# ارزیابی فرآیند جذب درحذف رنگ از پسآب‌های صنعتی

**نویسندگان: محمد حسن سلمانی[۱]،رضارحمانیان[۲]، سروش دانایی[۳]، زهراسلطانیان زاده[۴]**

۱.مربی گروه بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد

۲.دانشجوی دکترای شیمی تجزیه ، پژوهشکده شیمی، سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران

۳.نویسنده مسئول: دانشجوی دکتری شیمی تجزیه ، پژوهشکده شیمی، سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران

تلفن تماس : ۰۹۱۳۱۵۸۲۸۷۸ Email:soroodan@gmai.com

۴.کارشناسی ارشد گروه مهندسی بهداشت محیط، مرکز تحقیقات علوم و فناوری های محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد

**طلوع بهداشت**

**دو ماهنامه علمی پژوهشی دانشکده بهداشت یزد**

**سال چهاردهم**

**شماره: سوم**

**مرداد و شهریور ۱۳۹۴**

**شماره مسلسل: ۵۱**

تاریخ وصول: ۱۳۹۳/۱۰/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۲/۱۷

## چکیده

**مقدمه:** فرایندهای نوآورا نه برای تصفیه پسآب‌های صنعتی حاوی رنگ‌ها و فلزات سنگین اغلب برای کاهش سمیت این آلاینده‌ها به منظور رسیدن به استانداردهای تصفیه می‌باشد. اخیرا، تمرکز ویژه به فرآیندهای ابتکاری برای حذف فیزیکی و شیمیایی مثل فرایند جذب بر روی جاذب جدید، جذب زیست توده، فیلتراسیون غشایی، پرتوافکنی، و انعقاد الکتروشیمیایی صورت گرفته است. در این مطالعه ،توسعه‌های اخیر و کاربردی بودن روشهای مختلف تصفیه برای حذف رنگ از پساب صنعتی بررسی شد.

**روش بررسی:** این مطالعه از ۴۵ مقاله منتشر شده از سایت‌های مختلف بین سال‌های (۲۰۱۴-۱۹۹۷) استفاده شد که در اغلب آنها مزایا و محدودیت‌های کاربرد روش جذب سطحی ارزیابی شده است.در این مقالات، شرایط اصلی عملیاتی موثر بر فرایند جذب مانند pH، دما، غلظت آلاینده‌ها و مقدار جاذب در عملکرد تصفیه آلاینده رنگ ارزیابی شدند.

**نتیجه گیری:** این مطالعه مروری نشان داد که فاکتورpH در اغلب مطالعات بطور متناوب مطالعه و تاثیر آن به طور گسترده برای تصفیه پساب‌های آلوده شده به رنگ بررسی شده بود. مطالعات نشان دادند که در آینده نزدیک، امیدوار کننده‌ترین روش برای تصفیه در سیستم‌های پیچیده فرایند جذب خواهد بود. فرایند جذب برای حذف آلاینده های آلی و بهبود فلزات در سیستم‌های یک راکتوری ناپیوسته کارایی خوبی نشان داده است. علاوه بر این، از فرآیندهای متعارف، جذب به عنوان یکی از مؤثرترین فنآوری برای تصفیه فاضلاب آلی و معدنی با غلظت آلاینده کمتر از ۱۰۰۰ میلی گرم / لیتر شناخته شده است. مهم است که توجه داشته باشیم که هزینه تصفیه کامل از آب آلوده شده متفاوت است و بسته به فرآیند بکار رفته و شرایط محلی دارد. به طور کلی، از عوامل کلیدی در انتخاب یک روش کاربردی بودن، سادگی طرح و مقرون به صرفه بودن آن است که فرایند جذب این مزایا را ارئه کرده و مناسب برای حذف رنگ از پساب‌ها است.

**واژه‌های کلیدی:** حذف رنگ، فرایند جذب، پساب صنعتی

**مقدمه**

هزاران رنگ مختلف به صورت تجاری در صنایع مختلفی نظیر پلاستیک، کاغذ و چاپ، لوازم آرایشی، رنگ و نساجی جهت رنگ کردن محصولات مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند. بررسی‌ها نشان می‌دهد که ۱۵٪ از کل تولید رنگ‌ها در طول فرآیند تولید و فرآوری به جریان‌های خروجی صنایع، وارد می‌شوند (۱). فرآیند تولید محصولات رنگی در صنایع مقادیر زیادی آب بکار می‌برند که نتیجه آن تولید حجم عظیمی از پساب رنگی است. به دلیل حلالیت زیاد رنگ در آب، رنگ‌ها به عنوان آلاینده آب محسوب می‌شوند و همواره می‌توان مقدار کم آن‌ها را در پساب صنایع یافت. رنگ ممکن است بر فعالیت فتوسنتزی در زیست بوم‌های آبی اثرگذار باشد زیرا مانع نفوذ نور به درون آب می‌شود. علاوه بر این به علت حضور فلزات، آروماتیک‌ها و حضور رنگ‌ها ممکن است برای رشد آبزیان سمی باشد. سرطان‌زایی و جهش‌زایی، معلولیت، نقص در تولید مثل و سیستم اعصاب مرکزی از جمله مخاطرات اصلی حضور رنگ‌ها در موجودات زنده گزارش شده است.

رنگ‌ها یکی از مهمترین دسته آلاینده های آب به شمار می‌روند و تنها یکبار ورود آنها به آب کافی است تا کیفیت آب به طور چشمگیری کاهش یابد ضمن آنکه به دلیل منشاء سنتزی و حضور مولکول‌های پیچیده در ساختار رنگ‌ها، فرآیند تصفیه در برخی موارد با مشکلاتی همراه خواهد بود (۲). امروزه، حذف رنگ‌ها و رنگدانه‌ها از پساب بخشی از مطالعات را به خود اختصاص داده است زیرا نگرانی‌های عمومی به دلیل آلودگی فاضلاب توسط رنگ‌ها در حال افزایش است. عدم پذیرش عمومی حضور رنگ‌ها در آب حتی در غلظت‌های پایین علت اصلی این مطلب است. بعلاوه، چندین دسته از رنگ‌ها، مولکول‌های پایداری هستند که در برابر تجزیه توسط نور، مواد شیمیایی، بیولوژیکی و عوامل دیگر مقاومند و به عنوان موتاژن برای انسان به‌شمار می‌روند (۳). اغلب رنگ‌ها مولکول‌های آلی پیچیده‌ای هستند و به مقاومت در برابر عوامل خارجی نظیر شوینده‌ها نیاز دارند. مولکول‌های رنگ از دو جزء تشکیل شده‌اند: عامل رنگی، که مسئول تشکیل رنگ است و تقویت کننده که مسئول تقویت عامل رنگی، حل شوندگی آن در آب و اتصال به سطح است. لذا ضروری است که پساب‌های آلوده به رنگ باید پیش از انتشار در محیط زیست با روش مناسبی تصفیه شوند.

جدول ۱: دسته بندی رنگ‌های مختلف بر اساس کاربرد آنها (۶)

| دسته | زیرلایه |
|---|---|
| اسیدی | پشم، نایلون، ابریشم، مرکب، چرم و کاغذ |
| بازی | مرکب،کاغذ،پلی اکریلو نیتریل، نایلون فرآوری شده و پلی‌استر |
| مستقیم | نایلون، ریون، کاغذ، چرم و کتان |
| دیسپرس | پلی‌آمید،پلی‌استر آکریلیک، استات و پلاستیک |
| راکتیو | پشم، کتان، ابریشم و نایلون |
| سولفور | ریون و کتان |
| خمره‌ای | پشم و کتان |

به منظور بررسی انواع رنگ‌ها، دسته بندی‌های مختلفی برای معرفی رنگ‌ها انجام گرفته است. به طور کلی رنگ‌ها را می‌توان بر اساس ساختار، کاربرد، بار ذرات به صورت محلول و یا رنگ آنها دسته بندی نمود (۴). اما، به دلیل پیچیدگی اصطلاحات مورد

استفاده برای رنگ‌ها، دسته‌بندی بر اساس کاربرد آنها مناسب‌تر است. جدول ۱ دسته بندی رنگ‌ها بر اساس کاربردهای مختلف آنها با توجه به نوع رنگ نشان می‌دهد (۵،۶).

رنگ‌های بازی شدت رنگ بالایی دارند و در غلظت‌های کم نیز قابل رؤیت هستند. رنگ‌های پیچیده به طور کلی بر مبنای کروم می‌باشند، که سرطان زا است (۷). به دلیل حضور آمین‌های سمی در پساب‌ها، رنگ‌های آزو سمی هستند. همچنین رنگ‌های پایه آنتراکینون مقاوم‌ترین رنگ‌ها در برابر تجزیه هستند و مدت زیادی در پساب باقی می‌مانند. رنگ‌های راکتیو در آب قابل حل هستند و ۱۰-۵٪ از این رنگ‌ها وارد حمام رنگ شده و در پساب رنگی حضور دارند که مشکلات جدی را برای محیط زیست بوجود می‌آورند. حذف رنگ‌های راکتیو که پایدار هستند و تجزیه پذیری آنها در سیستم‌های بیولوژیکی اندک است دارای اهمیت ویژه‌ای است زیرا سیستم‌های معمول تصفیه پساب قادر به حذف آنها نیست (۸). به همین دلیل تمرکز بر روی روش‌های خاص حذف رنگ از جریان‌های خروجی صنایع، به انتخاب سیستم تصفیه متناسب با نوع آلودگی کمک می‌کند.

## روش بررسی

به کمک جستجوگر google chrom با استفاده از کلمات MeSH "dye adsorption" و "removal of dye" در سایت‌های مختلف علمی جستجو انجام شد. از ۱۲۸۹۵ مقاله جستجو شده، ۴۵ مقاله منتشر شده از مجلات معتبر بین سال‌های (۲۰۱۴-۱۹۹۷) انتخاب گردید. این مقالات اثر پارامترهای موثر بر روش‌های حذف رنگ از پساب صنایع را بطور مفصل و مروری بررسی کرده بودند. روش‌های متعددی برای حذف رنگ از پساب‌های خروجی صنایع از مطالعه مقالات انتخاب شده، گزینش شد و بررسی دقیق آنها نشان داد که هرکدام از روش‌ها ممکن است با محدودیت‌های ذاتی همراه باشند. سپس مزایا و محدودیت‌های آنها بررسی و کاربرد روش جذب سطحی ارزیابی شد. علاوه بر این، شرایط اصلی عملیاتی موثر بر فرایند جذب مانند pH، دما، غلظت آلاینده‌ها و مقدار جذب در عملکرد تصفیه آلاینده رنگ ارزیابی شدند.

## بحث و نتیجه‌گیری

عموما روش‌های تصفیه در سه دسته اصلی تقسیم‌بندی می‌شوند: روش‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی (۹). گاهی نیز روش‌های صوتی، تابشی و الکتریکی نیز در یک دسته جداگانه طبقه‌بندی می شوند (۱۰). تصفیه بیولوژیکی در مقایسه با دو روش دیگر را می‌توان اقتصادی‌ترین روش عنوان کرد. همچنین گزارش‌هایی از انعطاف‌پذیری طراحی و عملیات تصفیه بیولوژیکی وجود دارد در حالی‌که باید اذعان نمود این روش در اثر سمیت و تغییرات شدید محدود می‌گردد و اجرای عملیات تصفیه نیازمند سطح زیادی است (۱۱). با بررسی روش‌های توسعه یافته در تصفیه پساب‌های آلوده به رنگ مشخص گردید که روش‌های بیولوژیکی مرسوم، به دلیل تجزیه پذیری بیولوژیکی اندک رنگ‌ها نتوانسته‌اند گزینه رضایت بخشی برای حذف رنگ ارائه کنند. این مطلب هم چنین با توجه به معایب ذکر شده برای این روش تصفیه در جدول ۲ قابل درک است. تصفیه شیمیایی که طیف گسترده‌ای از روش‌ها نظیر ترسیب و لخته‌سازی را شامل می‌شود می‌تواند در حذف

رنگ از پساب بسیار کمک‌کننده باشد زیرا برای اهداف تصفیه‌ای، کارایی بسیار بالایی دارد اما باید توجه داشت که هزینه بالای این روش‌ها که احتمالا در نتیجه مصرف زیاد واکنشگرها و انرژی ورودی است همراه با مشکلات بعدی حذف لجن باقی‌مانده از فرآیند تصفیه ممکن است امکان استفاده از آنها را محدود نماید. از جمله مهمترین روش‌های مبتنی بر حذف فیزیکی می‌توان به روش‌های فیلتراسیون و جذب اشاره نمود. اشکالات اصلی فرآیندهای فیلتراسیون عمر مفید محدود، گرفتگی و هزینه بالای آن‌ها است (۱۲). جدول ۲ مروری اجمالی بر مزایا و معایب روش‌های حذف رنگ از پساب نشان می‌دهد.

در مقابل، جذب یک فرآیند موثر، متعادل و با صرفه برای حذف رنگ و کنترل BOD پساب‌ها است به طوریکه امروزه حذف رنگ یکی از مهمترین کاربردهای این فرآیند به شمار می‌رود. جذب یک فرآیند جداسازی پایدار و راهی موثر برای آلودگی‌زدایی از آب محسوب می‌شود و همچنین نسبت به روش‌های دیگر روشی ممتاز می‌باشد زیرا با هزینه کم، انعطاف پذیری بالا، طراحی و ساخت آسان و حساسیت بالا نسبت به مواد سمی، آب را تصفیه کرده و برای استفاده مجدد آماده می‌کند، بعلاوه مواد خطرناکی نیز ایجاد نمی‌کند. جاذب‌های زیادی برای جذب رنگ‌ها از پساب استفاده شدند که پرکاربردترین آنها عبارتند از کربن فعال، جاذب های ارزان قیمت و زیست توده و نانو جاذب ها(۱۳). کربن فعال مشهورترین جاذب مورد استفاده برای حذف آلاینده‌ها از پساب است. حذف موثر طیف وسیعی از رنگ‌ها توسط کربن فعال، این روش را به عنوان یک انتخاب در سیستم‌های تصفیه معرفی نموده است. البته باید معایبی نظیر هزینه نسبتا بالا، مشکلات تولید دوباره، عملکرد غیرانتخابی و عدم حذف رنگهای خمره ای و دیسپرس را در نظر داشت. برای غلبه بر این مشک‌ها از جاذی های ارزان قیمت استفاده شد. در صورتی که یک جاذب، فرآوری کم هزینه و فراوانی در طبیعت را دارا باشد به آن جاذب ارزان قیمت اطلاق می‌شود. از جمله بهترین گزینه‌ها برای جاذب‌های کم هزینه، پسماندهای کشاورزی و ضایعات بی ارزش صنایع هستند. بسیاری از مواد طبیعی، محصولات زائد صنایع و پسماندهای کشاورزی برای جذب رنگ مورد تحقیق قرار گرفته‌اند.

جذب و تجمع آلاینده‌ها از محیط آبی به داخل زیست توده را جذب زیستی می‌گویند. استفاده از زیست‌توده غیرفعال و مرده برای جذب رنگ‌ها از محیط‌های رقیق، فرآیندی موثر شناخته می‌شود. جاذب‌های زیستی مختلفی نظیر کیتوسان، کیتین، ذغال سنگ نارس، مخمرها، زیست‌توده قارچی یا باکتریایی برای حذف رنگ از پساب استفاده شده‌اند. جاذب‌های زیستی اغلب نسبت به رزین‌های تبادل یونی و کربن فعال تجاری انتخابی‌تر هستند و قادر به حذف رنگ تا مقادیر غلظت کم می‌باشند. فرآیند جذب زیستی، روشی موثر، جدید، قابل رقابت و کم هزینه است.

عوامل گوناگونی در چگونگی و ظرفیت جذب رنگ موثر می‌باشند. از مهم ترین این عوامل: pH محلول، دما، غلظت اولیه و مقدار جاذب هستند. بهینه سازی این شرایط تا حد زیادی در توسعه فرآیند حذف رنگ در مقیاس صنعتی موثرخواهد بود. برخی از عوامل موثر بر جذب رنگ که در اکثر مطالعات بررسی شده‌اند، را

مورد بحث قرار گرفت.

**اثر pH محلول:** یکی از مهم ترین عوامل مؤثر بر ظرفیت جاذب در تصفیه فاضلاب، pH محلول است. بهره وری جذب وابسته به pH محلول است زیرا تغییرات در pH منجر به تغییر در درجه یونیزاسیون مولکول جذب شونده و خواص سطح جاذب می گردد لذا از pH به عنوان پارامتر مهم در جذب رنگ نام می برند.

چودری و همکاران اثر pH محلول در جذب ۴ رنگ سبز توسط پودر برگ Ananas comosus را مورد مطالعه قرار دادند(۱۳).

جدول ۲: مروری بر مزایا و معایب روش‌های حذف رنگ (۹)

| روش | مزایا | معایب |
|---|---|---|
| **تصفیه شیمیایی:** | | |
| اکسیداسیون | سادگی به‌کارگیری | نیازمند عاملی برای فعال‌سازی |
| نمک‌های $H_2O_2+Fe(II)$ | مناسب برای حذف | تولید لجن |
| ازناسیون | ازن می‌تواند به‌صورت گازی استفاده شود و حجم لجن و پساب را افزایش نمی‌دهد | نیمه عمر کوتاه (۲۰دقیقه) |
| فوتوشیمیایی | هیچ لجنی تولید نمی‌شود و بو بشدت کاهش می‌یابد | تشکیل محصولات جانبی |
| سدیم هیپوکلراید | شکست پیوند آزو را آغاز نموده و تسریع می‌نماید | آزادسازی آمین‌های آروماتیک |
| تجزیه الکتروشیمیایی | عدم مصرف مواد شیمیایی و عدم تولید لجن | جریان نسبتا بالا منجر به کاهش مستقیم حجم رنگ می‌شود |
| **تصفیه بیولوژیکی:** | | |
| رنگزدایی توسط قارچ white-rot | حذف آنزیمی رنگ‌ها انجام می‌شود | تولید آنزیم غیر قابل اتکا است |
| مخلوط میکروبی | حذف در ۳۰-۲۴ ساعت | تحت شرایط هوازی رنگ‌های آزو به آسانی متابولیز نمی‌شوند |
| جذب با زیست توده زنده/مرده | رنگ‌های مشخصی تمایل ویژه به پیوند با گونه‌های میکروبی دارند | عدم تاثیر برای تمامی رنگ‌ها |
| زیست‌پالایی بی‌هوازی رنگ‌های نساجی | حذف رنگ‌های آزو و محلول در آب را ممکن می‌سازد | تجزیه بی‌هوازی تولید متان و سولفید هیدروژن می‌نماید |
| **تصفیه فیزیکی:** | | |
| جذب سطحی با کربن | حذف خوب طیف گسترده‌ای از رنگ‌ها | هزینه بالا |
| فیلتراسیون غشایی | حذف تمامی رنگ‌ها | لجن تولیدی غلیظ |
| تعویض یونی | احیاء: عدم اتلاف جاذب | عدم تاثیر برای تمامی رنگ‌ها |
| پرتوافکنی | اکسیداسیون موثر در مقیاس آزمایشگاهی | نیاز به میزان بالای $O_2$ محلول |
| انعقاد الکتروشیمیایی | از نظر اقتصادی انعطاف پذیر | حجم بالای تولید لجن |

آنها متوجه شده اند که در یک محدوده pH از ۲ تا ۱۰، حداکثر میزان حذف رنگ در pH= ۱۰ می‌باشد. داوود و سن اثر pH محلول در جذب رنگ کنگو قرمز توسط مخروط کاج را مورد مطالعه قرار داده و متوجه شدند که جذب حداکثر در pH= ۳/۵ اتفاق می افتد(۱۴). ابراهیم و همکاران جذب رنگ RB4 توسط کاه جو اصلاح شده را مورد مطالعه قرار دادند(۱۵).

آنها دریافتند که حذف کامل RB4 در pH برابر ۳ است و با افزایش pH مقدار جذب به مقادیر کمتر از ۵۰ درصد کاهش یافته است. یعقوب و همکاران گزارش داد که جذب رنگ کاتیونی MB بر روی برگ کاج با افزایش pH محلول افزایش می یابد(۱۶). جدول۳ مطالعات مختلف در تعیین اثر pH محلول در جذب رنگ را گزارش می‌دهد.

توانایی جذب سطحی و نوع مراکز فعال سطح، وابسته به نقطه بار الکتریکی صفر تحت عنوان نقطه pzc سطح، وابسته می‌باشد (۲۵). این نقطه تحت تاثیر مستقیم pH می‌باشد. pH ای که در آن بار سطحی صفر است نقطه ($pH_{pzc}$) نامیده می‌شود و به طور معمول برای تعیین کمیت و یا خواص الکتروسینتیکی یک سطح استفاده می شود. مقدار pH برای توصیف pzc ، تنها برای سیستم‌هایی است که در آن $H^+/ OH^-$ یون‌های غالب می‌باشند. به منظور درک مکانیسم جذب، بسیاری از محققان نقطه pzc بسیاری از جذب کننده‌های مختلف تهیه شده از پساب‌های کشاورزی را مورد مطالعه قرار دادند. با توجه به وجود گروه عاملی مانند گروه-OH ، جذب رنگ های کاتیونی در $pH>pH_{pzc}$ مطلوب، در حالی که، جذب رنگ آنیونی در $pH<pH_{pzc}$ که در آن سطح دارای بار مثبت می‌شود، مطلوب می‌باشد(۲۶).

**اثر غلظت اولیه رنگ:** مقدار جذب برای حذف رنگ به شدت وابسته به غلظت اولیه رنگ می‌باشد. اثر غلظت اولیه رنگ بستگی به ارتباط تنگاتنگ بین غلظت رنگ و سایت‌های موجود بر روی سطح جاذب دارد. به طور کلی، درصد حذف رنگ با افزایش غلظت اولیه رنگ، که منجر به اشباعیت سایت های جذب سطحی روی سطح جاذب می شود، کاهش می یابد. از سوی دیگر افزایش غلظت اولیه رنگ باعث افزایش ظرفیت جاذب می گردد علت این امر ممکن است به دلیل نیروی محرکه بالا برای انتقال جرم در غلظت اولیه بالای رنگ باشد (۲۷).

ژانگ و همکاران جذب متیل نارنجی توسط سطح کیتوسان / آلومینا را مورد مطالعه قرار دادند. بررسی نتایج حاصل از مطالعه آنها مشخص کرد که زمانی که غلظت متیل نارنجی از ۲۰ میلی گرم بر لیتربه ۴۰۰ میلی گرم بر لیتر افزایش یافته است، درصد حذف رنگ از ۹۹/۵۳٪ به ۸۳/۵۵٪ کاهش یافته است(۲۸).

یعقوب و همکاران اثر غلظت اولیه رنگ در جذب متیلن بلو (MB)توسط برگ کاج را مورد مطالعه قرار دادند. آنها متوجه شدند که با افزایش غلظت اولیه رنگ از ۱۰ تا ۹۰ میلی گرم بر لیتر، درصد حذف رنگ از ۹۶/۵٪ به ۴۰/۹٪ در مدت زمان ۲۴۰ دقیقه، کاهش یافته است(۱۶). جدول ۴ نتایج حاصل از مطالعات مختلف در تعیین اثر غلظت اولیه رنگ در فرایند جذب را نشان می‌دهد.

جدول ۳: نتایج حاصل از مطالعات مختلف درتعیین اثر pH در فرایند جذب

| جاذب ها | نام رنگ | محدوده pH | محدوده حذف (٪) | رفرنس |
|---|---|---|---|---|
| آلومینای اصلاح شده | کریستال بنفش | ۲/۶-۱۰/۸ | ۲۰-۸۰ | (۱۷) |
| کربن فعال | متیلن آبی | ۲-۱۱ | افزایشی | (۱۸) |
| کائولین | کریستال بنفش | ۲-۷ | ۶۵-۹۵ | (۱۹) |
| بنتونیت | اسید آبی ۱۹۳ | ۱/۵-۱۱ | کاهشی | (۲۰) |
| خاکستر فرار | متیلن آبی | ۲-۸ | ۳۶-۴۵ | (۲۱) |
| $Fe_2O_3$ | اسید قرمز ۲۷ | ۱/۵-۱۰/۵ | ۹۸-۲۷ | (۲۲) |
| تنباکو | متیلن آبی | ۲-۷/۹۳ | ۶۰-۸۱ | (۲۳) |
| خاک اره اصلاح شده | متیلن آبی | ۲-۱۱ | افزایشی | (۲۴) |

جدول ۴: نتایج مطالعات مختلف درتعیین اثر غلظت اولیه رنگ در فرایند جذب

| جاذب ها | نام رنگ | محدوده غلظت (mg/L) | محدوده حذف (٪) | رفرنس |
|---|---|---|---|---|
| کائولین | متیلن آبی | ۱۰-۴۰ | ۹۰-۶۲ | (۲۹) |
| خاکستر فرار | کنگو قرمز | ۵-۳۰ | ۹۹-۸۴ | (۳۰) |
| گل قرمز | اسید بنفش | ۱۰-۴۰ | ۲۶/۲-۱۲/۵۲ | (۳۱) |
| کربن فعال | اریوکروم بلاک T | ۳۰-۱۵۰ | ۴۵-۱۰ | (۳۲) |
| انبه خام | متیلن آبی | ۵۰-۲۵۰ | ۹۹-۹۲/۵ | (۳۳) |
| برگ کاج | متیلن آبی | ۱۰-۹۰ | ۹۶-۴۱ | (۱۶) |
| پوسته برنج | مالاشیت سبز | ۱۰-۳۰ | ۸۲/۵-۷۱ | (۳۴) |
| دانه زردآلو | آسترازون سیاه | ۵۰-۵۰۰ | ۹۱-۶۲ | (۳۵) |

**اثر دما:** دما یکی دیگر از پارامترهای مهم درمطالعه فرآیند فیزیکی- شیمیایی است زیرا با افزایش درجه حرارت میزان ظرفیت جذب جاذب تغییر خواهد نمود(۳۶). اگر مقدار جذب با افزایش دما افزایش یابد این نتیجه حاکی ازگرماگیر بودن فرآیند جذب دارد. این امر ممکن است به دلیل افزایش تحرک مولکول های رنگ و افزایش تعداد سایت های فعال برای جذب با افزایش دما باشد. در حالی که کاهش ظرفیت جذب با افزایش دما نشان از گرمازا بودن فرایند جذب دارد. این امرحاکی از این است که با افزایش دما نیروهای جذب بین گونه های رنگ و سایت های فعال در سطح جاذب کاهش یافته، که حاصل این فرآیند کاهش در

میزان فرآیند جذب می‌باشد (۳۷). جدول ۵ نتایج مطالعات مختلف برای تعیین اثر دما بر جذب رنگ توسط جاذب‌های مختلف را نشان می‌دهد.

**مقدار جاذب:** مقدار جاذب از پارامترهای مهم برای تعیین ظرفیت جاذب برای یک مقدار معین از جذب شونده در شرایط عملیاتی است. به طور کلی درصد حذف رنگ با افزایش میزان ماده جاذب، با افزایش مقدار سایت‌های جذب در سطح جاذب، افزایش می‌یابد. اثر میزان ماده جاذب، یک ایده برای توانایی جذب رنگ با کمترین مقدار جاذب که از دید اقتصادی مقرون به صرفه باشد را ارائه می نماید (۳۷). در جدول ۶ مطالعات انجام شده‌ی برای تعیین اثر مقدار ماده جاذب بر درصد حذف رنگ آورده شده است.

در میان انواع روش‌ها، جذب رنگ بر روی جاذب می‌تواند گزینه مناسبی باشد. اما هزینه بالای جاذب‌ها منجر به تحقیق برای یافتن جاذب ارزان قیمت شده است.

پسماندهای کشاورزی و ضایعات صنعتی می‌توانند منبع بسیار مناسبی را برای این امر فراهم کنند(۴۵).

اما بررسی مکانیزم جذب و یافتن جاذب اختصاصی نیازمند بررسی بیشتر است. همچنین فاکتورهای موثر بر فرآیند جذب بررسی شدند.

اثر pH از فاکتورهای موثر بود که آن تحت تاثیر pH نقطه بار صفر الکتریکی (zpc) است. لذا لازم است در ابتدای فرایند جذب pH نقطه بار صفر الکتریکی جاذب تعیین شود.

جدول ۵: نتایج مطالعات مختلف در تعیین اثر دما بر جذب رنگ

| جاذب ها | نام رنگ | محدوده درجه حرارت °K | نوع فرایند | رفرنس |
|---|---|---|---|---|
| کائولین | کنگو قرمز | ۲۷۹-۳۳۳ | گرمازا | (۳۸) |
| Na بنتونیت | کنگو قرمز | ۲۷۹-۳۳۳ | گرمازا | (۳۸) |
| برگ کاج | متیلن آبی | ۳۱۳-۳۳۳ | گرمازا | (۱۶) |
| موادزائد بامبو فعال | راکتیو سیاه ۵ | ۳۰۳-۳۲۳ | گرماگیر | (۳۹) |
| لجن باقیمانده | نفتول سبز B | ۲۸۸-۳۲۳ | گرماگیر | (۴۰) |

جدول ۶: نتایج مطالعات انجام شده‌ی برای تعیین اثر مقدارماده جاذب بر درصد حذف

| جاذب ها | نام رنگ | مقدار جاذب | درصد حذف (٪) | رفرنس |
|---|---|---|---|---|
| مخروط کاج | کنگو قرمز | ۰/۰۱-۰/۰۳ mg | ۱۳/۴۵-۱۸/۹۶ | (۱۴) |
| خاکستر فرار | متیلن آبی | ۸-۲۰ g | ۴۵-۹۶ | (۲۱) |
| مواد زائد چای | بازیک زرد | ۲/۲۰ g. $L^{-1}$ | ۱۹-۶۰ | (۴۱) |
| پوست پرتقال | اسید بنفش | ۵۰-۶۰۰ mg/50 mL | ۱۵-۹۸ | (۴۲) |
| پوست برنج | راکتیو نارنجی | ۰/۰۲-۰/۰۸ g | ۲۱/۷-۵۶/۲ | (۴۳) |
| خاک اره تصفیه شده | مالاشیت سبز | ۰/۲-۱ g/100mL | ۱۸/۶-۸۶/۹ | (۴۴) |

**References**

1-Zollinger H. Color Chemistry; Synthesis, Properties and Applications of Organic Dyes and Pigments. 2nd ed. Germany: VCH, Weinheim; 1991

2- Forgacs E, Cserhati T, Oros G. Removal of synthetic dyes from wastewaters: a review. Environ. Int 2004; 30(7): 953–71.

3- Crini G. Non-conventional low-cost adsorbents for dye removal: a review. Bioresour. Technol 2006; 97(9): 1061–85.

4- Salmani M.H, Hassan-Zadeh B, Rahmanian R, et al. Synthesis of Nanoporous Silica functionalized with organic compounds and its application in Malachite Green removal. JESAM (article in press)

5- Yagub M T, Sen T K, Afroze S, et al. Dye and its Removal from aqueous solution by Adsorption: A review. Advances in Colloid and Interface Science 2014; 209: 172–84.

6- Hunger K. Industrial dyes: Chemistry, Properties, Applications. Germany: Wiley-VCH; 2007: 648.

7-Chowdhury S, Chakraborty S, Saha P. Biosorption of Basic Green 4 from aqueous solution by Ananas comosus (pineapple) leaf powder. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces 2011; 84(2): 520-7.

8- Kadirvelu K, Kavipriya M, Karthika C, et al. Utilization of various agricultural wastes for activated carbon preparation and application for the removal of dyes and metal ions from aqueous solutions. Bioresource technology 2003; 87(1): 129-32.

9- Robinson T, McMullan G, Marchant R, et al. Remediation of dyes in textile effluent: a critical review on current treatment technologies with a proposed alterna-tive. J. Biores. Tech 2001; 77 (3): 247-55.

10- Suhas Gupta VK. Application of low-cost adsorbents for dye removal – A review. Journal of Environmental Management 2009; 90(8): 2313–42

11- Bhattacharyya KG, Sarma A. Adsorption characteristics of the dye, Brilliant Green on Neem leaf powder. J of Dyes Pigm 2003; 57(3): 211-22.

12- Namane A, Mekarzia A, Benrachedi K, et al. Determination of the adsorption capacity of activated carbon made from coffee grounds by chemical activation whit $ZnCl_2$ and $H_3PO_4$. J. Hazard. Mater 2005; 119(1-3): 189–94.

13- Salmani M.H, Ehrampoush M.H, Aboiian M. Comparison between Ag (I) and Ni (II) removal from synthetic nuclear power plant coolant water by iron oxide nanoparticles. J Health Eng Sci 2013; 11: 21.

14- Dawood, S, Sen T.K, Removal of anionic dye Congo red from aqueous solution by raw pine and acid-treated pine cone powder as adsorbent: Equilibrium, thermodynamic, kinetics, mechanism and process design. Water Research 2012; 46(6): 1933-46.

15- Ibrahim S, Fatimah I, Ang H, et al, Adsorption of anionic dyes in aqueous solution using chemically modified barley straw. Water science and technology. Journal of the International Association on Water Pollution Research 2010; 62(5): 1177.

16- Yagub M.T, Sen T.K, Ang H. Equilibrium, Kinetics, and Thermodynamics of Methylene Blue Adsorption by Pine Tree Leaves. Water, Air, & Soil Pollution 2012; 223(8): 5267-82.

17-Adak A, Bandyopadhyay M, Pal A. Removal of crystal violet dye from wastewater by surfactant-modified alumina. Separation and purification technology 2005; 44(2): 139-44.

18- Kannan N, Sundaram M.M. Kinetics and mechanism of removal of methylene blue by adsorption on various carbons—a comparative study. Dyes and pigments 2001. 51(1): p. 25-40.

19- Nandi B, Goswami A, Das A. K, et al. Kinetic and equilibrium studies on the adsorption of crystal violet dye using kaolin as an adsorbent. Separation Science and Technology 2008; 43(6): 1382-403.

20- Özcan A.S, Erdem B, Özcan A. Adsorption of Acid Blue 193 from aqueous solutions onto BTMA-bentonite. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects 2005; 266(1): 73-81.

21- Kumar K.V, Ramamurthi V, Sivanesan S. Modeling the mechanism involved during the sorption of methylene blue onto fly ash. Journal of colloid and interface science 2005; 284(1): 14-21.

22- Nassar N.N. Kinetics, mechanistic, equilibrium, and thermodynamic studies on the adsorption of acid red dye from wastewater by $\gamma$-$Fe_2O_3$ nanoadsorbents. Separation Science and Technology 2010; 45(8): 1092-03.

23- Ghosh R.K, Reddy D.D. Tobacco Stem Ash as an Adsorbent for Removal of Methylene Blue from Aqueous Solution: Equilibrium, Kinetics, and Mechanism of Adsorption. Water, Air, & Soil Pollution 2013; 224(6): 1-12.

24- Zou W, Bai H, Gao S, et al. Characterization of modified sawdust, kinetic and equilibrium study about methylene blue adsorption in batch mode. Korean Journal of Chemical Engineering 2013; 30(1): 111-22.

25-Salmani M.H, Zarei S, Ehrampoush M.H, et al. Evaluations of pH and High Ionic Strength Solution Effect in Cadmium Removal by Zinc Oxide Nanoparticles. J Appl Sci Environ Manage 2013; 17(4): 583-93.

26- Sen T.K, Afroze S, Ang H. Equilibrium, Kinetics and Mechanism of Removal of Methylene Blue from Aqueous Solution by Adsorption onto Pine Cone Biomass of Pinus radiata. Water, Air, & Soil Pollution 2011; 218(1-4): 499-515.

27- Bulut Y, Aydın H. A kinetics and thermodynamics study of methylene blue adsorption on wheat shells. Desalination 2006; 194(1): 259-67.

28- Zhang J, Zhou Q, Ou L. Kinetic, Isotherm, and Thermodynamic Studies of the Adsorption of Methyl Orange from Aqueous Solution by Chitosan/Alumina Composite. Journal of Chemical & Engineering Data 2012; 57(2): 412-9.

29- Tehrani-Bagha A, Nikkar H, Mahmoodi N.M, et al. The sorption of cationic dyes onto kaolin: Kinetic, isotherm and thermodynamic studies. Desalination 2011; 266(1): 274-80.

30-Mall I.D, Srivastava V.C, Agarwal N.K, et al. Removal of congo red from aqueous solution by bagasse fly ash and activated carbon: kinetic study and equilibrium isotherm analyses. Chemosphere 2005; 61(4): 492-501.

31- Namasivayam C, Yamuna R, Arasi D. Removal of acid violet from wastewater by adsorption on waste red mud. Environmental Geology 2001; 41(3-4): 269-73.

32- de Luna M.D.G, Flores E.D, Genuino D.A.D, et al. Adsorption of Eriochrome Black T (EBT) dye using activated carbon prepared from waste rice hulls—Optimization, isotherm and kinetic studies. Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers 2013; 44(4): 646-53.

33- Senthil Kumar P, Palaniyappan M, Priyadharshini M, et al. Adsorption of basic dye onto raw and surface-modified agricultural waste. Environmental Progress & Sustainable Energy 2014; 33(1): 87-98.

34- Ramaraju B, Manoj Kumar Reddy P, Subrahmanyam C. Low cost adsorbents from agricultural waste for removal of dyes. Environmental Progress & Sustainable Energy 2014; 33(1): 38-46.

35- Kahraman S, Yalcin P, Kahraman H. The evaluation of low-cost biosorbents for removal of an azo dye from aqueous solution. Water and Environment Journal 2012; 26(3): 399-404.

36- Argun M.E, Dursun S, Karatas M, et al. Activation of pine cone using Fenton oxidation for Cd (II) and Pb (II) removal. Bioresource technology 2008; 99(18): 8691-8.

37-Salleh M.A.M, Mahmoud D.K, Karim W.A.W.A, et al. Cationic and anionic dye adsorption by agricultural solid wastes: A comprehensive review. Desalination 2011; 280(1): 1-13.

38- Vimonses V, Lei S, Jin B, et al. Kinetic study and equilibrium isotherm analysis of Congo Red adsorption by clay materials. Chemical Engineering Journal 2009; 148(2): 354-64.

39- Ahmad A, Idris A., Hameed B. Organic dye adsorption on activated carbon derived from solid waste. Desalination and Water Treatment 2013; 51(13-15): 2554-63.

40- Attallah M., Ahmed I, Hamed M.M, Treatment of industrial wastewater containing Congo Red and Naphthol Green B using low-cost adsorbent. Environmental Science and Pollution Research 2013; 20(2): 1106-16.

41- Khosla E, Kaur S, Dave P.N. Tea waste as adsorbent for ionic dyes. Desalination and Water Treatment 2013; 13(34-36): 1-10.

42- Sivaraj R, Namasivayam C, Kadirvelu K. Orange peel as an adsorbent in the removal of acid violet 17 (acid dye) from aqueous solutions. Waste Management 2001; 21(1): 105-10.

43- Ong S, Lee C, Zainal Z. Removal of basic and reactive dyes using ethylenediamine modified rice hull. Bioresource technology 2007; 98(15): 2792-9.

44-Garg V, Gupta R, Yadav A.B, et al. Dye removal from aqueous solution by adsorption on treated sawdust. Bioresource technology 2003; 89(2): 121-4.

45- Ramakrishna KR, Viraraghavan T. Dye removal using low cost adsorbents. Water science and technology 1997; 36(2): 189-96.

# Evaluation of Adsorption Process in Dye Removal from Industrial Wastewater

**Salmani M H (Ph.D s)[1], Rahmanian R(Ph.D s)[2], Danaie S (Ph.D s)[3] ,Soltaninzadh Z(MS.c)[4]**

1.Department of Environmental Health, Shahid Sadoughi University of Medical Science, Yazd, Iran
2.Institute of Chemical Technology, Iranian Research Organization for Science and Technology (IROST), Tehran, Iran.
3.Corresponding Author: Institute of Chemical Technology, Iranian Research Organization for Science and Technology (IROST), Tehran, Iran.
4.MS.c Environmental Science and Technology Research Center Department of Environmental Health Engineering Shahid Sadoughi University of Medical Science, Yazd, Iran

## Abstract

**Introduction**: Innovative processes for treatment of industrial effluents containing dyes and heavy metals are often used to reduce the toxicity of these compounds in order to reach the refining standards. Recently, a special focus on innovative processes took place for physical and chemical removal by new absorbent, biomass absorption, membrane filtration, radiation, and electrochemical coagulation. In this study, the recent developments and application of different treatment methods was analyzed for dyes removal from industrial wastewater.

**Methods**: This study extracted from 45 articles of different sites between 1997 until 2014, which it was evaluated the advantages and limits of adsorption process. The main operating conditions affecting on the absorption process such as pH, temperature, concentration of pollutants and dose of contaminants were evaluated for dyes treatment.

**Conclusion**: This review study indicated that the pH factor was frequently studied and its impact has been widely studied in treatment of contaminated wastewater with dyes. Previous studies had shown that adsorption process will be the most promising methods of treatment in the complex systems at the near future. Adsorption process for removing of organic contaminants and metals recovery systems have shown a good performance in the batch reactor. Among of conventional processes, adsorption is known as one of the most effective technology for wastewater treatment of organic and inorganic pollutants with concentrations less than 1000 mg/l. It is important to note that the cost of treatment method varies depending on the used process and the local conditions. In general, the key factors in choosing a method are usability of method, simplicity of design and cost benefits. The adsorption process provided all benefits and it is suitable for the removal of dyes from wastewater.

**Keywords:** Dye removal, adsorption process, Industrial wastewater