باشد(۳, ۴). حضور آنها در آب باعث جلوگیری از نفوذ نور خورشید به عمق آب رودخانه ها شده و در نتیجه سبب اختلال در عمل فتوسنتز می گردد و از طرفی سبب رشد سریع بعضی از انواع جلبگ ها شده که در نتیجه اکسیژن محلول در آب کاهش می یابد و حیات بعضی از آبزیان مانند ماهیان به خطر می افتد(۵).

مواد رنگزای مصرفی در صنایع نساجی به دو گروه اصلی و هر کدام به چند شاخه فرعی تقسیم شده است. مواد رنگزای گروه اول که شامل مواد رنگزای اسیدی، مستقیم ، بازی و دیسپرس می باشد که تمام مواد رنگزای در این گروه محلول می باشند به جز مواد رنگزای دیسپرس که کم محلول می باشند. مواد رنگزای گروه دوم که تمام مواد رنگرزی در این گروه درآب نامحلول هستند به سه گروه مواد رنگزای گوگردی ، خمی و آزوئیک ، مواد رنگرزای راکتیو و مواد رنگرزای کرومی و متاکروم تقسیم می شوند.

حدود ۵۰ درصد رنگ های تولیدی شامل رنگ های آزو می باشند و دلیل انتخاب رنگ دیسپرس برای این تحقیق هم این بود که رنگ های دیسپرس جزو رنگ های آزو می باشند که مصرف زیاد دارند و همچنین جزء رنگ های مصرفی درصنایع نساجی ایران می باشد(۶). مواد رنگزای دیسپرس از نوع شیمیایی آزو، آنتراکینونی و نیترو می باشند . اغلب دارای گروهای آمینو یا آمینوی استخلاف شده هستند . ولی گروه های قابل حل نظیر اسید سولفوریک ندارند و در محیط های آبکی همراه با مواد دیسپرس کننده به کار می روند .موارد استعمال این رنگها دررنگرزی استات سلولز ، نایلئن، پلی استر، الیاف آکریلیک ،پشم و الیاف پلی آمیدی است(۷).

حذف رنگ در پساب صنایع نساجی امری مشکل است و حتی در بعضی از موارد روش ها و فن آوریهای پیشرفته قادر به حذف کامل رنگهای باقی مانده در پساب قبل از تخلیه به محیط زیست نیستند(۸). برای رنگ زدایی صنایع نساجی روش های متفاوتی وجود دارد که می توان به روش های انعقاد و لخته سازی ، اکسیداسیون شیمیایی ،تصفیه بیو لوژیکی ، تکنیک الکترو شیمیایی ، تعویض یونی، فرایندهای جذب سطحی و همچنین فرایند های ترکیبی شامل ازن زنی و کواگولاسیون ، یا کواگولاسیون وتعویض یونی ، نانو فیلتراسیون اشاره کرد(۹-۱۱). انعقاد و لخته سازی فرایندهایی هستند که در آن ذرات بسیار ریز رنگ و کدورت به صورت توده هایی به اندازه کافی در می آیند که در نهایت حذف آنها به روش های مختلف فیزیکی مثل ته نشینی ، فیلتراسیون و یا شناوری با سرعت معقولی انجام پذیر می شود که در این تحقیق روش تهنشینی انتخاب شده است(۱۲-۱۶).

آلوم در حال حاضر به خاطر هزینه پایین وکاربری بالا به طور وسیعی در تصفیه خانه های آب و فاضلاب مورد استفاده قرار می گیرد .کلروفریک (کلراید آهن III) نیز یکی از مواد منعقد کننده مهم در رقابت با آلوم است(۱۲). باتوجه به خطر بیماریزایی آلوم باقیمانده در آب ، در سطح جهانی تمایل بیشتری برای استفاده از کلرو فریک به جای آلوم در تصفیه خانه های آب آشامیدنی به وجود آمده است. عدم علاقه به استفاده از کلراید آهن III در تصفیه خانه ها ناشی از مشکل خورندگی زیاد آن می باشد(۱۷). با توجه به سمیت بعضی از رنگ های صنایع نساجی برای موجودات زنده و همچنین مشکلاتی که در اثر حضور رنگ در فاضلاب و پساب ناشی از صنایع مانند کاهش فتوسنتز و افزایش اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD) ایجاد می شود تصفیه فاضلاب این صنایع ضروری می باشد (۱۱). هدف از این تحقیق بررسی امکان استفاده از فرایند انعقاد و لخته سازی برای حذف رنگ مورد نظر و مقایسه کارایی بین دو ماده منعقد کننده آلوم و کلرورفریک و انتخاب ماده منعقد کننده بهتر می باشد.

مواد و روش ها

این تحقیق یک مطالعه تجربی- مداخله ای می باشد که در مقیاس آزمایشگاهی انجام شد. در این تحقیق از یک دستگاه جار تست شش خانه (مدل JLT۶ ساخت شرکت ولپ ایتالیا) استفاده شد. ابتدا محلول مادر ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر رنگ دیسپرس تهیه گردید . از این محلول محلول های استاندارد با غلظت های ۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰، ۷۵، ۹۰، ۱۰۵، ۱۲۰، ۱۳۵ و ۱۵۰ میلی گرم در لیتر ساخته و به وسیله اسپکترفتومتر (Pharmaspec UV۱۷۰۰ Shimadzo)، منحنی کالیبراسیون در طول موج ۵۵۰ نانومتر تهیه گردید(۱۸, ۱۹) .

در دستگاه جارتست در هر یک از بشرهای جار ۱۵۰ میلی لیتر رنگ دیسپرس آبی ریخته و پس از به حجم رساندن یک لیتر(با آب مقطر) ، pH آنها به ترتیب با استفاده از اسید سولفوریک و سود یک نرمال و یک دهم نرمال برای منعقد کننده آلوم در محدوده ۵/۵، ۶، ۶/۵، ۷، ۷/۵ و۸ تنظیم شد و بعد از اضافه کردن ماده منعقد کننده به مدت یک دقیقه با دور سریع (۲۰۰ rpm) و بعد با دور کند به مدت ۱۵ دقیقه مخلوط و بعد دستگاه خاموش و به مدت زمان نیم ساعت فلوک ها تهنشین شدند و بعد از ۴ سانتی متری روئی مایع با پیپت نمونه برداشته و درصد جذب رنگ توسط اسپکترفتومتر اندازه گیری شد(۲۰). در پایان درصد حذف رنگ از تفاضل مقدار جذب شده از مقدار اولیه بدست آمد . آزمایش فوق توسط ماده منعقد کننده کلروفریک هم انجام شد در ضمن pH مورد آزمایش برای کلروفریک در۴ ، ۵ ، ۶ ، ۷ ، ۸ و ۹ تنظیم گردید و توسط نمودار و جدول نتایج بدست آمده توسط دو منعقد کننده کلروفریک و آلوم با هم مقایسه شدند . مواد مورد استفاده در این آزمایش همگی دارای درجه خلوص آزمایشگاهی بودند که شامل آلوم ، کلروریک ، سود و اسید سولفوریک و مواد دیگر بودند. کلیه آزمایشات مربوط به تهیه محلول های شیمیایی بر اساس روش کتاب استاندارد متد انجام گرفت (۲۱). برای رسم نمودار

[Downloaded from psj.umsha.ac.ir on 2026-11-23]

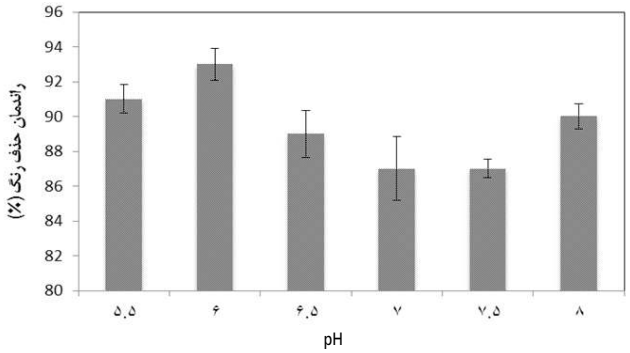
از نرم افزار Excel و برای آنالیز داده ها از SPSS۱۶ استفاده گردید.

نام	فرمول	غلظت تجاری	چگالی
سولفات آلومنیوم (آلوم تجاری)	$Al_2(so4)3.14H2O$	جامد ٪17 $(Al2O3)$	1.33
کلراید آهن III (کلروفریک)	$FeCl3.6H2O$	جامد٪60 $(FeCl3)$	٪40 1.44

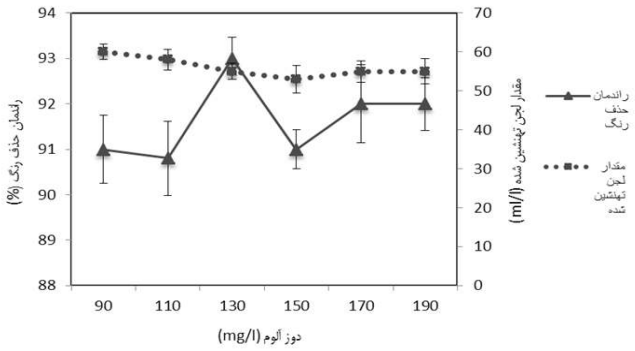
جدول (۱): خصوصیات هریک از مواد منعقد کننده

یافته ها

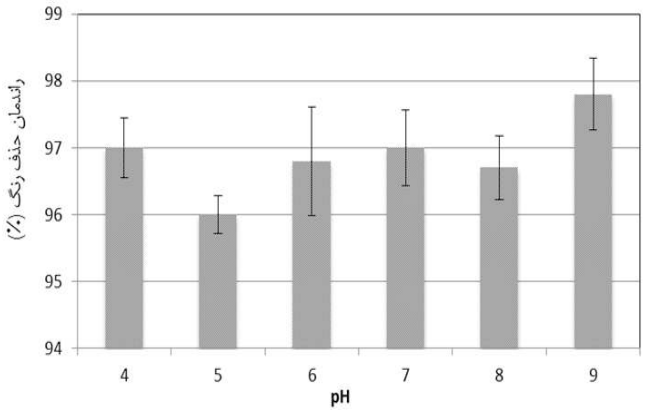
در شکل شماره ۱و ۲ نتایج بدست آمده با منعقد کننده آلوم نشان داده شده است بر اساس یافته ها pH بهینه برای حذف رنگ دیسپرس از فاضلاب صنایع نساجی (در محیط سنتتیک) بوسیله منعقد کننده آلوم ۶ می باشد که توانایی حذف رنگ در این pH معادل ۹۳ درصد می باشد. با توجه به نتایج نشان داده شده در شکل ۲ می توان دید که بیشترین راندمان حذف رنگ در دوز های مختلف آلوم با استفاده از ۱۳۰ mg/l ماده منعقد کننده آلوم و در pH برابر ۶ حاصل آمد. نتایج آنالیز آماری آنالیز واریانس یکطرفه نشان داد که تاثیر pH بر روی فرایند حذف رنگ توسط دو منعقد کننده معنی دار می باشد (P-value < ۰/۰۵).



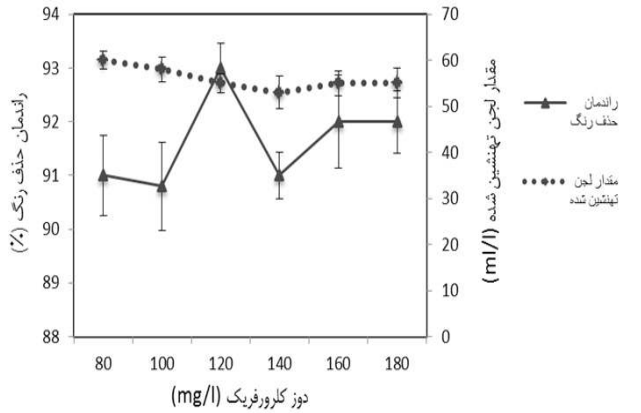
شکل ۱. راندمان حذف رنگ دیسپرس آبی توسط فرایند انعقاد با آلوم در pH متفاوت



شکل ۲. راندمان حذف و مقدار لجن ته نشین شده رنگ دیسپرس آبی توسط فرایند انعقاد در دوز متفاوت آلوم



شکل ۳. راندمان حذف رنگ دیسپرس آبی توسط فرایند انعقاد با کلرورفریک در pH متفاوت



شکل ۴. راندمان حذف و مقدار لجن ته نشین شده رنگ دیسپرس آبی توسط فرایند انعقاد در دوز متفاوت آلوم

شکل شماره ۳ و ۴ نتایج بدست آمده با استفاده از منعقد کننده کلروفریک را نشان می دهد که pH بهینه برای منعقد کننده کلروفریک برای حذف رنگ از فاضلاب صنایع نساجی ۹ می باشد و راندمان حذف رنگ در pH بهینه و دوز بهینه برای منعقد کننده کلروفریک بیش از ۹۸ درصد می باشد. همچنان که در شکل ۴ مشاهده می شود مناسب ترین میزان استفاده از ماده منعقد کننده کلروفریک معادل ۱۲۰mg/l می باشد. نتایج نشان داد که منعقد کننده کلرور فریک نسبت به آلوم راندمان حذف بهتری دارد (P-value <۰/۰۵).

بحث و نتیجه گیری

از مقایسه نتایج داده ها در نمودارها پیداست که میزان حذف رنگ دیسپرس آبی توسط کلروفریک بهتراز آلوم می باشد . نتایج نشان داد که pH بهینه برای کلروفریک ۹ و برای آلوم برابر ۶ می باشد. مطالعه انجام شده توسط آقای کاشفی الاصل و همکاران نشان داد که pH بهینه برای حذف رنگ از فاضلاب صنایع نساجی برای آلوم ۷ و برای کلروفریک ۹ بود و همچنین مطالعات آنها نشان داد که برای حذف رنگ دیسپرس بهترین راندمان مربوط به کلروفریک بود , که نتایج مطالعه آنها با نتایج یافته ها در این پژوهش همخوانی دارد (۲۲).

[Downloaded from psj.umsha.ac.ir on 2026-11-23]

دلایل حذف بهتر رنگ دیسپرس توسط کلروفریک میتوان به تشکیل لخته های سنگین تر توسط این ماده منعقد کننده نسبت به آلوم اشاره کرد(۱۲).
با اضافه کردن آلوم به آب واکنش زیر انجام می شود.

$$Al_2(SO_4)_3 + 6H_2O \longleftrightarrow 2Al(OH)_3 + 3H_2SO_4$$

که علاوه برتولید هیدرواکسید آلومنیوم چسپناک ، که در هنگام ته نشینی تعدادی از ذرات معلق محیط را حذف می کند در صورتی که آب قلیائیت داشته باشد اسید تولید شده با قلیائیت آب ترکیب می شود (طبق فرمول زیر)

$$Ca(HCO_3)_2 + H_2SO_4 \longleftrightarrow CaSO_4 + 2CO_2 + 2H_2O$$

دی کسید کربن (CO_2) تولیدی میتواند مزاحم فرایند انعقاد سازی شود زیرا به جای ته نشینی باعث شناور سازی آنها میشود از این رو کنترل pH در انعقاد سازی بسیار مهم است(۵, ۱۲). واکنش کلروفریک با آب نیزبه صورت زیر می باشد .

$$FeCl_3 + 3H_2O \longleftrightarrow Fe(OH)_3 + 3HCl$$

اگر قلیائیت آب به اندازه کافی برای ترکیب با اسید تولیدی نباشد درآن صورت به آب باید مواد قلیائی چون آهک ، سود و سودا اضافه کرد. اگر pHآب در محدوده مناسب نباشد (که برای ماده منعقد کننده ای pH مناسب تفاوت می کند) درآن صورت لخته های ایجاد شده ریز، سبک و شکننده خواهند بود و علاوه برآن مقدار زیادی آهن یا آلومنیوم محلول در آب خواهیم داشت که می تواند در مراحل بعدی اشکال ایجاد کنند(۵, ۲۳).
یک مقایسه از حذف رنگ دیسپرس و راکتیو به وسیله انعقاد شیمیایی و اکسیداسیون فنتون توسط آقای کیم (kim)و پارک (park) انجام گرفت ، نتیجه کار آنها نشان داد که مواد رنگرزای دیسپرس به خاطر حلالیت کمترشان و نسبت کمتر اکسیژن مورد نیاز شیمیایی حل شده (SCOD) به کل اکسیژن مورد نیاز (TCOD) در مقایسه به مواد رنگزای راکتیو به آسانی توسط کواگولاسیون شیمیایی رنگزدایی می شوند(۲۴). از مقایسه نتایج بدست آمده توسط آقای کیم و پارک و نتایجی که در این تحقیق حاصل شد میتوان گفت که فرایند انعقاد و لخته سازی یکی از موثرترین فرایندهای تصفیه برای حذف رنگ دیسپرس می باشد . مقایسه نتایج بدست آمده توسط آقای کاشفی الااصل و همکارانش با نتایج حاصله در این تحقیق دقت آزمایشات انجام شده را می رساند و نشان میدهد که منعقد کننده کلروفریک دارای کارائی بسیار خوبی برای حذف رنگ مورد آزمایش در مقایسه با مواد منعقد کننده دیگر می باشد.
نتایج بدست آمده در این تحقیق نشان داد که انعقاد به وسیله آلوم برای حذف رنگ دیسپرس دارای pH بهینه ۶ و دوز بهینه ۱۳۰ میلی گرم در لیتر می باشد که در این شرایط دارای راندمان حذف ۹۳ درصد می باشد. همچنین انعقاد به وسیله کلروفریک برای حذف رنگ دیسپرس دارای pH بهینه ۹ و دوز بهینه ۱۲۰ میلی گرم در لیتر می باشد که دارای راندمان حذف بیش از ۹۸ درصد می باشد. آزمایش ها نشان داد که کلروفریک لخته هایی با دانسیته بیشتری نسبت به آلوم تولید می کند که در نتیجه سریعتر ته نشین می شوند. با وجود مشکل خورندگی که کلروفریک برای تصفیه خانه ها ایجاد می کند مزیتهای آن نسبت به آلوم و درصد حذف بیشتر رنگ مورد نظر توسط کلرفریک و همچنین خطر بیماریزایی (بیماری آلزایمر) ترکیبات آلومنیوم باقیمانده در صورت استفاده از آلوم برتری کلروفریک را برای حذف رنگ در این تحقیق نشان می دهد. با توجه به سادگی روش انعقاد و نیز اقتصادی تر بودن آن نسبت به برخی روش های حذف رنگ از فاضلاب صنایع نساجی روش انعقاد و لخته سازی روش مناسب و کارایی برای حذف رنگ این صنایع می باشد.

[Downloaded from psj.umsha.ac.ir on 2026-11-23]

Comparison of Performance Evaluation of Aluminium Sulfate and Ferric Chloride for Removal of Disperse Blue 56 from Synthetic wastewater

Reza Shokoohi [1], *Fateme Samiee* [2], *Salah Azizi* [2]

[1] Department of Environmental Health, Faculty of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

[2] Student Research Committee, Faculty of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

Research article

Abstract

Introduction: Industries are textile wastewater contains large amounts of color can create a lot of pollution. There are different methods for decolorization of textile industries, for example the methods of coagulation, flocculation, chemical oxidation, biological treatment, electrochemical techniques, including ion exchange and other processes. The purpose of this study was to compare the efficacy of alum and ferric chloride is used to remove dye Disperse Blue 56.

Material & Methods: The research was according to the method Jar test. The sample pH was adjusted using NaOH and sulfuric acid 0.1 normal. Coagulants with different concentrations were added to each sample. A minute of high speed and slow speed were mixed for 15 minutes and after deposition, sample pH and absorbance values were measured. The dye concentration in the samples was measured by spectrometry method using a UV1700- Pharmaspec Shimadzo spectrophotometer at 550 nm wavelengh.

Results: Coagulation by alum to remove dye Disperse Blue has a pH optimum of 6 and optimal dose of 130 milligrams per liter, which is the pH and the optimal dose has a removal efficiency of 93 percent, while for Chloroferric the pH optimum of 9 and optimal dose of 120 milligrams per liter with removal efficiency over 98 percent. Discussion: The results showed that the coagulation process using a lot of blue disperses dyes in textile wastewater removed from the wastewater. The results showed that the coagulant is alum Chloroferric has better removal efficiency.

Key Words: Aluminium Sulfate, Ferric Chloride, Disperse Blue 56, Synthetic wastewater

[Downloaded from psj.umsha.ac.ir on 2026-11-23]

منابع

1. Tan BH, Teng TT, Omar A. Removal of dyes and industrial dye wastes by magnesium chloride. Water Research. 601-597:(2)34;2000.
2. Singh K, Arora S. Removal of synthetic textile dyes from wastewaters: a critical review on present treatment technologies. Critical Reviews in Environmental Science and Technology. -807:(9)41;2011 78.
3. Papic S, Koprivanac N, Metes A. Optimizing polymer-induced flocculation process to remove reactive dyes from wastewater. Environmental technology. 105-97:(1)21;2000.
4. Akbari A, Remigy J, Aptel P. Treatment of textile dye effluent using a polyamide-based nanofiltration membrane. Chemical Engineering and Processing: Process Intensification. 9-601:(7)41;2002.
5. Harrelkas F, Azizi A, Yaacoubi A, Benhammou A, Pons MN. Treatment of textile dye effluents using coagulation–flocculation coupled with membrane processes or adsorption on powdered activated carbon. Desalination. 9-330:(1)235;2009.
6. Cattoor T. European legislation relating to textile dyeing. Environmental aspects of textile dyeing", edited by RM Christie. 51-242:(2)310;2007.
7. Rozendal RA, Hamelers HV, Rabaey K, Keller J, Buisman CJ. Towards practical implementation of bioelectrochemical wastewater treatment. Trends in biotechnology. 9-450:(8)26;2008.
8. Aleboyeh A, Daneshvar N, Kasiri M. Optimization of CI Acid Red 14 azo dye removal by electrocoagulation batch process with response surface methodology. Chemical Engineering and Processing: Process Intensification. 32-827:(5)47;2008.
9. Chu W. Dye removal from textile dye wastewater using recycled alum sludge. Water Research. 52-3147:(13)35;2001.
10. Gao BY, Wang Y, Yue QY, Wei JC, Li Q. Color removal from simulated dye water and actual textile wastewater using a composite coagulant prepared by ployferric chloride and polydimethyldiallylammonium chloride. Separation and purification technology. -157:(2)54;2007 63.
11. Crini G. Non-conventional low-cost adsorbents for dye removal: a review. Bioresource Technology. 85-1061:(9)97;2006.
12. Chatterjee S, Chatterjee BP, Guha AK. Adsorptive removal of congo red, a carcinogenic textile dye by chitosan hydrobeads: Binding mechanism, equilibrium and kinetics. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. 52-146:(1)299;2007.
13. Royer B, Cardoso NF, Lima EC, Macedo TR, Airoldi C. A useful organofunctionalized layered silicate for textile dye removal. Journal of hazardous materials. 74-366:(1)181;2010.
14. Gupta V. Application of low-cost adsorbents for dye removal–A review. Journal of Environmental Management. 42-2313:(8)90;2009.
15. Garg V, Gupta R, Bala Yadav A, Kumar R. Dye removal from aqueous solution by adsorption on treated sawdust. Bioresource Technology. 4-121:(2)89;2003.
16. Lima EC, Royer B, Vaghetti JCP, Simon NM, da Cunha BM, Pavan FA, et al. Application of Brazilian pine-fruit shell as a biosorbent to removal of reactive red 194 textile dye from aqueous solution: Kinetics and equilibrium study. Journal of hazardous materials. 50-536:(3)155;2008.
17. Roques H. Chemical water treatment: principles and practice. VCH Publishers Inc, New York. 9-261:(4)320;1996.
18. Lauer WC, Barsotti MG, Hardy DK. Chemical Feed Field Guide for Treatment Plant Operators: Calculations and Systems: Amer Water Works Assn; 52-340:(3)124;2008.
19. Brouckaert C, Buckley C. The use of computational fluid dynamics for improving the design and operation of water and wastewater treatment plants. Water science and technology. -81:(4)40;1999

[Downloaded from psj.umsha.ac.ir on 2026-11-23]

9.
20. Lanciné GD, Bamory K, Raymond L, Christelle B, Jean B. Coagulation-Flocculation treatment of a tropical surface water with alum for dissolved organic matter (DOM) removal: Influence of alum dose and pH adjustment. J Int Environmental Application & Science. 57-247:(4)3;2008.
21. Greenberg A, E C. standard methods for examination of water and wastewater. -285:(4)2;2005 310.
22. kashefi asl M, aminipana L. Treatment of textile dye effluents Environmental Science and Technology. 46-137:(2)8;2002. (Persian)
23. Korbahti BK. Response surface optimization of electrochemical treatment of textile dye wastewater. Journal of hazardous materials. 86-277:(1)145;2007.
24. Joo DJ, Shin WS, Choi J-H, Choi SJ, Kim M-C, Han MH, et al. Decolorization of reactive dyes using inorganic coagulants and synthetic polymer. Dyes and Pigments. 64-59:(1)73;2007.

[Downloaded from psj.umsha.ac.ir on 2026-11-23]