

## Assessing the Removal Mechanism of Acid Blake 1 Dye by Dolomite and Zeolite Stones from Aqueous Solution

Kazem amiri<sup>1</sup>, hamidreza panbehi<sup>1</sup>, mohammad hossein saghi<sup>2</sup>, mohammad hasan rakhshani<sup>3</sup>

1. Student Environmental Health, Sabzevar University Of Medical Sciences, Sabzevar, Iran
2. Master of Environmental Health, Department Of Health Sciences, Sabzevar University Of Medical Sciences, Sabzevar, Iran
3. PhD Candidate Of Biostatistics, Faculty Of Health, Sabzevar University Of Medical

**Introduction:** Treatment of colored wastewater by use of effective methods is one of the most important challenges for environmental engineers. Among various ways of removing color from wastewater, adsorption by activated carbon is the common and expensive way. The aim of this study is the assessment of dolomite and zeolite stones efficacy in Acid Blake 1 Removal from aqueous solution .

**Material and methods :** Present paper is an experimental study. Dolomite and zeolite stones were ordered from Semnan Negin Powder Company. These stones were gathered from Aladagh area in Ghuchan city. The Solution's PH was controlled by HCL and NaOH. Spectrophotometer DR5000 was used for measuring the amount of absorbed color. As the amount of absorbed color by the absorbents (dolomite and zeolite powder) is affected by various factors such as PH, color concentration, absorption weight and detention time, so in this study we decided to evaluate the effect of mentioned factors in removal of desired amount color .

**Results:** The results showed that the amount of absorbed color by absorbent will increase by prolongation of contact time between absorbent and solution, increase in color density and the amount of absorbent substance and also will decrease by increase in solution's PH .

**Conclusion:** The results indicated that zeolite stone was a dominant adsorbent for Acid Black1 removal in comparison with dolomite stone.

**Key words :** Adsorption, Acid Blake 1 dye

## بررسی مکانیسم حذف رنگ اسیدبلاک ۱ به روش جذب سطحی با استفاده از سنگ دولومیت و زئولیت از محلول های آبی

کاظم امیری<sup>۱</sup>، حمیدرضا ینبه ای<sup>۱</sup>، محمد حسین ساقی<sup>۲</sup>، محمد حسن رخشانی<sup>۳</sup>

Alimalihi69@gmle.com

**مقدمه:** تصفیه فاضلاب های رنگی با استفاده از روش های موثر یکی از مهم ترین چالش های پیش روی مهندسان محیط زیست است. روش های متعددی برای حذف رنگ از فاضلاب وجود دارد که متداول ترین روش آن استفاده از جذب سطحی به وسیله کربن فعال می باشد که هزینه آن بالاست. هدف اصلی این پژوهش بررسی کارایی سنگ دولومیت و زئولیت در حذف رنگ اسید بلاک ۱ از محیط های آبی بوده است.

**مواد و روش ها:** این پژوهش یک مطالعه تجربی بود. دولومیت و زئولیت مورد استفاده در این پژوهش به ترتیب از منطقه ی آلاداغ قوچان و از شرکت نگین پودر سمنان تهیه و برای تنظیم pH محلول مورد نظر از اسید کلریدریک و سود استفاده شد. برای اندازه گیری میزان جذب رنگ از دستگاه اسپکتوفتومتر DR ۵۰۰۰ استفاده گردید. از آنجایی که مقدار رنگ جذب شده توسط جاذب (پودر دولومیت و زئولیت) به عوامل مختلفی از جمله pH، غلظت رنگ، وزن جاذب و زمان ماند بستگی دارد لذا در این پژوهش تاثیر عوامل ذکر شده در حذف مقدار رنگ مورد نظر بررسی قرار گرفت.

**یافته ها:** نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که میزان جذب رنگ توسط جاذب، با افزایش زمان تماس بین محلول و جاذب و همچنین افزایش غلظت رنگ و مقدار ماده جاذب، افزایش و با بالا رفتن pH محلول این میزان کاهش می یابد.

**نتیجه گیری:** نتایج حاصل از پژوهش حاضر مشخص کرد که زئولیت کارایی بسیار بالایی نسبت به دولومیت در حذف رنگ اسید بلاک ۱ از خود نشان می دهد.

**واژه های کلیدی:** جذب سطحی، رنگ اسید بلاک ۱

۱. دانشجوی مهندسی بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی سبزوار. سبزوار. ایران
۲. کارشناس ارشد بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی سبزوار. سبزوار. ایران
۳. دکترای آمار حیاتی و عضو هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی سبزوار. سبزوار. ایران

**مقدمه:**

شناخته شده است. حدود ۲۰-۱۰ درصد از کل رنگ مصرفی در صنعت نساجی وارد فاضلاب تولیدی می‌شود (۷). حضور رنگهای آلی در فاضلاب صنایع ذکر شده در صورت عدم تصفیه توسط یک سیستم مناسب باعث آلوده کردن منابع آب و کاهش کیفیت آبهای سطحی و زیر زمینی می‌گردد. فاضلاب رنگی وسایر پسابهای حاصل از این صنایع مشکلات متعددی از لحاظ بهره برداری در تصفیه خانه های فاضلاب بوجود می‌آورند بطوریکه تخلیه مستقیم فاضلاب صنعت نساجی به داخل مجاری فاضلابرو ویا در محیط، سبب تشکیل لایه‌های لجن حاوی الیاف می‌گردد، وجود مواد رنگزا، پاک کننده‌ها وچسب‌ها در فاضلاب نساجی به دلیل قابلیت تجزیه پذیری بیولوژیکی بسیار کم آنها، در عملیات تصفیه بیولوژیکی ایجاد اختلال می‌نماید. بعضی از این ترکیبات نمک‌هایی از مشتقات حلقه بنزن هستند که سرطانزا می‌باشند. نیتروژن و فسفر مواد رنگزا نیز رشد جلبکها را افزایش داده و مشکل او تریفیکاسیون را در آبهای پذیرنده موجب می‌گردند. بیشتر رنگ‌ها در مقابل نور و گرما پایدار می‌باشند از طرفی فناوری که اینگونه رنگ‌ها را در مقابل مواد سفید کننده، نور خورشید و اکسیداسیون مقاوم می‌کند، سبب عدم حذف آنها در سیستم‌های متداول تصفیه فاضلاب می‌گردد.

از این رو تصفیه پساب‌های رنگی فاضلاب نساجی قبل از تخلیه آن‌ها به محیط زیست ضروری می‌باشد. فرآیندهای تصفیه بیولوژیکی برای تصفیه فاضلاب‌های نساجی به ندرت استفاده می‌شوند. این فرآیندها عموماً برای حذف اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی (BOD5) موثر بوده اما برای حذف رنگ و جامدات معلق (TSS) از این فاضلاب‌ها کارایی بالایی ندارند، زیرا ترکیبات رنگی دارای ساختارهای مقاوم و پیچیده‌ای بوده که باعث می‌شوند، سرعت تجزیه بیولوژیکی رنگ‌ها به آهستگی صورت بگیرد. متداول‌ترین روشهای حذف رنگ از فاضلاب نساجی شامل روشهای فیزیکی-شیمیایی نظیر انعقاد و لخته سازی، جذب سطحی، ازن زنی، اسمز معکوس، استفاده از فیلترهای غشایی و اکسیداسیون پیشرفته می‌باشند (۸). در این میان جذب سطحی یکی از فرآیندهایی است که بیشتر مورد استفاده قرار گرفته است. در فرآیند جذب سطحی هدف اصلی انتقال آلاینده از ماتریکس مایع به داخل یک ماتریکس جامد و حذف کامل آلاینده است. در

با توجه به محدود بودن منابع آب و گسترش روز افزون واحدهای صنعتی و افزایش تولید فاضلابهای صنعتی، آلوده شدن منابع آب یکی از معضلات اجتماعی و اقتصادی محسوب می‌گردد (۱). صنایع متعددی باعث تولید فاضلاب و پساب می‌شوند که یکی از مهمترین آنها صنعت نساجی می‌باشد. صنعت نساجی و رنگرزی یکی از بزرگترین مصرف کنندگان آب هستند، در این صنایع به علت تنوع روش‌های تولید پساب‌های مختلفی که از نظر کیفی و کمی تفاوت زیادی با یکدیگر دارند تولید خواهد شد. در این صنایع معمولاً از الیاف طبیعی حیوانی مانند پشم، ابریشم و مو و الیاف طبیعی گیاهی مانند پنبه، کتان، کف و الیاف مصنوعی مانند پلی‌اکریلیک، پلی‌استر و یا مخلوط الیاف طبیعی یا مصنوعی استفاده می‌کنند (۲). رنگ‌ها از جمله ترکیبات آلاینده آب‌ها می‌باشند که به علت سمیت بالا منجر به آلودگی آب‌های سطحی و زیر زمینی می‌شوند و به طور گسترده در صنایعی نظیر دباغی، کاغذسازی، پلاستیک سازی و... مورد استفاده قرار می‌گیرند که در این بین صنایع نساجی رتبه اول در استفاده از رنگ‌ها جهت رنگ آمیزی الیاف دارا می‌باشند (۳). رنگ‌های اسیدی از جمله رنگ اسیدبلاک ۱ از مهمترین رنگ‌هایی هستند که در صنعت نساجی بکار می‌روند.

وجود مواد رنگزای آلیدر پساب‌های صنعتی به علت جلوگیری از نفوذ نور به داخل آب، اختلال در عمل فتوسنتز، کاهش انتقال اکسیژن به داخل آب و حلالیت گازها و اثرات سمی آن‌ها صدمات جبران ناپذیری به محیط زیست وارد می‌نماید (۴). ضمن اینکه تخلیه فاضلاب‌های رنگی حاصل از صنایع به آب‌های پذیرنده منجر به پدیده اوتریفیکاسیون و تداخل در اکولوژی آب‌های پذیرنده می‌شود. حضور آلاینده‌های رنگی حتی در مقادیر کمتر از یک میلی‌گرم در لیتر از نظر ظاهری قابل رویت و مهم می‌باشد (۵). رنگ‌ها دارای ساختار پیچیده مولکولی، غالباً سمی، سرطانزا (تولید گروههای آمین در تجزیه بیولوژیکی)، جهش‌زا، غیر قابل تجزیه بیولوژیکی و پایدار می‌باشند که با ورود به محیط زیست باعث ایجاد معضلات زیست محیطی می‌گردند (۶). صنعت نساجی یکی از بزرگترین مصرف کننده‌های رنگ در جهان

### مواد و وسایل مورد استفاده در آزمایش ها

رنگ اسید بلاک ۱ تهیه شده از شرکت الوان همدان-اسید سولفوریک و سود تهیه شده از شرکت مرک آلمان-هات پلیت R220 ساخت ایران-سانتریفوژ Hettich آلمان- pH سنج WTW آلمان-اسپکتروفتومتر DR5000

### آماده سازی مواد جاذب

دولومیت و زئولیت مورد استفاده به ترتیب از منطقه‌ی آلاداغ قوچان و از شرکت نگین پودر سمنان تهیه شد. برای یکنواخت سازی مواد جاذب، سنگ ها را آسیاب کرده و به صورت پودر درآوردیم و سپس آنها را از الک با مش ۱۰۰ گذراندیم.

### آزمایشات و مواد شیمیایی مورد استفاده

رنگ مورد نظر دارای فرمول شیمیایی  $C_{22}H_{16}N_6O_9S_{22}Na$  بوده و جرم آن برابر  $۶۱۸/۵۴$  گرم بر مول است. برای تنظیم pH از اسید کلریدریک و سود استفاده شد. برای اندازه‌گیری میزان جذب رنگ‌ها ابتدا حداکثر طول موج رنگ مورد نظر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر DR۵۰۰۰ تعیین گردید.

با استفاده از این روش حداکثر طول موج رنگ اسید بلاک  $۴۹۶nm$  بدست آمد. بعد از بدست آوردن حداکثر طول موج جذب، اقدام به ترسیم نمودار کالیبراسیون نمودیم به همین منظور غلظت‌های  $۱۷۵، ۲۵۰، ۳۷۵، ۵۰۰، ۷۵۰، ۱۰۰۰، ۱۲۵۰، ۱۵۰۰$  میلی گرم در لیتر تهیه و مقدار جذب آن در طول موج  $۴۹۶nm$  دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت و با استفاده از نرم افزار Excel نمودار کالیبراسیون تهیه گردید. برای انجام آزمایش مقدار  $۱۰۰cc$  از محلول  $۱۰۰mg/l$  برداشته و داخل ارلن  $۲۵۰cc$  ریخته، پس از تنظیم pH مقدار جاذب مورد نظر را به آن اضافه کرده و پس از گذراندن زمان های ماند مختلف میزان  $۱۰cc$  از هر نمونه را برداشته و پس از سانتریفوژ در دور  $۳۶۰Rpm$  و مدت  $۱۰$  دقیقه، نمونه را از کاغذ صافی گذرانده و مقدار جذب آن را با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر ثبت کردیم.

تاثیر زمان تماس در فواصل زمانی  $۰/۵$  تا  $۳$  ساعت در غلظت  $۱۰۰mg/l$  بررسی شد. تاثیر زمان تماس در حذف رنگ در نمودار ۱ نشان داده شده است. با افزایش زمان

جذب سطحی از جاذبه‌های مختلفی مثل کربن فعال، خاکستر، بنتونیت، بیومس، زغال فعال، زغال کک و پلیمر ها استفاده شده است(۹). در فرآیند جذب، کربن فعال یک جاذب استاندارد و متداول است ولی هزینه تولید آن بالا است به همین دلیل اخیرا جاذب‌های ارزان قیمت مانند محصولات جانبی صنایع متالوژی، ضایعات کشاورزی و ضایعات معدنی از جمله دولومیت و زئولیت مورد توجه زمینه‌های تحقیقاتی قرار گرفته است. دولومیت کربنات مضاعف منیزیم و کلسیم است. فرمول عمومی آن‌ها به صورت  $۲۰۶camgc$  می‌باشد.

دولومیت در یک جهت رخ عالی دارد سختی آن  $۳.۵$  و وزن مخصوص آن  $۲.۸۵$  است جلای آن قیری است. رنگ ظاهری آن سفید متمایل به صورتی است. در برخی موارد بی رنگ، خاکستری و قهوه‌ای و حتی سیاه هم دیده می‌شود ضریب شکست نوری آن  $۱.۶۸$  است با افزایش مقدار آهن وزن مخصوص دولومیت زیاد می‌شود. این کانی‌ها می‌توانند تا حدودی با اسیدها وارد واکنش شوند. زئولیت‌ها آلومینوسیلیکات‌های سدیم و کلسیم هیدراته هستند که فرمول شیمیایی آنها  $(Na_2K_2Ca, Ba)(Al_2Si_2)_n Mh_{2o}$  می‌باشد.

در تشکیل این کانی‌ها آب نقش مهمی دارد آب موجود در این کانی‌ها با حرارت دادن به اسانی خارج می‌شود و هم چنین به اسانی جذب این گروه از کانی‌ها می‌شود. کانی‌های این گروه عمدتاً بی‌رنگ تا سفید می‌باشند وزن مخصوص این کانی‌ها نسبتاً کم است سختی آن‌ها نیز نسبتاً کم است و با اسیدها واکنش نشان می‌دهند(۱۰).

### مواد و روش

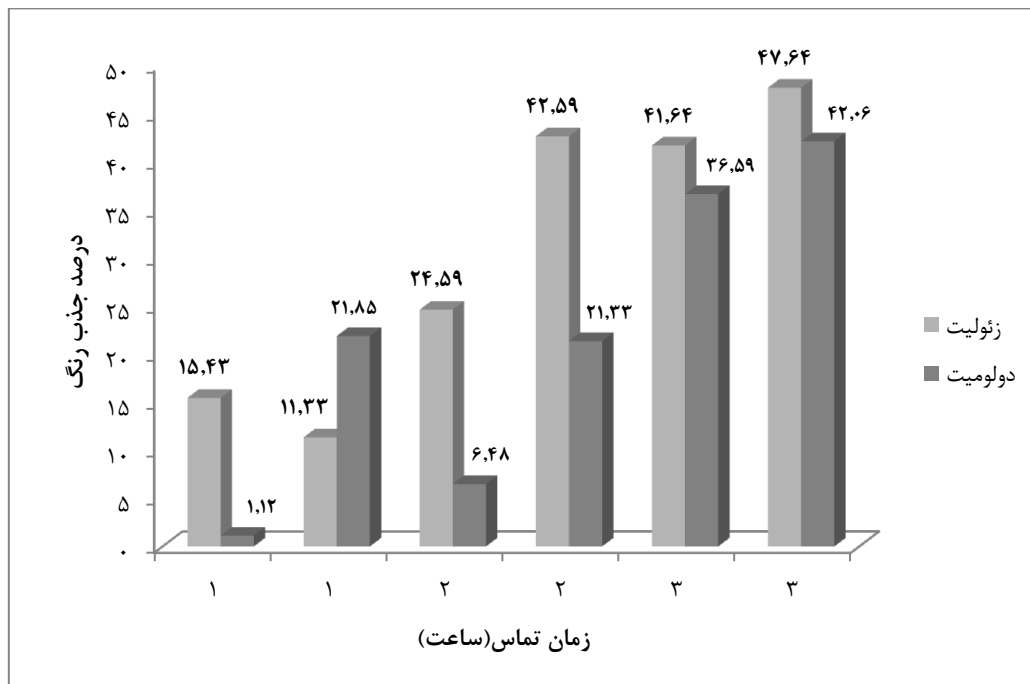
این پژوهش یک نوع مطالعه تجربی بود. از آنجایی که مقدار رنگ جذب شده توسط جاذب(پودر دولومیت و زئولیت) به عوامل مختلفی از جمله pH، غلظت رنگ، وزن جاذب و زمان ماند بستگی دارد لذا در این پژوهش تاثیر عوامل ذکر شده در حذف مقدار رنگ مورد نظر مورد بررسی قرار گرفت.

### یافته ها

بررسی تاثیر زمان ماند در کارایی حذف رنگ اسیدبلاک ۱ توسط پودر زئولیت و دولومیت

یافته است (۱۱). چون در بازه زمانی ۲ تا ۳ ساعت تغییرات حذف رنگ بسیار نامحسوس بوده بنابراین در این پژوهش به دلیل صرفه جویی در وقت و هزینه های آزمایشگاهی زمان تماس ۲ ساعت را به عنوان مبنای آزمایشات بعدی قرار دادیم.

ماند راندمان حذف رنگ افزایش یافته و در زمان تماس ۳ ساعت بیشترین حذف رنگ را داشتیم. در پژوهش مشابهی که توسط محمد رضا سمرقندی و همکارانش در مورد کارایی حذف رنگ اسید رد ۱۸ توسط کربن فعال ساخته شده از درخت سرو مورد مطالعه قرار گرفت نشان داد که با افزایش زمان ماند راندمان حذف رنگ افزایش

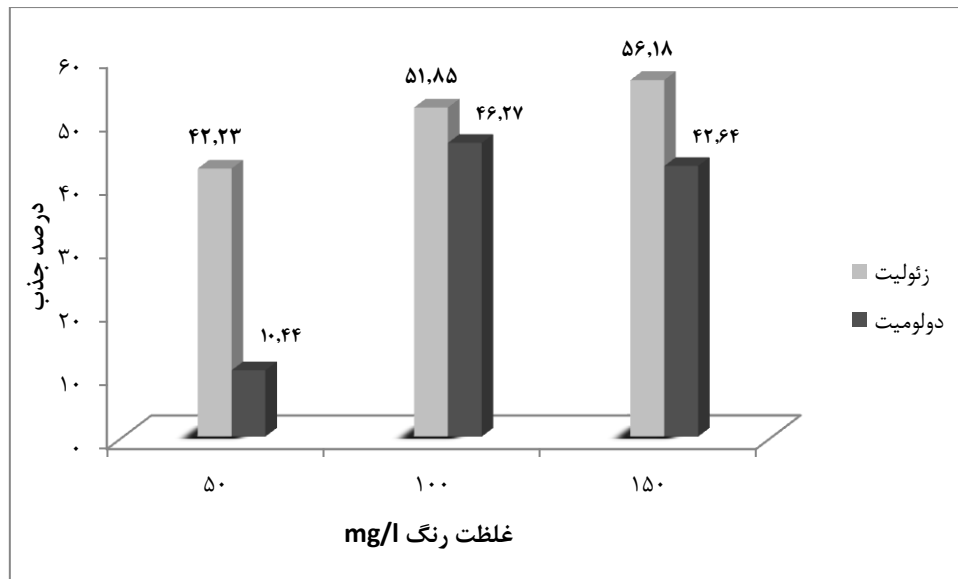


نمودار ۱: تاثیر زمان تماس محلول با جاذب بر روی میزان جذب رنگ (وزن جاذب  $0.6\text{ gr}$ ،  $\text{pH}=7.0$ )

افزایش می یابد که این امر را می توان به دلیل افزایش نیروی رانش (Driving Force) با افزایش غلظت اولیه رنگ توضیح داد (۱۲). در مطالعه مشابهی که توسط یانگ بر روی حذف رنگ با استفاده از فیبر کربن فعال انجام گرفته است افزایش کارایی حذف رنگ با افزایش اولیه محلول مشاهده گردیده است (۱۳).

### تاثیر غلظت رنگ

جهت بررسی تاثیر غلظت اولیه رنگ محلول های رنگ با غلظت های ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی گرم در لیتر از محلول مادر ساخته شد. همان طور که در نمودار ۲ مشخص است با افزایش غلظت رنگ راندمان حذف رنگ افزایش می یابد. نتایج نشان می دهد با افزایش غلظت محلول رنگی از  $50\text{ mg/l}$  به  $100\text{ mg/l}$  راندمان حذف رنگ توسط جاذب

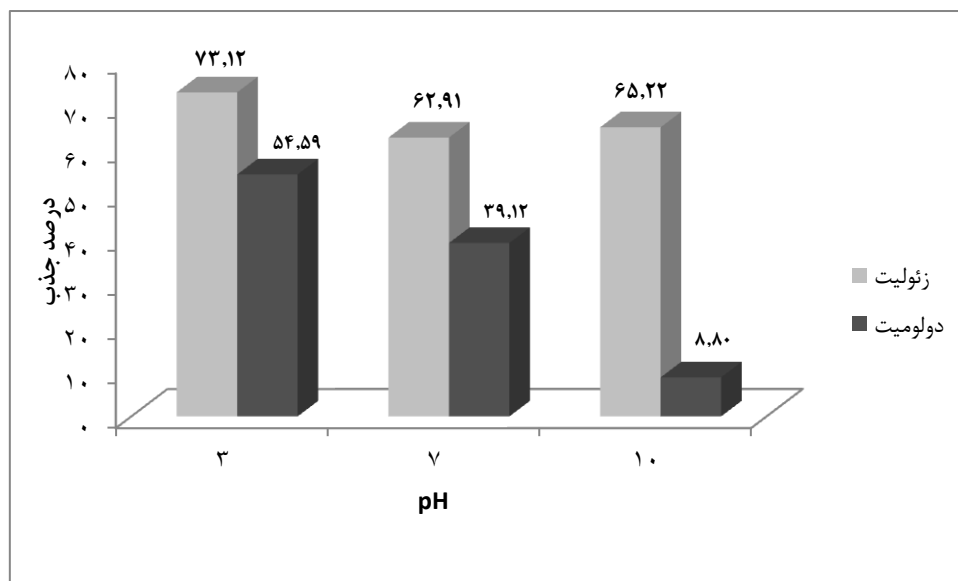


نمودار ۲: تاثیر غلظت رنگ بر روی میزان جذب رنگ (وزن جاذب ۰,۶ gr، pH=۷، زمان تماس ۲ ساعت)

نتایج حاصل از تاثیر pH در شکل ۳ نشان داده شده است. با توجه به نمودار ۳ با کاهش pH کارایی حذف رنگ افزایش می یابد که این امر به دلیل افزایش یون H مثبت بر روی سطح جاذب است که در محیط های اسیدی اتفاق می افتد (۱۴). پاول و همکارانش نیز در مطالعه خود نشان دادند که کارایی حذف رنگ با کاهش pH افزایش می یابد (۱۵).

### بررسی تاثیر pH

جهت بررسی تاثیر pH، محلول رنگی با غلظت ۱۰۰ mgr/l در pH های ۳,۷ و ۱۰ تهیه گردیده و سپس ۰,۶ gr پودر دولومیت و زئولیت به محلول رنگی اضافه شد و بعد از زمان تماس ۲ ساعت غلظت باقی مانده رنگ به روش اسپکتروفتومتری تعیین مقدار گردید.

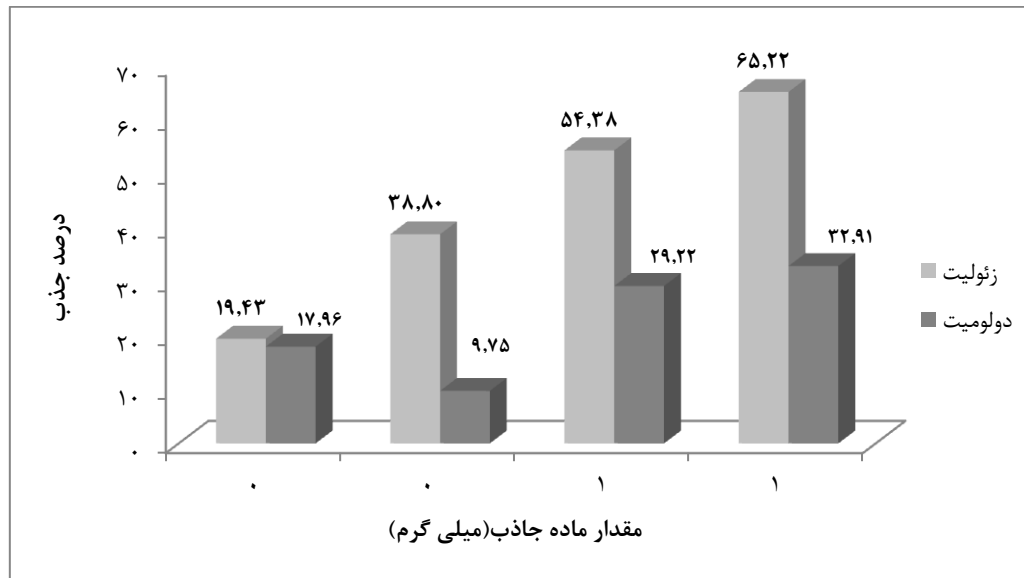


نمودار ۳: تاثیر pH بر روی میزان جذب رنگ (وزن جاذب ۰,۶ gr، غلظت اولیه ۱۰۰ mgr/l، زمان تماس ۲ ساعت)

## بررسی مقدار ماده جاذب

pH=7 و سپری شدن زمان ماند ۲ ساعت غلظت باقی مانده رنگ به روش اسپکتروفتومتری تعیین مقدار گردید. نتایج حاصل از تاثیر وزن جاذب در نمودار ۴ نشان داده شده است. نتایج حاصله نشان دهنده آن است که با افزایش وزن جاذب راندمان حذف رنگ افزایش می یابد.

جهت بررسی تاثیر وزن جاذب (پودر دولومیت و زئولیت) محلول رنگی با غلظت 100 mg/l تهیه گردیده و سپس اوزان 0/2، 0/4، 0/6 و 0/8 از مواد جاذب را به محلول رنگی اضافه نموده و پس از تنظیم pH در محدوده خنثی



شکل ۴: تاثیر مقدار ماده جاذب بر روی میزان جذب رنگ (pH=7، غلظت اولیه 100mgr/l، زمان تماس ۲ ساعت)

حذف در زمانهای تماس ۲/۵، ۳ و ۳ ساعت برای دولومیت به ترتیب ۲۱/۳، ۳۶/۵ و ۴۲ و برای زئولیت ۴۲/۵، ۴۸/۱ و ۴۷/۶ به دست آمد.

از آنجایی که در بازه زمانی ۲ تا ۳ ساعت تغییرات حذف رنگ بسیار ناچیز بوده زمان تماس ۲ ساعت به عنوان زمان تماس بهینه در نظر گرفته شده است.

وزن های جاذب مورد استفاده در این آزمایش 0/2، 0/4، 0/6 و 0/8 بود. نتایج نشان داد که با افزایش وزن جاذب راندمان حذف رنگ نیز افزایش می یابد. راندمان حذف در اوزان ذکر شده برای دولومیت به ترتیب ۱۷/۹، ۱۵/۴، ۲۹/۲ و ۳۲/۹ و برای زئولیت به ترتیب ۱۹/۴، ۲۸/۸، ۴۳/۳ و ۵۴/۳ بوده است. در این پژوهش وزن جاذب 0/6 را به عنوان وزن جاذب بهینه در نظر گرفتیم.

## بحث و نتیجه گیری

اصولا در مهندسی شیمی و محیط زیست زمان بهینه برای حذف آلاینده ها و دستیابی به مقادیر استاندارد از اهمیت ویژه ای برخوردار است. معمولا زمان بهینه به زمانی اطلاق می شود که آلاینده در حد مطلوبی حذف گردد و چنانچه زمان واکنش از این حد فراتر رود فرایند از لحاظ کاربردی مقرون به صرفه نبوده و همچنین کارایی حذف آلاینده بسیار کم خواهد بود.

در این پژوهش کارایی حذف رنگ مورد مطالعه در غلظت 100 میلی گرم در لیتر در زمان های تماس 0/5 تا ۳ ساعت مورد بررسی قرار گرفت. راندمان حذف برای پودر زئولیت پس از زمان ماند 0/5 ساعت ۱۵/۴ درصد و برای پودر دولومیت ۱/۱ درصد به دست آمد همچنین راندمان

در این مطالعه با افزایش زمان ماند، وزن جاذب و غلظت محلول آبی و همچنین با کاهش pH راندمان حذف افزایش یافته است.

با توجه به کارایی مناسب، ارزان بودن و همچنین در دسترس بودن زئولیت و دولومیت، این دو جاذب را می-توان بعنوان جاذبی مناسب برای حذف رنگ از محلول های آبی معرفی نمود.

**تقدیر و تشکر:** در پایان از تمامی کسانی که ما را در این پژوهش یاری نمودند بخصوص جناب آقای مهندس ساقی و سرکار خانم وزیری کمال تشکر و قدردانی را داریم.

معمولا با کاهش pH کارایی فرایند جذب سطحی افزایش می یابد. نتایج نشان داد که با کاهش pH اولیه محلول کارایی حذف رنگ افزایش می یابد به طوری که با کاهش pH از ۱۰ به ۳ راندمان حذف برای دولومیت از ۸/۸ به ۵۴/۵ درصد و برای زئولیت از ۶۵/۲ به ۷۳/۱ درصد افزایش یافته است. دلیل این امر را می توان به استفاده از ساختار شیمیایی مواد جاذب و نوع رنگ مورد مطالعه ارتباط داد.

به طور کلی کارایی زئولیت در حذف رنگ اسید بلاک ۱ از دولومیت بیشتر بوده است. با توجه به پارامترهای مورد نظر

## منابع

- ۱- جعفرزاده، نادریان . دانشور، نظام الدین. تصفیه پساب نساجی حاوی مواد رنگزای بازیگ به روش انعقاد الکتریکی. مجله آب و فاضلاب. شماره ۵۷.
- ۲- خسروی، علیرضا، حسینیان، مرتضی سادات، منصور، عباس. تصفیه فاضلاب صنایع (آبکاری، لبنی، نساجی) تهران. نشر علوم روز، ۱۳۸۸.
- ۳- شریعتی شهاب، فرجی محمد، یمینی یدالله، رجیبی علی اصغر. سنتز و کاربرد نانو ذرات مغناطیسی اکسید آهن اصلاح شده با سدیم دو دسیل سولفات جهت حذف رنگ سافرانین از نمونه های آبی. کتابچه خلاصه مقالات سیزدهمین همایش ملی بهداشت محیط ایران. ۱۳-۱۱ ابان ماه ۱۳۸۹، کرمان.
- 4-Shi B, Li G, Wang D, et al. Removal of direct dyes by coagulation: The performance of preformed polymeric aluminum species. J Hazard Mater 2007; 143(1-2): 567-74.
- ۵- قانعیان محمد تقی، غنی زاده قادر، غلامی مریم، قادری نسب فاطمه. کاربرد پوسته تخم مرغ به عنوان جاذب طبیعی در حذف رنگ راکتیو قرمز ۱۲۳ از فاضلاب سنتیک نساجی. مجله طبیب شهر، ۱۳۸۸: دوره ۱۱، شماره ۴، صفحه ۲۵
- 6-Zollinger H, Ebel H F, Brezinger C D, editors. Color chemistry. 1st ed. New York: VCH publishers 1987.
- 7-Helmes C T, Sigman C C, Fund Z, Thompson M K, Volets M K, Makie M. A study of azo and nitro dyes for the selection of candidates for carcinogen bioassay. J Environ Sci Health part A 1984; 19: 97-231.
- 8-D. Ghosh and K. G. Bhattacharyya, Adsorption of methylene blue on kaolinite, Appl. Clay Sci. 20 (2002), pp. 295-300 .



- 9-Walker GM, Weatherley LR. Biodegradation and biosorption of acid anthraquinone dye. *Environ Pollut* 2000;18:219e23.
- 10- S.J. Allen, Equilibrium adsorption isotherms for peat, *Fuel* 66 (1987) 1171–1175.
- 11-K.R. Ramakrishna, T. Viraraghavan, Dye removal using peat, *Am. Dyest. Rep.* 85 (1996) 28–34.
- 12-Joneidi J, Azizi S. Comparison between color removal from synthetic wastewater using Alum and Chlorine. 11th National Congress of Environmental Health. Zahedan; 2008
- 13- P.C.C. Faria, J.J.M. Órfão and M.F.R. Pereira, adsorption of anionic and cationic dyes on activated carbons with different surface chemistries, *Wat. Res.* 38(8) (2004) 2043–2052
- ۱۴- حسینی ابراهیم، کتاب بلورها و کانی ها، استادیار دانشگاه بین المللی امام خمینی قزوین، نشر آبیژ، بهار ۱۳۸۴.
- 15-Shokoohi R, Vatanpoor V, Zarrabi M, Vatani A. Adsorption of acid red 18 by activated carbon from poplar wood. *E-J Chem.* 2010;7(1):65-72.
- 16- Pengthamkeerati P, Satapanajaru T, Singchan O. Sorption of reactive dye from aqueous solution on biomass fly ash. *J Hazard Mater.* 2008;153:1149-56.
- 17- Yang Z. Kinetics and mechanism of the adsorption of methylene blue onto ACFs. *J China Uni Min Tech.* 2008;18:437–40.
- 18- Gregorio C. Non-conventional low-cost adsorbents for dye removal: A review. *Bioresour Technol.* 2006;97:1061–85.
- 19- Pavel J, Pavel S, Milena R, Sylvie G. Sorption of basic and acid dyes from aqueous solutions onto oxihumolite. *Chemosphere.* 2005;59:881-87.