

## Original article

## Effectiveness of Rosewater Waste in De-colorization of Reactive Blue 19 from Synthetic Textile Wastewater

Mohammad Miri<sup>1</sup>  
Mohammad Taghi Ghaneian<sup>2</sup>  
Alireza Shahriari Farfani<sup>3\*</sup>  
Reza Ali Fallahzadeh<sup>1</sup>

- 1- PhD Candidate of Environmental Health, Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Yazd University of Medical Sciences, Yazd, Iran
- 2- PhD of Environmental Health, Associate Professor, Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Yazd University of Medical Sciences, Yazd, Iran
- 3- MSc of Environmental Health Engineering, Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Yazd University of Medical Sciences, Yazd, Iran

\*Corresponding author: Alireza Shahriari Farfani, MSc of Environmental Health Engineering, Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Yazd University of Medical Sciences, Yazd, Iran

Email: M\_miri87@yahoo.com

Received: 31 July 2016

Accepted: 27 January 2016

### ABSTRACT

**Introduction and Purpose:** Discharge of the wastewater containing reactive dyes into water resources can have detrimental effects on the environment and to the human health due to their carcinogenic, mutagenic, and toxic nature. The present study was performed to evaluate the efficiency of rosewater waste in removal of reactive blue 19 dye from aqueous solutions.

**Methods:** In this experimental study, the effects of various application parameters including pH (4-10), initial concentration of dye (25 and 50 mg/L), contact time (15-180 minutes), and adsorbent dosage (0.2-0.6 g/L) were examined.

**Results:** Maximum capacity of rosewater waste was 5.16 mg/g (pH: 4, contact time: 180 minutes, and adsorbent dosage: 0.4 g/L). Additionally, the model demonstrated that the absorption was more congruent with Freundlich absorption model ( $R^2=0.985$ ) than Langmuir ( $R^2=0.903$ ).

**Conclusion:** It is concluded that rosewater waste could effectively remove reactive blue 19 dye from aqueous solutions and textile industry effluent.

**Keywords:** Reactive blue 19 dye, Rosewater waste, Surface absorption, Textile wastewater

► **Citation:** Miri M, Ghaneian MT, Shahriari Farfani A, Fallahzadeh RA. Effectiveness of Residues of Rosewater in De-colorization of Reactive Blue 19 from Synthetic Textile Wastewater. Journal of Health Research in Community. Winter 2015;1(4): 28-36.

## مقاله پژوهشی

## بررسی کارایی پسماند گلاب گیری در حذف رنگ راکتیو آبی ۱۹ از فاضلاب مصنوعی

## چکیده

**مقدمه و هدف:** تخلیه پساب‌های حاوی رنگ‌های راکتیو به منابع آبی، به دلیل ویژگی‌های سرطان‌زایی، جهش‌زایی، ماهیت سمی و ایجاد رنگ در آب، می‌تواند آثار زیان‌باری بر محیط طبیعی بر جای گذارد. مطالعه حاضر، با هدف بررسی کارایی پسماند گلاب‌گیری در حذف رنگ راکتیو آبی ۱۹ از محلول‌های آبی انجام پذیرفت.

**روش کار:** در این مطالعه‌ی تجربی، اثر پارامترهای مختلف بهره‌برداری از قبیل pH (۱۰-۴)، غلظت اولیه رنگ (۲۵ و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر)، زمان تماس (۱۵-۱۸۰ دقیقه) و دوز جاذب (۰/۲ تا ۰/۶ گرم در لیتر) مورد مطالعه قرار گرفت.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد که حداکثر ظرفیت پودر پسماند گلاب‌گیری برابر ۵/۱۶ میلی‌گرم بر گرم، در pH: ۴، زمان تماس ۱۸۰ دقیقه و دوز جاذب ۰/۴ گرم در لیتر حاصل شد، همچنین مدل نشان داد که جذب تطابق بیشتری با مدل جذب فروندلیچ ( $R^2=0/985$ ) نسبت به مدل جذب لانگمیر ( $R^2=0/903$ ) دارد.

**نتیجه‌گیری:** با توجه به نتایج به‌دست آمده، پسماند گلاب‌گیری از توانایی مطلوبی در حذف رنگ راکتیو آبی ۱۹ از محلول‌های آبی و فاضلاب‌های صنعت نساجی برخوردار است.

**کلمات کلیدی:** پسماند گلاب‌گیری، جذب سطحی، رنگ راکتیو آبی ۱۹، فاضلاب نساجی

محمد میری<sup>۱</sup>محمد تقی قانعیان<sup>۲</sup>علیرضا شهرباری فارفانی<sup>۳\*</sup>رضا علی فلاح‌زاده<sup>۱</sup>

۱- دانشجوی دکتری بهداشت محیط، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی یزد، یزد، ایران

۲- دانشیار، دکتری بهداشت محیط، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی یزد، یزد، ایران

۳- کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی یزد، یزد، ایران

\* نویسنده مسئول: علیرضا شهرباری فارفانی، کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی یزد، یزد، ایران

Email: m\_miri87@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۵/۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۱/۷

◀ **استناد:** میری، محمد؛ تقی قانعیان، محمد؛ شهرباری فارفانی، علیرضا؛ فلاح‌زاده، رضا علی. بررسی کارایی پسماند گلاب‌گیری در حذف رنگ راکتیو آبی ۱۹ از فاضلاب مصنوعی. مجله تحقیقات سلامت در جامعه، زمستان ۱۳۹۴؛ ۱(۴): ۳۶-۲۸.

## مقدمه

فاضلاب صنعتی تبدیل شده‌اند [۱، ۲]. رنگ‌های راکتیو رنگ‌هایی آنیونی و محلول در آب بوده که تا حد زیادی جایگزین رنگ‌های دایرکت، آزو و وات شده‌اند و بزرگترین گروه از رنگ‌های مصرفی در ایالات متحده هستند. صنایع نساجی فاضلاب‌های رنگی با غلظت ۲۰۰-۱۰ میلی‌گرم در لیتر تولید می‌کنند. از آنجایی که رنگ‌ها پایدار بوده و سرطان‌زا و سمی هستند رهاسازی آن‌ها

رنگ‌های راکتیو آزو مهم‌ترین ترکیباتی هستند که حدود ۶۰ تا ۷۰ درصد رنگ‌های مورد استفاده برای رنگرزی را تشکیل می‌دهند. این رنگ‌ها دارای باندهای دو گانه  $N=N$  بوده و با توجه به استفاده گسترده از این رنگ‌ها در صنایع، به بخش جدایی‌ناپذیر

در محیط زیست، مشکلات بهداشتی، زیبایی شناختی و زیست محیطی جدی به دنبال دارد [۳].

تخلیه پساب‌های رنگی نه تنها جنبه زیبایی‌شناسی آب‌های پذیرنده را تحت تأثیر قرار می‌دهد؛ بلکه مانع انتقال نور خورشید به محیط‌های آبی و کاهش فتوسنتز شده و در فرآیندهای زیستی اختلال ایجاد می‌کند. همچنین بسیاری از رنگ‌ها برای برخی موجودات زنده سمی بوده و می‌توانند سبب تخریب مستقیم جوامع آبی شوند [۴]. حضور مقادیر بسیار کم رنگ (کمتر از یک میلی‌گرم در لیتر) در آب قابل مشاهده و نامطلوب است. برخی رنگ‌ها سرطان‌زا و جهش‌زا بوده و می‌توانند سبب آسیب‌های شدید در انسان (اختلالات کبد، کلیه، مغز و دستگاه عصبی مرکزی) شوند [۵،۶]. رنگ‌ها به‌ویژه رنگ‌های آزو به دلیل ساختار پیچیده، وجود ترکیبات سمی و مقاومت به تجزیه زیستی و شیمیایی و داشتن پتانسیل سرطان‌زایی، در صورت ورود به محیط به‌ویژه آب‌های پذیرنده سبب به هم زدن اکوسیستم و حیات موجودات آبی و آلوده کردن آنها می‌شوند؛ بنابراین برای جلوگیری از مخاطرات بهداشتی و زیست محیطی، باید رنگ موجود در پساب تولیدی در این صنایع قبل از تخلیه به محیط حذف شود [۷].

تصفیه فاضلاب‌های حاوی رنگ بسیار دشوار است؛ چون رنگ‌ها مولکول‌های آلی سرسخت، مقاوم به تجزیه هوازی و پایدار به نور، حرارت و عوامل اکسیدکننده هستند [۸،۹]. روش‌های مختلفی برای حذف رنگ از آب و فاضلاب گزارش شده است از جمله: فرآیندهای زیستی، ترکیب فرآیندهای بیوشیمیایی و شیمیایی، اکسیداسیون شیمیایی، جذب، انعقاد، فرآیندهای غشایی که هر یک مزایا و معایب خاص خود را دارند [۱۰]. سیستم‌های متداول تصفیه زیستی به دلیل سمیت زیاد رنگ‌زها برای میکروارگانیسم‌های موجود در این فرآیند و مقاوم بودن بسیاری از آنها در برابر تجزیه زیستی، بازده پایینی در حذف رنگ دارند. روش‌های اولتراسیون و اسمز معکوس به دلیل هزینه‌های بسیار بالای بهره‌برداری، اقتصادی نمی‌باشند. دیگر روش‌های متداول نیز به دلیل

هزینه‌های بهره‌برداری با محدودیت مواجه هستند [۱۱]. در میان روش‌های حذف رنگ، روش جذب سطحی نسبت به روش‌های دیگر بیشتر مورد توجه است. از مزایای این روش می‌توان به هزینه اولیه کم، سادگی طراحی، سهولت عملکرد و عدم حساسیت به مواد سمی اشاره کرد. در حال حاضر بیشتر سیستم‌های تجاری از کربن فعال به‌عنوان جاذب برای حذف رنگ از فاضلاب استفاده می‌کنند. با توجه به هزینه‌ی زیاد کربن فعال و مشکلات مربوط به احیا آن، اخیراً برای کاهش هزینه‌های تصفیه تلاش شده است تا از جاذب‌های ارزان‌قیمت استفاده گردد [۸]. یکی از جاذب‌هایی که کارایی آن هنوز مورد بررسی قرار نگرفته است، پودر پسماند‌های گلاب‌گیری می‌باشد. رزها درختچه‌هایی از خانواده گل سرخ (Rosaceae) می‌باشند. این خانواده متجاوز از ۲۰۰۰ گونه و حدود ۱۰۰ جنس را در برمی‌گیرد. گل محمدی یا گل گلاب با نام علمی *Rosa damasena* درختچه‌ای برگ‌ریز (Deciduous) است و شاید به‌ندرت در بین آنها همیشه‌سبز (Evergreen) یافت شود. این درختچه تولید گل‌های بسیار معطر می‌نماید که خاصیت دارویی دارد. از مواد اصلی تشکیل‌دهنده اسانس گل محمدی می‌توان به سیترنلول، گراتول، اسپارنین و فینیل اتانول اشاره نمود [۱۲]. از جمله مطالعات متعدد انجام‌شده در زمینه‌ی حذف رنگ راکتیو آبی ۱۹ با استفاده از جاذب‌های طبیعی می‌توان به مطالعه از کان و همکاران در سال ۲۰۰۷ با استفاده از بنتونیت اصلاح‌شده با دو دسیل تری متیل آمونیوم بروماید، مطالعه قانعیان و همکاران در سال ۱۳۹۳ با استفاده از پودر ساقه زرشک و مطالعه میری و همکاران در سال ۱۳۹۳ با کاربرد پسماند گلاب‌گیری در حذف رنگ قرمز ۱۹۸ اشاره کرد [۱۴-۱۲].

رنگ‌های راکتیو در مقابل نور و عوامل شیمیایی مقاوم بوده و در محیط‌های طبیعی بسیار پایدار می‌باشد؛ به‌عنوان مثال نیمه‌عمر راکتیو آبی ۱۹ هیدرولیز شده در pH: ۷ و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، حدود ۴۶ سال است؛ بنابراین مدیریت فاضلاب‌های حاوی رنگ‌های راکتیو از دیدگاه زیست محیطی حائز اهمیت

pH ثابت (۴: pH) در تماس با دو نوع مختلف از غلظت اولیه رنگ (مثلاً ۲۵ و ۵۰ میلی گرم در لیتر) قرار داده شد و در زمان‌های تماس که از آزمایشات اولیه به دست آمد، نمونه برداری صورت گرفت و به این طریق زمان تعادل مشخص شد. بعد از به دست آوردن زمان تعادل، با تغییر دادن یک پارامتر و ثابت نگه داشتن سایر پارامترها اثر پارامتر متغیر بر روی کارایی فرآیند مورد بررسی قرار گرفت. به این ترتیب تأثیر غلظت اولیه جاذب بر روی کارایی فرآیند مورد بررسی قرار گرفت. این کار برای سایر متغیرها نیز تکرار شد تا اثرات آنها بر روی کارایی فرآیند به دست آید. در تمامی مراحل آزمایش از شیکر با دور ۱۲۰ دور در دقیقه استفاده گردید. اطلاعات و داده‌های لازم با انجام آزمایشات و استفاده از وسایل و تجهیزات آزمایشگاهی به دست آمد. برای صاف سازی نمونه‌ها از فیلتر استات سلولز ۰/۲ میکرون و برای اندازه گیری غلظت باقیمانده رنگ از دستگاه اسپکتروفتومتری (Shimadzu) UV/VIS-۱۷۰۰, Japan) در طول موج ۵۹۲ نانومتر استفاده شد. pH به روش الکترومتری اندازه گیری شد، سایر آزمایشات لازم مطابق با کتاب Standard Method و با دوبرار تکرار انجام گردید. پس از اتمام آزمایشات و به دست آمدن نتایج، برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزار Excel استفاده شد.

رنگ مورد استفاده در این مطالعه محصول شرکت دای استار و سایر مواد شیمیایی مورد استفاده در انجام آزمایشات محصول شرکت مرک آلمان بود. ساختار شیمیایی رنگ راکتیو آبی ۱۹ مورد استفاده، در جدول ۱ نشان داده شده است [۱۵].

#### مطالعه ایزوترم

ایزوترم جذب و حداکثر ظرفیت جذب جاذب‌ها با استفاده از مدل‌های لانگمیر، فروندلیچ بررسی گردید [۱۶، ۱۷]. مدل فروندلیچ به ناهمگنی سطوح جاذب و مدل لانگمیر به در دست بودن سطح محدودی از ماده برای جذب سطحی اشاره دارد. معادله لانگمیر به این صورت بیان می‌شود:

می‌باشد. به دلیل اثرات زیست محیطی رنگ‌ها و همچنین پتانسیل بالای پودر پسماندهای گلاب گیری به عنوان یک جاذب جدید، ارزان و در دسترس، این مطالعه با هدف بررسی اثر پودر پسماندهای گلاب گیری در حذف رنگ راکتیو آبی ۱۹ از محلول‌های آبی به منظور یافتن گزینه‌ای مناسب و اقتصادی برای حذف این آلاینده از آب انجام شد.

## روش کار

### آماده سازی جاذب

برای تهیه جاذب ابتدا مقداری پسماند از کارگاه گلاب گیری تهیه شد. پسماند گلاب گیری چندبار در آب مقطر جوشانده شد تا در آب، رنگ و کدورت ایجاد نکند، سپس در دمای آزمایشگاه خشک شد. در ادامه با آسیاب آن را خرد کرده و برای دانه بندی از الک ASTM در اندازه مش ۶۰-۴۰ استفاده شد. از جاذب حاصله برای مطالعه حذف رنگ استفاده گردید.

### مطالعه‌ی فرآیند جذب

این تحقیق از نوع مطالعه‌ی تجربی می‌باشد که در مقیاس آزمایشگاهی انجام شد و از پودر پسماندهای گلاب گیری، برای حذف رنگ راکتیو آبی ۱۹ از محیط آبی استفاده گردید. تمام آزمایشات به صورت ناپیوسته و در دمای آزمایشگاه (۲۵ درجه سانتی گراد) انجام شد. در همه مراحل کار از آب دوبار تقطیر استفاده گردید. متغیرهای مورد مطالعه در این آزمایش شامل pH (۴، ۷، ۱۰)، غلظت اولیه رنگ (۵۰ و ۲۵ میلی گرم در لیتر)، دوز اولیه جاذب (۴ و ۲ گرم)، زمان تماس (۱۸۰، ۱۲۰، ۶۰، ۳۰، ۱۵ دقیقه و ۲۴ ساعت) می‌باشد. از آنجائی که در فرآیند جذب سطحی لازم است که زمان تعادل به دست آورده شود؛ بنابراین زمان تعادل یا متغیر زمان تماس در طول انجام آزمایشات تعیین شد. در این پژوهش ابتدا بعد از آماده کردن جاذب، مقدار ۴ گرم از جاذب در

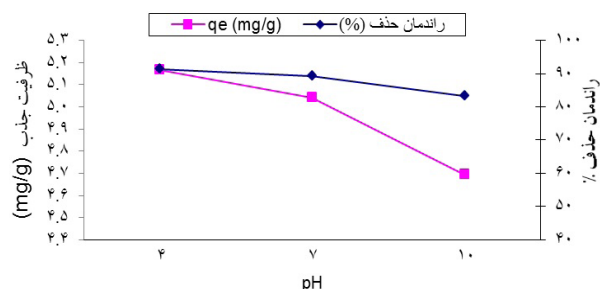
مدت زمان واکنش ۱۸۰ دقیقه، مورد بررسی قرار گرفت. همان‌طور که در نمودار ۱ مشاهده می‌شود، با کاهش pH از ۱۰ به ۴، راندمان و میزان جذب رنگ راکتیو آبی ۱۹ به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته است؛ به‌طوری که راندمان حذف از ۸۳/۳۳ درصد در pH: ۱۰ به ۹۱/۴۳ درصد در pH: ۴ رسید؛ از طرفی ظرفیت جذب نیز همین روند را طی نموده و حداکثر جذب، معادل ۵/۱۶ میلی‌گرم بر گرم، برای pH معادل حاصل گردید.

### تأثیر دوز جاذب

به‌منظور تعیین اثر دوز جاذب مورد نظر بر روی فرآیند جذب سطحی، مقدار ۶-۲ گرم در لیتر پودر پسماند گلاب‌گیری به‌عنوان جاذب برای آزمایشات جذب، در مقدار ثابت pH اولیه برابر ۴ (pH بهینه حاصل از انجام مرحله اول آزمایشات جذب)، غلظت اولیه رنگ ۲۵ میلی‌گرم در لیتر، در دمای آزمایشگاه برای مدت زمان ۱۸۰ دقیقه مورد استفاده قرار گرفت؛ همان‌طور که در نمودار ۲ نشان داده شده است، با افزایش دوز تا یک مقدار معین، راندمان حذف نیز افزایش می‌یابد. در دوز ۲ گرم در لیتر، راندمان حذف برابر ۹۰ درصد بود که با افزایش دوز به ۶ گرم در لیتر، راندمان حذف به ۹۱/۹۰ درصد افزایش یافته است.

### اثر زمان تماس

نتایج مربوط به اثر زمان تماس (۱۵-۱۸۰ دقیقه) در دوز



نمودار ۱: تأثیر pH اولیه بر جذب رنگ راکتیو آبی ۱۹ بر روی پودر پسماند گلاب‌گیری (۱۰-۷-۴ pH، غلظت اولیه رنگ ۲۵ میلی‌گرم در لیتر، دوز اولیه جاذب ۴ گرم در لیتر، زمان تماس ۱۸۰ دقیقه)

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{Q_0 b} + \frac{C_e}{Q_0} \quad (1)$$

که در آن  $C_e$  غلظت تعادلی محلول (میلی‌گرم بر لیتر)،  $q_e$  مقدار فلز جذب‌شده در زمان تعادلی (میلی‌گرم بر گرم)،  $Q_{max}$  (میلی‌گرم بر گرم) و  $b$  (لیتر بر میلی‌گرم) به ترتیب فاکتورهای مربوط به ظرفیت جذب و انرژی جذب می‌باشند. معادله فروندلیچ به این صورت بیان می‌شود:

$$q_e = k_f C_e^n \quad (2)$$

$$\text{Log} q_e = \text{Log} k_f + \frac{1}{n} \text{Log} C_e \quad (3)$$

که  $k_f$  و  $1/n$  ضرایب مربوط به ظرفیت جذب و شدت جذب می‌باشند.

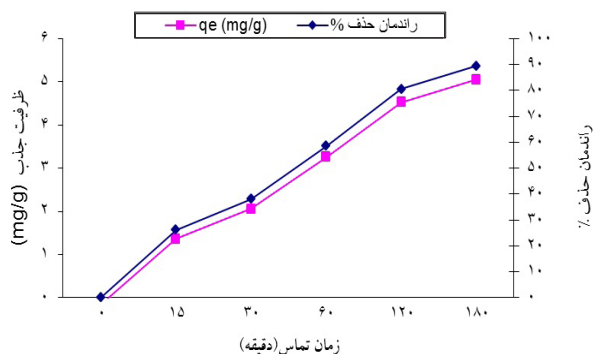
### یافته‌ها

#### تأثیر pH

در مطالعه حاضر، اثر pH بر روی ظرفیت جذب رنگ راکتیو آبی ۱۹ توسط پودر پسماند گلاب‌گیری، در گستره ۱۰-۴ با غلظت اولیه رنگ ۲۵ میلی‌گرم در لیتر و دوز جاذب ۴ گرم در لیتر، برای

جدول ۱: مشخصات کلی رنگ راکتیو آبی ۱۹

ساختار شیمیایی	
نام علمی	راکتیو آبی ۱۹
نام تجاری	ریمازول برلیانت بلو R
فرمول شیمیایی	$C_{22}H_{16}O_{11}N_2S_3Na_2$
وزن مولکولی	۶۲۶/۵ گرم بر مول
طول موج حداکثر جذب	۵۹۲

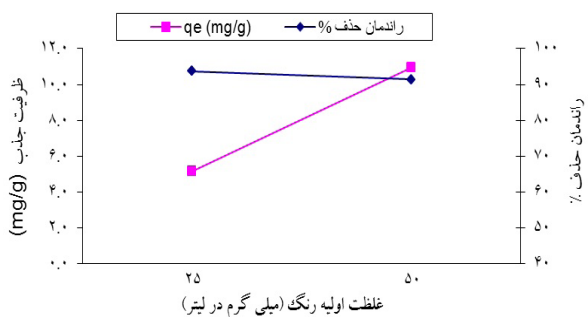


نمودار ۳: تأثیر زمان تماس بر جذب سطحی رنگ راکتیو آبی ۱۹ توسط جاذب پودر پسماند گلاب‌گیری (pH: ۴)، دوز اولیه جاذب ۴ گرم در لیتر، زمان تماس ۱۸۰ دقیقه

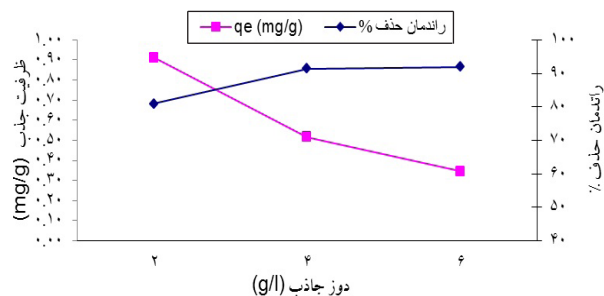
بر گرم و در غلظت رنگ معادل ۵۰ میلی‌گرم در لیتر، این مقدار به ۱۰/۹۴ میلی‌گرم بر گرم رسید.

#### مطالعه ایزوترم‌های جذب

نتایج حاصل از ترسیم ایزوترم‌های مدل جذب لانگمویر و فروندلیچ در نمودارهای ۵ و ۶ نمایش داده شده است. بر این اساس مشاهده می‌شود که داده‌های حاصل از مطالعه حاضر، از تناسب بهتری با معادله جذب فروندلیچ برخوردار بوده است؛ به نحوی که ضریب رگرسیون ( $R^2$ ) برای ایزوترم فروندلیچ برابر ۰/۹۸۵ و برای ایزوترم جذب لانگمویر برابر ۰/۹۰۳ می‌باشد.



نمودار ۴: تأثیر غلظت اولیه رنگ بر جذب سطحی توسط جاذب پودر پسماند گلاب‌گیری (pH: ۴)، غلظت اولیه رنگ ۲۵ میلی‌گرم در لیتر، دوز اولیه جاذب ۴ گرم در لیتر، زمان تماس ۱۸۰، ۱۲۰، ۶۰، ۳۰، ۱۵، دقیقه و ۲۴ ساعت

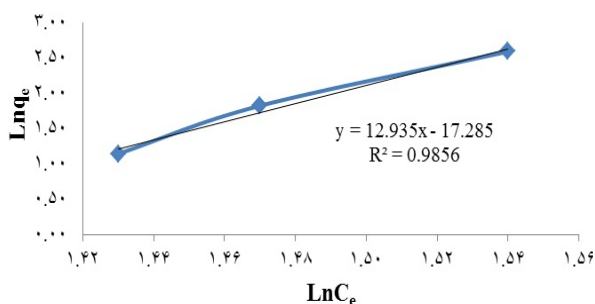


نمودار ۲: تأثیر دوز جاذب بر جذب سطحی رنگ راکتیو آبی ۱۹ توسط جاذب پودر پسماند گلاب‌گیری (pH: ۴)، غلظت اولیه رنگ ۲۵ میلی‌گرم در لیتر، دوز اولیه جاذب ۲، ۴، ۶ گرم در لیتر، زمان تماس ۱۸۰ دقیقه

ثابت ۴ گرم در لیتر، غلظت اولیه رنگ راکتیو آبی ۱۹ معادل ۲۵ میلی‌گرم در لیتر و pH بهینه برابر ۴، در نمودار ۳ نمایش داده شده است. براساس نتایج ارائه شده در این نمودار، با افزایش زمان تماس، راندمان حذف رنگ نیز به میزان قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته است. در زمان تماس ۱۵ دقیقه، راندمان حذف ۲۶/۱۹ درصد بوده که در زمان تماس ۶۰ دقیقه به ۵۸/۵۷ درصد و در زمان تماس ۱۸۰ دقیقه به ۸۹/۳۸ درصد افزایش یافته است. با این وجود افزایش بیشتر زمان تماس، تأثیری بر افزایش راندمان حذف نداشته است؛ به نحوی که در زمان تماس ۲۴ ساعت، راندمان حذف برابر ۸۹/۳۳ درصد بوده است.

#### اثر غلظت اولیه رنگ

برای بررسی این متغیر از pH: ۴، دوز جاذب ۴ گرم در لیتر و زمان تماس ۱۸۰ دقیقه و غلظت‌های رنگ ۲۵ و ۵۰ میلی‌گرم استفاده گردید. با توجه به نتایج آزمایش، با افزایش غلظت اولیه رنگ، راندمان حذف، روند نزولی را از خود نشان داد (نمودار ۴)؛ به نحوی که در غلظت اولیه رنگ (۲۵ میلی‌گرم در لیتر)، راندمان حذف ۹۳/۷۸ درصد بوده و با افزایش غلظت رنگ به ۵۰ میلی‌گرم در لیتر، راندمان حذف به ۹۱/۴۳ درصد کاهش یافت. در مورد ظرفیت جذب نیز با افزایش غلظت اولیه رنگ ظرفیت جذب افزایش داشت؛ به نحوی که در غلظت اولیه رنگ (۲۵ میلی‌گرم در لیتر) برابر ۵/۱۶ میلی‌گرم

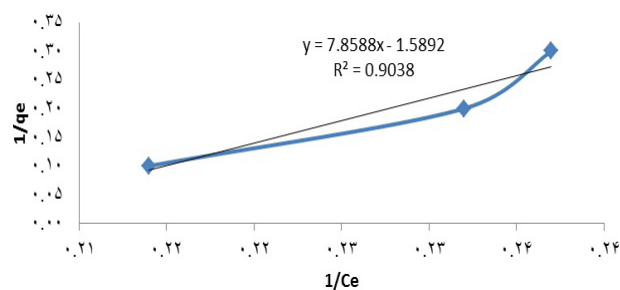


نمودار ۶: ایزوترم جذب فروندلیچ برای جذب سطحی رنگ راکتیو آبی ۱۹ بر روی پودر پسماند گلاب‌گیری

یافته است که با نتایج مطالعه حاضر همخوانی دارد [۲۲]. از طرفی مطالعات اکسو و اکین تأییدکننده نتایج مطالعه حاضر می‌باشد [۲۱].

غلظت جاذب، یک پارامتر مهم و تأثیرگذار در فرآیند جذب بوده و از این رو تعیین‌کننده ظرفیت جاذب (پودر پسماند گلاب‌گیری)، برای یک غلظت اولیه معین از رنگ راکتیو آبی ۱۹ است. این نتیجه براساس این حقیقت قابل تفسیر است که سایت جذب، در طی فرآیند جذب به صورت اشباع نشده باقی مانده و حال آنکه تعداد سایت‌های در دسترس برای سایت جذب، با افزایش دوز جاذب افزایش می‌یابد. حداکثر راندمان جذب راکتیو آبی ۱۹ بر روی پودر پسماند گلاب‌گیری، معادل ۵/۱۶ میلی‌گرم بر گرم (۹۱/۴۳ درصد) با دوز ۴ گرم در لیتر حاصل شد. در عین حال، افزایش بیشتر مقدار جاذب، افزایش معنی‌دار راندمان حذف رنگ را به دنبال نداشت. این مشاهدات نشان می‌دهد که با افزودن دوز معینی از جاذب، حداکثر جذب، حاصل شده و از این رو مقدار آلاینده ثابت باقی می‌ماند؛ همچنین زمانی که دوز جاذب افزایش می‌یابد، درصد حذف رنگ راکتیو آبی ۱۹ افزایش می‌یابد. نتایج مشابه توسط ردایی و همکاران در خصوص حذف رنگ راکتیو آبی ۱۹ از محلول‌های آبی با استفاده از فرآیند جذب گزارش شده است [۲۳].

همان‌طور که در نمودار ۳ نمایش داده شده است، جذب رنگ در طی ۶۰ دقیقه ابتدایی بسیار سریع بوده (۵۸/۵۷)



نمودار ۵: ایزوترم جذب لانگمویر برای جذب سطحی رنگ راکتیو آبی ۱۹ بر روی پودر پسماند گلاب‌گیری

### بحث و نتیجه‌گیری

این نکته در مطالعات قبلی به اثبات رسیده است که pH محلول می‌تواند بر بار سطحی جاذب، درجه یونیزاسیون آلاینده‌های مختلف، تفکیک گروه‌های کاربردی بر روی سایت‌های فعال جاذب و نیز ساختار مولکول رنگ اثرگذار باشد [۱۸]. در واقع pH محلول، شیمی محیط آبی و پیوندهای سطح جاذب را تحت تأثیر قرار می‌دهد؛ بنابراین pH محلول به‌عنوان یک پارامتر مهم در طی فرآیند جذب رنگ مطرح می‌باشد. جذب سطحی راکتیو آبی ۱۹ توسط جاذب مورد نظر، کاملاً متأثر از مقدار pH محلول است؛ به‌نحوی که حداکثر جذب معادل ۵/۱۶ میلی‌گرم بر گرم (۹۱/۴۳ درصد) برای pH: ۴ حاصل گردید. نتایج مشابه توسط سایر محققین گزارش شده است [۱۹]. در واقع تحت شرایط pH اسیدی، سایت‌های پیوندی جاذب با یون‌های هیدروژنی که به‌عنوان لیگاندهای رابط (پل ارتباطی) بین سطح جاذب و مولکول رنگ عمل می‌نمایند ارتباط نزدیکی برقرار می‌کنند [۲۰]. در این شرایط مقادیر pH پائین‌تر، شرایط مطلوبی برای حذف رنگ‌های راکتیو فراهم می‌نماید [۲۱]. بررسی‌های انجام‌شده توسط گلناز و همکاران در خصوص حذف رنگ راکتیو آبی ۱۹ با استفاده از *Potamogeton crispus* نیز بیانگر آن است که با کاهش pH از مقدار ۵ به ۱، راندمان حذف رنگ افزایش

ضریب همبستگی در مدل فروندلیچ، بالاتر از مدل لانگمویر بوده که بیانگر تناسب بهتر مدل جذب فروندلیچ، جهت توصیف تعادل جذب رنگ راکتیو آبی ۱۹ بر پودر پسماند گلاب گیری می‌باشد؛ درحالی‌که بررسی انجام شده توسط گلناز و همکاران در خصوص حذف رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ از محلول‌های آبی با استفاده از فرآیند جذب، بیانگر تطابق بهتر داده‌های جذب با ایزوترم جذب لانگمویر بود که با نتایج مطالعه حاضر همخوانی ندارد [۲۲].

تصفیه پساب‌های حاوی ترکیبات رنگی، به دلیل اثرات بهداشتی و زیبایی شناختی بر منابع آبی پذیرنده از اهمیت قابل ملاحظه‌ای برخوردار هستند. از یافته‌های مطالعه حاضر چنین نتیجه‌گیری می‌شود که پودر پسماند گلاب گیری می‌تواند به صورت مؤثر و کارآمد، جهت حذف رنگ راکتیو آبی ۱۹ از محلول‌های آبی مورد استفاده قرار گیرد. درصد حذف رنگ، تابع مقدار جاذب، غلظت اولیه رنگ، زمان تماس بین رنگ، جاذب و pH است؛ همچنین این جاذب قادر به حذف بیش از ۹۴ درصد رنگ راکتیو آبی ۱۹ از محلول‌هایی با غلظت اولیه رنگ راکتیو آبی ۱۹ می‌باشد؛ بنابراین با توجه به داده‌های حاصل از مطالعه حاضر، ایزوترم جذب فروندلیچ کارآیی بهتری در جذب رنگ راکتیو آبی ۱۹ بر پودر پسماند گلاب گیری است. حذف رنگ از محلول‌های آبی در غلظت‌های پائین رنگ، تحت تأثیر جذب بر سایت‌های سطحی جاذب جامد بوده و حال آنکه در غلظت‌های رنگ بالا، جذب در سطح و تبادل داخلی هر دو به وقوع می‌پیوندد.

### قدردانی

نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند از حمایت و همکاری کارشناسان محترم آزمایشگاه شیمی دانشکده بهداشت یزد جهت انجام این تحقیق تشکر و قدردانی نمایند.

درصد) و سپس سرعت جذب با گذشت زمان کاهش یافته و نهایتاً در زمان ۱۸۰ دقیقه به حالت تعادل رسیده است؛ همچنین حداکثر میزان حذف در زمان تماس ۱۸۰ دقیقه، برابر ۸۹/۳۸ درصد (۵/۰۴ میلی گرم بر گرم) حاصل شد. عموماً، در ابتدا نرخ حذف آلاینده (جذب‌شونده) سریع بوده؛ اما به تدریج با گذشت زمان کاهش یافته تا اینکه به حالت تعادل برسد. این پدیده ناشی از این حقیقت است که در ابتدا و در مراحل اولیه جذب، شمار زیادی از سایت‌های سطحی خالی، برای انجام جذب در دسترس بوده؛ اما با گذشت زمان، سایت‌های سطحی خالی باقی مانده در جذب آلاینده‌ها با مشکل مواجه می‌شوند که این امر می‌تواند به دلیل نیروهای بازدارنده بین مولکول‌های جذب‌شونده بر سطح جاذب جامد و توده مایع باشد. نتایج مشابه توسط اکسو و اکین و گلناز و همکاران گزارش شده است [۲۱، ۲۲].

غلظت اولیه رنگ، فراهم‌کننده یک نیروی محرکه قابل ملاحظه جهت غلبه بر کل مقاومت حاصل از انتقال جرم رنگ بین فازهای مایع و جامد است [۲۱]. نتایج مشابه در خصوص جذب رنگ متیلن بلو بر روی کربن فعال حاصل از زائدات کتان و خاکستر فرار، حاصل شده است. این افزایش در نسبت رنگ حذف شده، ممکن است مربوط به شیفت تعادل در طی فرآیند جذب باشد. روند مشابهی در خصوص این موضوع، پیرامون جذب رنگ قرمز کنگو از محلول آبی، توسط خاکستر فرار غنی از کلسیم و حذف رنگ راکتیو قرمز ۱۹۸ توسط جاذب‌های طبیعی مشاهده شده است [۲۲]. در واقع غلظت اولیه رنگ، فراهم‌کننده یک نیروی محرکه قوی و مهم جهت غلبه بر مقاومت انتقال جرم بین فازهای آبی و جامد است؛ به نحوی که افزایش غلظت‌های اولیه، سبب ترغیب ظرفیت جذب رنگ می‌شود. این نتایج با یافته‌های سایر محققین همخوانی دارد [۱۹].

بر اساس داده‌های مطالعه حاضر (نمودارهای ۵ و ۶) مقدار



## References

- Mishra AK, Arockiadoss T, Ramaprabhu S. Study of removal of azo dye by functionalized multi walled carbon nanotubes. *Chem Eng J* 2010; 162(3):1026-1034.
- Ozdemir O, Turan M, Turan AZ, Faki A, Engin AB. Feasibility analysis of color removal from textile dyeing wastewater in a fixed-bed column system by surfactant-modified zeolite (SMZ). *J Hazard Mater* 2009; 166(2-3):647-654.
- Pearce CI, Lloyd JR, Guthrie JT. The removal of colour from textile wastewater using whole bacterial cells: a review. *Dyes Pigm* 2003; 58(3):179-196.
- Gomez V, Larrechi MS, Callao MP. Kinetic and adsorption study of acid dye removal using activated carbon. *Chemosphere* 2007; 69(7):1151-1158.
- Amin NK. Removal of direct blue-106 dye from aqueous solution using new activated carbons developed from pomegranate peel: adsorption equilibrium and kinetics. *J Hazard Mater* 2009; 165(1-3):52-62.
- Lee JW, Choi SP, Thiruvengkatachari R, Shim WG, Moon H. Evaluation of the performance of adsorption and coagulation processes for the maximum removal of reactive dyes. *Dyes Pigm* 2006; 69(3):196-203.
- Santhy K, Selvapathy P. Removal of reactive dyes from wastewater by adsorption on coir pith activated carbon. *Bioresour Technol* 2006; 97(11):1329-1336.
- Qiu M, Qian C, Xu J, Wu J, Wang G. Studies on the adsorption of dyes into clinoptilolite. *Desalination* 2009; 243(1):286-292.
- Zazouli MA, Belarak D, Mahdavi Y. Application of modified red mud for adsorption of acid orange 7 (AO7) dye from aqueous solution: isotherms, kinetics studies. *J Health Res Commun* 2015; 1(2):1-11.
- Moussavi G, Mahmoudi M. Removal of azo and anthraquinone reactive dyes from industrial wastewaters using MgO nanoparticles. *J Hazard Mater* 2009; 168(2-3):806-812.
- Saeidi MO, Khalvati Fahlyani A. COD reduction in effluent from southern Pars gas refinery using electrocoagulation. *J Water Wastewater* 2009; 73:40-48.
- Miri M, Fallahzadeh RA, Ghaneian MT, Gholami M, Mahdavi Far R, Shahriyari AR. The efficiency of residues of rosa damasena powder in removing reactive red 198 Dye from synthetic textile effluent. *J Environ Health Eng* 2014; 1(4):271-280.
- Özcan A, Omeroğlu C, Erdoğan Y, Özcan AS. Modification of bentonite with a cationic surfactant: an adsorption study of textile dye Reactive Blue 19. *J Hazard Mater* 2007; 140(1-2):173-179.
- Ghaneian M, Jasemizad T, Sahlabadi F, Miri M, Mootab M. Survey the efficiency of barberry stem powder in removal of the reactive Blue 19 from textile industrial wastewater. *J Rafsanjan Univ Med Sci* 2014; 13(7):631-640.
- Kyzas GZ, Lazaridis NK, Mitropoulos AC. Removal of dyes from aqueous solutions with untreated coffee residues as potential low-cost adsorbents: equilibrium, reuse and thermodynamic approach. *Chem Eng J* 2012; 189:148-159.
- Freundlich HM. Over the adsorption in solution. *J Phys Chem* 1906; 57(385):e470.
- Langmuir I. The constitution and fundamental properties of solids and liquids. part I. solids. *J Am Chem Soc* 1916; 38(11):2221-2295.
- Ai L, Zhang C, Liao F, Wang Y, Li M, Meng L, et al. Removal of methylene blue from aqueous solution with magnetite loaded multi-wall carbon nanotube: kinetic, isotherm and mechanism analysis. *J Hazard Mater* 2011; 198:282-290.
- Anbia M, Hariri SA. Removal of methylene blue from aqueous solution using nanoporous SBA-3. *Desalination* 2010; 261(1):61-66.
- Aksu Z, Dönmez G. A comparative study on the biosorption characteristics of some yeasts for Remazol Blue reactive dye. *Chemosphere* 2003; 50(8):1075-1083.
- Aksu Z, Akın AB. Comparison of remazol black B biosorptive properties of live and treated activated sludge. *Chem Eng J* 2010; 165(1):184-193.
- Gulnaz O, Sahmurova A, Kama S. Removal of reactive red 198 from aqueous solution by potamogeton crispus. *Chem Eng J* 2011; 174(2):579-585.
- Radaei E, Alavi Moghaddam MR, Arami M. Removal of reactive blue 19 from aqueous solution by pomegranate residual-based activated carbon: optimization by response surface methodology. *J Environ Health Sci Eng* 2014; 12(1):65.