

# کاربرد پوسته تخم مرغ به عنوان جاذب طبیعی در حذف رنگ راکتیو قرمز ۱۲۳ از فاضلاب سنتتیک نساجی

دکتر محمد تقی قانعیان\*، دکتر قادر غنی زاده\*\*، مریم غلامی\*\*\*، فاطمه قادری نسب\*\*\*\*

\* استادیار گروه بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد، دانشکده بهداشت  
\*\* استادیار گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت و مرکز تحقیقات بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی بقیه ا... (عج)  
\*\*\* کارشناس بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد  
\*\*\*\* تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۸/۳/۱  
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۸۸/۸/۲۰

## چکیده

**زمینه و هدف:** رنگ یکی از مهمترین آلاینده های موجود در فاضلاب صنایع نساجی و رنگرزی است. این مطالعه با هدف بررسی امکان استفاده از پوسته تخم مرغ به عنوان یک جاذب در حذف رنگ راکتیو قرمز ۱۲۳ از فاضلاب سنتتیک انجام شد.

**مواد و روش کار:** این مطالعه یک پژوهش کاربردی است که به صورت تجربی و در مقیاس آزمایشگاهی در آزمایشگاه شیمی محیط دانشگاه علوم پزشکی بقیه ا... (عج) انجام گرفت. پوسته تخم مرغ به عنوان جاذب مورد نظر در شرایط آزمایشگاه (۲۵-۲۰°C) آماده سازی شد. جاذب با استفاده از آسیاب برقی خرد و با الک های استاندارد ASTM دانه بندی گردید. اندازه موثر (D<sub>۱۰</sub>) و D<sub>۶۰</sub> به ترتیب ۳ و ۵/۱ میلی متر و ضریب یکنواختی (UC) جاذب مورد استفاده ۱/۷ بود. مطالعه بر روی فاضلاب سنتتیک حاوی غلظت های رنگ ۲۵ و ۵۰ میلی گرم در لیتر انجام گرفت.

**یافته ها:** میزان جذب رنگ راکتیو قرمز ۱۲۳ بر روی پوسته تخم مرغ تابعی از جرم جاذب مورد استفاده بود و با افزایش جرم جاذب از ۱ گرم به ۵ گرم در ۱۰۰ میلی لیتر راندمان جذب رنگ از ۴۸ به ۸۰/۷ درصد افزایش یافت. بیشترین میزان جذب رنگ در ۶۰ دقیقه اول اتفاق افتاد. بررسی تاثیر درجه حرارت نشان داد که با افزایش دما تا ۴۵°C میزان جذب رنگ افزایش می یابد. تغییرات pH محیط از محدوده اسیدی به قلیایی (۵-۸) باعث افزایش راندمان جذب رنگ از ۳۰ به ۴۸ درصد شد. ایزوترم جذب رنگ مطالعه شده منطبق بر ایزوترم لانگمیر (R<sup>2</sup>=0.90) و حداکثر ظرفیت جاذب ۱/۲۶mg/g بود.

**نتیجه گیری:** با توجه به pH قلیایی و دمای بالای اغلب فاضلاب های نساجی و رنگرزی و کارآیی مطلوب پوسته تخم مرغ به عنوان جاذب در pH قلیایی و محدوده دمایی ۴۵°C می توان نتیجه گیری کرد که این جاذب طبیعی می تواند در تصفیه چنین فاضلاب هایی کاربرد داشته باشد.

(مجله طبیب شرق، دوره ۱۱، شماره ۴، زمستان ۱۳۸۸، ص ۲۵ تا ۳۴)

**کلیدواژه ها:** فاضلاب نساجی، پوسته تخم مرغ، رنگ راکتیو ۱۲۳، جاذب طبیعی

## مقدمه

انواع وات، راکتیو، دایرکت، اسیدی، دیسپرس و کاتیونی تقسیم می گردند.<sup>(۴)</sup> رنگ های راکتیو آزو بزرگترین دسته از رنگ های مصنوعی محلول در آب هستند که از نظر نوع و ساختار دارای بیشترین تنوع می باشند. این رنگ ها معمولاً به تجزیه بیولوژیکی هوازی مقاوم بوده و با فرآیند های تصفیه بیولوژیک متداول حذف نمی شوند.<sup>(۵)</sup>

صنایع نساجی و رنگرزی، یکی از بزرگترین صنایع مصرف کننده آب می باشند. میزان مصرف آب در این صنایع با توجه به نوع فرآیند تولید بین ۲۵-۲۵۰ مترمکعب به ازاء هر تن محصول است.<sup>(۱،۲)</sup> رنگ ها موادی با ساختار پیچیده هستند که طی مراحل مختلف نظیر رنگرزی و تکمیل در صنعت نساجی به محیط زیست وارد می شوند.<sup>(۳)</sup> رنگ ها براساس کاربردها به

درصد ترکیبات آلی، ۹۴ درصد کربنات کلسیم و ۲ درصد باقی مانده شامل فسفات کلسیم و کربنات منیزیم می باشد. (۲۳-۲۱)

بررسی های انجام شده در زمینه جذب کرم ۳ ظرفیتی بر روی ذرات خرد شده پوسته تخم مرغ نشان داد که این ماده در مقایسه با سایر جاذب ها دارای ظرفیت جذب بالایی است. هم چنین کاربرد پوسته تخم مرغ را به عنوان جاذب جهت حذف مس، سرب، نیکل و کادمیوم از محلول های آبی گزارش کرده اند. (۲۰) در مطالعه انجام شده توسط زهنگ و همکارانش از کربنات هیدروکسی آپاتیت سنتز شده از پوسته تخم مرغ به عنوان جاذب فلزات برای حذف کادمیوم و مس ۲ ظرفیتی از محلول های آبی استفاده شد. نتایج مطالعه نشان داد که این ترکیب به ترتیب دارای راندمان حذف ۹۴ و ۹۳/۱۷ درصد برای کادمیوم و مس می باشد. (۲۴) نتایج مطالعه مازنر و بنسمایی بر روی کاربرد پوسته تخم مرغ حاوی هیدروکسید آهن برای جذب فسفر نشان داد که پوسته تخم مرغ می تواند به عنوان جاذب برای حذف فسفر از فاضلاب استفاده گردد، به علاوه در این مطالعه در غلظت اولیه محلول فسفات ۲۷ میلی گرم در لیتر با افزایش درجه حرارت از ۲۰°C تا ۴۵، ظرفیت جذب افزایش یافت. (۲۵) رنگ راکتیو قرمز ۱۲۳ از نظر ساختار جزء رنگ های منو آزو است که در حال حاضر در صنایع نساجی داخل کشور کاربرد بسیار گسترده ای دارد. با توجه به حجم بالای تولید فاضلاب های رنگی در کشور و اثرات سوء آنها، توسعه راهکارهای علمی مناسب برای تصفیه چنین فاضلاب هایی ضروری است.

در این راستا مطالعه حاضر باهدف بررسی امکان کاربرد پوسته تخم مرغ در حذف رنگ راکتیو قرمز ۱۲۳ از فاضلاب سنتتیک انجام شد.

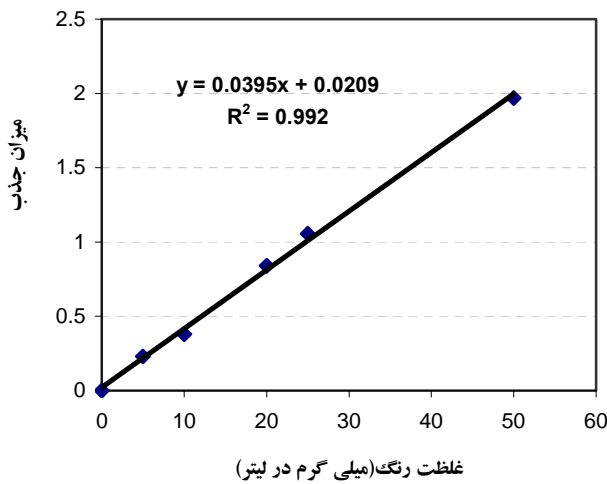
### روش کار

این مطالعه یک پژوهش کاربردی است که به صورت تجربی و در مقیاس آزمایشگاهی در آزمایشگاه شیمی محیط دانشگاه

تخلیه فاضلاب های رنگی حاصل از صنایع نساجی به آب های پذیرنده، منجر به بروز پدیده اتروفیکاسیون و تداخل در اکولوژی آب های پذیرنده می شود. (۸-۱۶) علاوه بر این مطالعات انجام شده نشان داده اند که رنگ ها دارای خاصیت سرطان زایی و جهش زایی بوده و برای محیط زیست زیان آور می باشند. (۹،۱۰) بر اساس مطالعات اپیدمیولوژیک استفاده از رنگ های با پایه بنزیدین باعث ایجاد سرطان مثانه در انسان می شود. (۱۱) به همین دلیل این فاضلاب ها به عنوان یکی از مهمترین عوامل تهدید کننده سلامت عمومی و محیط زیست در سراسر جهان مورد توجه هستند (۱۲) حضور آلاینده های رنگی حتی در مقادیر کمتر از ۱ میلی گرم در لیتر، از نظر ظاهری قابل رؤیت و مهم می باشند. (۱۳) بنابراین آلاینده های رنگی فاضلاب این صنایع قبل از تخلیه به محیط زیست باید به نحو مطلوبی تصفیه شوند. (۱۴)

طبق مطالعات متعدد جهت حذف رنگ از فاضلاب ها می توان از روش ها و فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیک و یا روش های تلفیقی استفاده نمود. به دلیل پایداری رنگ ها در مقابل تجزیه بیولوژیک، جهت حذف آنها اغلب از روش های فیزیکی و شیمیایی نظیر انعقاد - لخته سازی، جذب سطحی، اکسیداسیون و فرآیندهای غشایی استفاده می شود. (۱۵،۱۶) جذب سطحی یکی از روش های کارآمد در حذف رنگ از فاضلاب های نساجی است که در آن از جاذب های متعدد نظیر کربن فعال، الیاف خرما، خاک اره، سیوس جو، پوسته برنج و کیتوزان استفاده می گردد. (۱۷-۲۰) با توجه به هزینه بالای تهیه کربن فعال و مشکلات مرتبط با احیاء جاذب های اشباع شده، در سال های اخیر کاربرد جاذب های ارزان قیمت توسعه یافته است. پوسته تخم مرغ از جمله این مواد ارزان است که متشکل از کلسیم هیدروکسی آپاتیت بوده و به دلیل ساختار حفره ای می تواند به عنوان یک جاذب مناسب جهت حذف آلاینده های زیست محیطی مورد استفاده قرار گیرد. ساختار این ماده دارای ۴

آلمان و سایر مواد شیمیایی مورد استفاده در انجام آزمایشات محصول شرکت مرک بود. در این مطالعه نمونه های انتخاب شده جهت آنالیز رنگ و بررسی تاثیر سایر فاکتورهای مورد نظر در مطالعه به صورت تصادفی و با سه بار تکرار آزمون شده و نتایج ارائه شده بر اساس میانگین این تکرارها می باشد. جهت آنالیز داده ها از میانگین و انحراف معیار داده ها و آزمون همبستگی استفاده گردید. با توجه به ضریب همبستگی بالا میان غلظت رنگ و جذب، انحراف معیار در نمونه های مورد آزمون به دلیل پایین بودن مقادیر عددی مورد استفاده قرار نگرفته است.



شکل ۱- منحنی استاندارد رنگ راکتیو قرمز ۱۲۳ در طول موج ۵۰۶ نانومتر

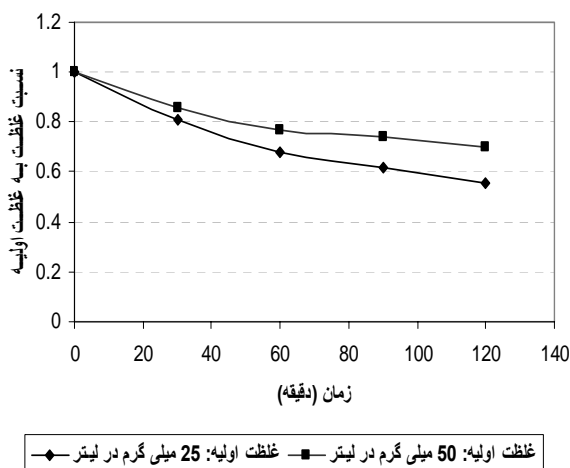
### یافته ها

در مطالعات جذب تعیین دوز مناسب جاذب یکی از مهمترین مسائلی است که باید مورد توجه قرار گیرد. جذب رنگ راکتیو قرمز ۱۲۳ بر روی پوسته تخم مرغ به عنوان تابعی از جرم جاذب در شکل ۲ ارائه شده است. در این مرحله غلظت اولیه رنگ ۲۵ میلی گرم در لیتر، جرم جاذب ۱ تا ۵ گرم، pH ۷، حجم محلول رنگی ۱۰۰ میلی لیتر و مدت زمان واکنش جذب ۲۴ ساعت بود. مطابق شکل ۲ با افزایش جرم جاذب حذف رنگ افزایش یافت، به طوری که برای جرم های جاذب ۲ و ۵ گرم، غلظت باقیمانده رنگ (راندمان حذف رنگ) به ترتیب ۱۲/۹۹ (۴۸ درصد) و

علوم پزشکی بقیه ... (عج) انجام گرفت. در این تحقیق از پوسته تخم مرغ به عنوان جاذب طبیعی استفاده گردید. برای آماده سازی جاذب ابتدا پوسته تخم مرغ با آب مقطر (دوبار تقطیر) شسته شده و در دمای آزمایشگاه (۲۵-۲۰ °C) خشک گردید. جهت خرد کردن پوسته های تخم مرغ از آسیاب برقی با تناوب های زمانی ۱۵ ثانیه و جهت دانه بندی اجزاء خرد شده از الکهای استاندارد ASTM استفاده شد.<sup>(۲۶)</sup> اندازه موثر (D<sub>۱۰</sub>)، اندازه الکی که ۶۰ درصد وزنی ذرات از آن عبور می کنند (D<sub>۶۰</sub>) به ترتیب ۳، ۵/۱ میلی متر و ضریب یکنواختی (UC) ۱/۷ بود. مطالعه به صورت منقطع (ارزن های حاوی ۱۰۰ میلی لیتر نمونه) بر روی فاضلاب سنتتیک حاوی غلظت های ۲۵ و ۵۰ میلی گرم در لیتر رنگ راکتیو قرمز ۱۲۳ انجام شد. در این مطالعه تأثیر جرم جاذب، pH، دما و زمان واکنش در راندمان حذف رنگ بررسی گردید. جهت اختلاط و تماس مناسب جاذب و رنگ از شیکر اریبتالی (مدل GFL 3017) با سرعت ۸۰ دور در دقیقه استفاده گردید. جداسازی ذرات جاذب از محلول فاضلاب سنتتیک با استفاده از سانتریفوژ (مدل Eppendorf 5810 R) با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه و زمان ۱۰ دقیقه انجام شد.

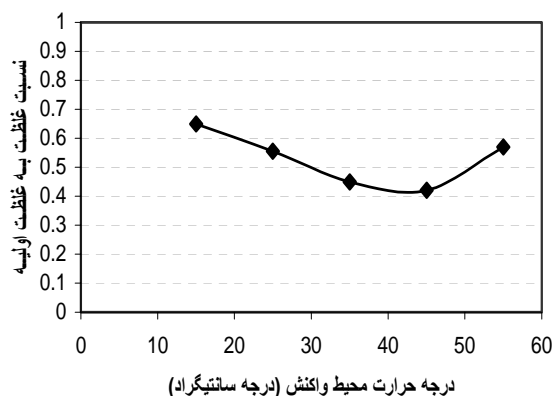
با توجه به طول موج حداکثر جذب برای رنگ مورد مطالعه ( $\lambda_{max} = 506 \text{ nm}$ )، در این تحقیق سنجش غلظت رنگ با استفاده از منحنی استاندارد تهیه شده با غلظتهای ۵، ۱۰، ۲۰، ۲۵ و ۵۰ میلی گرم در لیتر و با استفاده از اسپکتروفوتومتر UV/Visible (مدل Unico 2100) در طول موج ۵۰۶nm با استفاده از سل های ۱cm انجام شد (شکل ۱). با توجه به معادله بهترین خط برازش به دست آمده و ضریب همبستگی مناسب ( $R^2 = 0.992$ ) در سایر مراحل تحقیق، برای تعیین غلظت های مجهول رنگ در فاضلاب مصنوعی خام و فاضلاب تصفیه شده از این رابطه استفاده گردید.<sup>(۲۷،۲۸)</sup> رنگ راکتیو قرمز ۱۲۳ مورد استفاده در این تحقیق محصول شرکت دای استار (Dye Star)

### 1- Uniformity Coefficient



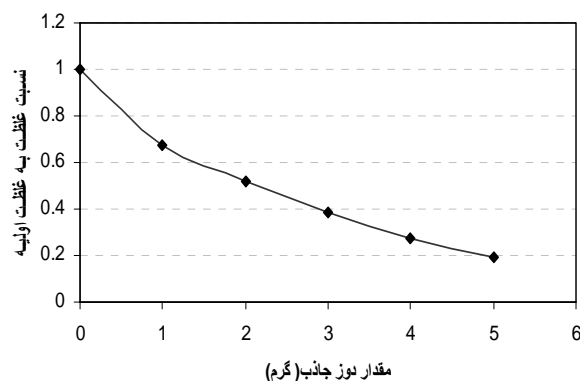
شکل ۳- تأثیر زمان واکنش بر جذب رنگ

در این مطالعه جهت بررسی تاثیر دما بر کارایی جذب رنگ توسط پوسته تخم مرغ، از ۵ گرم جاذب در زمان تماس ۲ ساعت و محدوده دمایی  $15-55^{\circ}\text{C}$  استفاده شد. نتایج نشان داد که واکنش جذب رنگ مورد مطالعه در محدوده دمایی  $45-55^{\circ}\text{C}$  ۱۵ گرماگیری می باشد که تحت این شرایط با افزایش دما راندمان حذف بهبود یافت. از طرفی با افزایش دمای محیط واکنش از  $45-55^{\circ}\text{C}$  راندمان جذب کاهش یافت (شکل ۴) که نشان می دهد احتمالاً در دماهای بالاتر ساختار آلایندگی مورد نظر یا خصوصیات سطحی جاذب مورد استفاده تغییر کرده و منجر به کاهش راندمان جذب می شود.



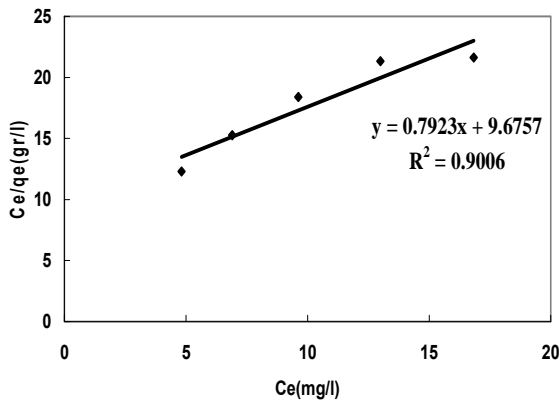
شکل ۴- تأثیر درجه حرارت بر جذب رنگ (راکتیو قرمز ۱۳۳)

۴/۸۲ (۸۰/۷ درصد) به دست آمد. این پدیده با افزایش سطح قابل دسترس برای جذب آلایندگی مرتبط می باشد.



شکل ۵- تأثیر دوز جاذب در حذف رنگ راکتیو قرمز ۱۳۳

با توجه به اینکه تعیین زمان مناسب تعادل آزمایش جذب یا اشباع جاذب یک پارامتر مهم در طراحی ستون‌های جذب می باشد، در این مطالعه جهت تعیین تاثیر این عامل در جذب رنگ راکتیو قرمز ۱۳۳ از غلظت‌های ۲۵ و ۵۰ میلی گرم در لیتر رنگ و جرم جاذب ۵ گرم استفاده شد. جهت تعیین زمان مناسب جذب نمونه برداری و تعیین راندمان جذب با تناوب‌های زمانی ۳۰ دقیقه در زمان‌های ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ دقیقه انجام شد. (شکل ۳) نتایج نشان داد هرچند با افزایش زمان تماس راندمان جذب رنگ افزایش می یابد اما بیشترین میزان جذب در طی ۶۰ دقیقه اول اتفاق می افتد. این نتایج نیز نشان می دهد که در مراحل جذب این رنگ پخش در لایه نازک که اولین مرحله جذب است سریع تر اتفاق می افتد اما نفوذ در خلل و فرج که منجر به افزایش جذب بیشتر در سطوح داخلی جاذب می گردد با تاخیر اتفاق می افتد که در مورد این جاذب و آلایندگی مورد نظر تاخیر در حدود ۶۰ دقیقه بود. مطابق شکل ۳، راندمان حذف رنگ طی زمان ۱ و ۲ ساعت برای محلول رنگ با غلظت ۲۵ میلی گرم در لیتر به ترتیب ۴۴/۵ و ۳۲ درصد و برای محلول رنگ ۵۰ میلی گرم در لیتر، به ترتیب ۲۳ و ۲۹/۸ درصد بود. واکنش‌های فرآیند جذب آلایندگی‌ها همانند سایر واکنش‌های شیمیایی ممکن است حالت گرمازا یا گرماگیر داشته باشد.



شکل ۴- منحنی ایزوترم جذب لانگمیر

در بررسی فرآیند جذب آلاینده ها به منظور بررسی وضعیت مکانیسم جذب معمولاً از پارامتر بدون بعد یا ضریب جداسازی  $R_L$  استفاده می گردد. در صورتی که این مقدار از یک کمتر باشد نشان می دهد که فرآیند جذب با توجه به شرایط حاکم در مطالعه به طور مناسب انجام شده است و اگر بزرگتر از یک باشد نشان می دهد که فرآیند جذب آلاینده بر روی جاذب مورد نظر مناسب نیست. میزان پارامتر بدون بعد  $R_L$  در این مطالعه ۰/۳۳ بوده که بیانگر جذب مناسب رنگ راکتیو قرمز ۱۲۳ بر روی پوسته تخم مرغ است.<sup>(۲۹)</sup>

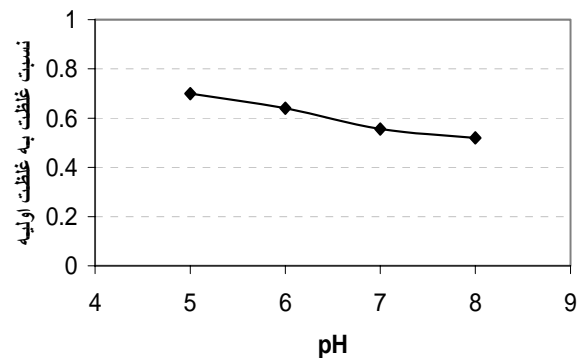
جدول ۱- مشخصات ایزوترم جذب لانگمیر

پارامتر	واحد	مقدار
حداکثر ظرفیت جذب	mg/g	۱/۲۶
ثابت لانگمیر	L/mg	۰/۰۸۲
ضریب جداسازی	---	۰/۳۳
ضریب همبستگی	----	۰/۹

### بحث

بر اساس یافته های این مطالعه جذب رنگ راکتیو قرمز ۱۲۳ از ایزوترم جذب لانگمیر ( $R^2 = ۰/۹$ ) تبعیت می کند که در آن با افزایش جرم جاذب از ۲ به ۵ گرم در حجم ۱۰۰ میلی لیتر از مایع رنگی راندمان حذف رنگ از ۴۸ درصد به ۸۰/۷ درصد افزایش می یابد. بررسی تاثیر غلظت اولیه رنگ و زمان تماس در

با توجه به نتایج، راندمان حذف رنگ در دمای  $35^\circ\text{C}$ ،  $45^\circ\text{C}$  و  $55^\circ\text{C}$  به ترتیب ۵۵، ۵۸ و ۴۳ درصد به دست آمد. محیط واکنش از مهمترین فاکتورهای موثر بر یونیزاسیون آلاینده ها و بار سطحی جاذب هاست. جهت بررسی تاثیر این عامل با استفاده از ۵ گرم جاذب، غلظت رنگ ۲۵ میلی گرم در لیتر و زمان تماس ۲ ساعت، pH محیط در محدوده ۵-۸ تغییر داده شد (شکل ۵). نتایج نشان داد با افزایش pH از ۵ تا ۸ و قلیایی شدن سیستم راندمان جذب رنگ از ۳۰ درصد به ۴۸ درصد افزایش می یابد که این افزایش احتمالاً به تغییرات بار الکتریکی سطح جاذب که تابعی از pH محیط است مرتبط می باشد و به نظر می رسد تغییرات pH از طریق تاثیر بر  $\text{pH}_{zpc}$  سطح جاذب کارایی جذب رنگ را تحت تاثیر قرار داده است.



شکل ۵- تأثیر pH بر جذب رنگ راکتیو قرمز ۱۲۳

در این مطالعه آنالیز داده های جذب نشان داد که ایزوترم جذب رنگ راکتیو قرمز ۱۲۳ در شرایط آزمایشگاهی بر اساس معادله ۱ از مدل جذب لانگمیر تبعیت می کند (شکل ۶) که مشخصات ایزوترم آن در جدول شماره ۱ نشان داده شده است.

معادله (۱)

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_{\max} \times b} + \frac{C_e}{q_{\max}}$$

### 2- pH of Zero Point Charge

میزان جذب آلاینده مورد نظر نشان داد که حداکثر جذب رنگ مورد مطالعه در ۶۰ دقیقه اول زمان تماس اتفاق می افتد و میزان جذب رنگ با افزایش غلظت اولیه رنگ از ۲۵ میلی گرم در لیتر به ۵۰ میلی گرم در لیتر کاهش می یابد. تاثیر دما و pH در جذب این رنگ نشان داد که با افزایش pH در محدوده ۸-۵ و درجه حرارت محیط در محدوده ۴۵-۱۵°C راندمان حذف بهبودی یابد. چنین نتایجی توسط سایر محققین نیز گزارش شده است. زهنگ و همکارانش جذب مس (II) و کادمیوم (II) را بر روی هیدروکسی آپاتیت استخراج شده از پوسته تخم مرغ بررسی کرده و گزارش کردند که با افزایش نسبت جرم جاذب به حجم مایع از نسبت ۱:۱ به نسبت ۵:۱ در حجم ۲۰۰ میلی لیتر از محلول حاوی آلاینده های فوق میزان جذب مس و کادمیوم از ۷۵ درصد به ۹۷ درصد افزایش می یابد. این محققین علت چنین پدیده ای را افزایش سطح فعال یا سطح در دسترس برای جذب عنوان کردند که با یافته های پژوهش حاضر مطابقت دارد. (۲۴) با توجه به خصوصیات پوسته تخم مرغ و تاثیر افزایش دوز جاذب در افزایش میزان جذب آلاینده می توان چنین گفت که رنگ مورد مطالعه دارای ملکول های بزرگی است که اغلب در سطوح بیرونی جاذب که دارای خلل و فرج بزرگی است جذب می گردد یا پدیده نفوذ در خلل و فرج ریز جاذب عامل محدود کننده جذب آلاینده می باشد که جهت تعیین دقیق تر عامل موثر در جذب بایستی کیتیک جذب آلاینده مورد نظر بر روی پوسته تخم مرغ مورد بررسی قرار گیرد. چنین نتایجی توسط Zhang و همکارانش نیز در سال ۲۰۰۷ گزارش شده است. (۲۴)

نتایج مطالعه تسای و همکارانش در زمینه جذب رنگ کاتیونی بازی آبی ۹ و آنیونی اسیدی نارنجی ۵۱ از محلول های آبی بر روی پوسته تخم مرغ نشان داد که با افزایش دما از ۱۵ تا ۴۵°C ظرفیت جذب رنگ اسیدی نارنجی به طور قابل توجهی افزایش می یابد. نتایج مطالعه انجام شده توسط مازنر و بنسمایی در رابطه با جذب فسفر بر روی پوسته تخم مرغ حاوی هیدروکسید آهن نیز نشان داد که با افزایش دمای محلول از ۲۰

تا ۴۵°C، ظرفیت جذب افزایش می یابد که با نتایج حاصل از مطالعه حاضر مطابقت دارد و نشان می دهد که جذب این آلاینده ها نیز بر روی پوسته تخم مرغ یک واکنش گرماگیر است. (۲۰،۲۵) با این حال نتایج بررسی دیگری که توسط مازنر و بنسمایی در زمینه جذب آهن ۳ ظرفیتی بر روی پوسته تخم مرغ انجام شد، نشان داد که با افزایش دما از ۲۰ تا ۵۰°C، ظرفیت جذب کاهش می یابد. (۳۰)

در مطالعه ای که توسط اونگ و همکارانش انجام شد از سیوس برنج اصلاح شده با اتیلن دی آمین به عنوان جاذب جهت حذف رنگ بازی آبی ۳ و راکتیو نارنجی ۱۶ استفاده شد. بر اساس نتایج این تحقیق با افزایش pH راندمان حذف رنگ بازی آبی ۳ افزایش و راندمان حذف رنگ راکتیو نارنجی ۱۶، کاهش یافت که این نتایج با تغییرات ماهیت آلاینده و جاذب در شرایط مختلف pH مرتبط است. (۱۹) نتایج مطالعه حاضر نیز نشان داد که با افزایش pH از ۵ تا ۸، راندمان حذف رنگ افزایش می یابد. مطالعه انجام شده توسط زهنگ و همکارانش که از کربنات هیدروکسی آپاتیت سنتز شده از پوسته تخم مرغ به عنوان جاذب جهت حذف کادمیوم و مس از محلول های آبی استفاده کردند، نشان داد که با افزایش pH از محدوده ۶-۲ راندمان حذف این فلزات افزایش یافته ولی در مقادیر pH بالاتر از ۶، راندمان جذب کاهش می یابد. pH یکی از پارامترهای مهم کیفی فاضلاب است که می تواند از طریق اثر بر درجه یونیزاسیون و ویژگی سطح جاذب، بر ظرفیت جذب تأثیر بگذارد. (۲۴)

مقایسه نتایج این مطالعه با یافته های سایر محققین در خصوص تاثیر غلظت اولیه آلاینده و زمان تماس جذب نتایج مشابهی را نشان می دهد. به عنوان مثال Yeddou Mezenner و Bensmaili در سال ۲۰۰۹ جذب فسفر را بر روی پوسته تخم مرغ آغشته به آهن بررسی و گزارش کردند که با افزایش غلظت اولیه آلاینده و افزایش زمان تماس میزان جذب و سرعت جذب کاهش می یابد. (۲۵) در این مطالعه بیشترین میزان جذب در زمان ۶۰ دقیقه اول اتفاق افتاد و در زمان های تماس بیشتر،

در ایزوترم جذب لانگمیر کمتر از ۱ بود. این شرایط وضعیت مناسب جذب آلاینده بر روی جاذب را نشان می‌دهد<sup>(۲۹)</sup> و موید این فرضیه است که پوسته تخم مرغ می‌تواند به عنوان یک جاذب در جذب رنگ راکتیو قرمز ۱۲۳ مورد استفاده قرار گیرد که ظرفیت جذب آن به پارامترهایی نظیر pH، جرم جاذب، غلظت رنگ و درجه حرارت فاضلاب وابسته است.

بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق و با توجه به اینکه pH اغلب فاضلاب‌های نساجی و رنگرزی در محدوده قلیایی است عملکرد خوب و حذف مناسب رنگ در محیط‌های قلیایی از طریق چنین جاذب‌هایی (پوسته تخم مرغ) می‌تواند کارآیی استفاده از این جاذب‌ها را در تصفیه فاضلاب‌های رنگی مطرح نماید. بر این اساس و با توجه به پتانسیل دسترسی به انواع جاذب‌های طبیعی لازم است عملکرد جاذب‌های دیگر نیز در حذف آلاینده‌های مختلف نظیر رنگ، فلزات سنگین مورد بررسی قرار گیرد. به علاوه هزینه بالای جاذب‌های سنتتیک و در برخی موارد عدم دسترسی به آنها اهمیت توجه به توسعه کاربرد چنین جاذب‌هایی را مورد تأکید قرار می‌دهد. شاید یکی از مهم‌ترین مشکلاتی که در استفاده از این جاذب مطرح است عدم دسترسی به مقادیر زیاد و قابل استفاده در مقیاس بزرگ باشد.

### سپاسگزاری

نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند از زحمات و همکاری‌های پرسنل محترم آزمایشگاه شیمی محیط دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی بقیه ا... (عج) صمیمانه تشکر نمایند.

این میزان جذب کمتر بود. این تغییرات در میزان جذب در زمان‌های مختلف احتمالاً به این دلیل است که در زمان‌های تماس اولیه (در این مطالعه ۶۰ دقیقه اولیه) اغلب نقاط موجود در سطح جاذب خالی است و تغییرات غلظت آلاینده در فاز مایع بیشتر بوده با گذشت زمان تعداد نقاط خالی موجود در سطح جاذب کمتر شده منجر به کاهش سرعت تغییر غلظت آلاینده در فاز مایع و کاهش سرعت جذب می‌گردد. از طرفی با گذشت زمان به دلیل افزایش نیروی دافعه موجود بین ملکول‌های آلاینده جذب شده در سطح جاذب، جذب آلاینده در نقاط خالی موجود در سطح جاذب با سرعت کمتری انجام می‌گیرد که این امر منجر به طولانی شدن زمان جذب یا کاهش میزان جذب در واحد زمان می‌شود.<sup>(۲۵)</sup>

نتیجه مطالعات Yeddou Mezenner و Bensmaili در سال ۲۰۰۹ نشان داد که با افزایش غلظت اولیه فسفر از ۲/۸ به ۱۱۰ میلی گرم در لیتر راندمان حذف از ۹۵ درصد به ۶۴ درصد کاهش می‌یابد. این محققین کاهش جذب در غلظت‌های اولیه بالاتر را به افزایش نسبت تعداد مولکول‌های آلاینده به سطح در دسترس نسبت دادند که با یافته‌های این مطالعه مطابقت دارد. با توجه به اینکه در این مطالعه از یک دوز ثابت از جاذب استفاده شده (۲/۵ گرم) غلظت رنگ از ۲۵ به ۵۰ میلی گرم در لیتر افزایش یافت. بنابراین می‌توان گفت در این شرایط نیز نسبت تعداد مول‌های آلاینده به سطح در دسترس جاذب موجود در سیستم افزایش یافته که نتیجه آن کاهش راندمان جذب می‌باشد. چنین نتایجی در مورد جذب فسفات توسط خاکستر فعال نیز گزارش و تایید شده است. در این مطالعه نسبت بدون بعد  $R_L$

## References

1. Neppolian B, Choi HC, Sakthivel S, et al. Solar light induced and TiO<sub>2</sub> assisted degradation of textile dye reactive blue 4. *Chemosphere* 2002; 46: 1173-1181.
2. Lucas MS, Peres JA. Decolorization of the azo dye Reactive Black 5 by Fenton and photo-Fenton oxidation. *Dyes Pigm* 2006; 3: 236-244.

3. Al-Momani F, Touraud E, Degorce-Dumas JR, et al. Biodegradability enhancement of textile dyes and textile wastewater by VUV photolysis. *J Photochem Photobiol* 2002; 153: 191-197.
4. Xu XR, Li HB, Wang WH and Gu JD. Degradation of dyes in aqueous solutions by the Fenton process. *Chemosphere* 2004; 57: 595-600.
5. Akhtar S, Khan AA, Husain Q. Potential of immobilized bitter gourd (*Momordica charantia*) peroxidases in the decolorization and removal of textile dyes from polluted wastewater and dyeing effluent. *Chemosphere* 2005; 60: 291-301.
6. Arslan İ, Balcioglu IA, Bahnemann DW. Advanced chemical oxidation of reactive dyes in simulated dyehouse eluents by ferrioxalate-Fenton/UV-A and TiO<sub>2</sub>/UV-A processes. *Dyes Pigm* 2000; 47: 207-218.
7. Pearce CI, Lloyd JR, Guthrie JT. The removal of color from textile wastewater using whole bacterial cells: a review. *Dyes Pigm* 2003; 58: 179-196.
8. Sauer T, Cesconeto Neto G, José HJ and Moreira RFPM. Kinetics of photocatalytic degradation of reactive dyes in a TiO<sub>2</sub> slurry reactor. *J Photochem Photobiol* 2002; 149: 147-154.
9. Ghoreishi SM, Haghghi R. Chemical catalytic reaction and biological oxidation for treatment of non-biodegradable textile effluent. *Chem Eng J* 2003; 95: 163-169.
10. Kim SY, An JY, Kim BW. The effects of reductant and carbon source on the microbial decolorization of azo dyes in an anaerobic sludge process. *Dyes Pigm* 2006; 1-8.
11. Golka K, Kopps S, Myslak ZW. Carcinogenicity of azo colorants: influence of solubility and bioavailability. *Toxicol Lett* 2004; 151: 203-210.
12. Daneshvar N, Salari D, Khataee AR. Photocatalytic degradation of azo dye acid red 14 in water: investigation of the effect of operational parameters. *J Photochem Photobiol* 2003; 157: 111-116.
13. Nilsson I, Möller A, Mattiasson B, et al. Decolorization of synthetic and real textile wastewater by the use of white-rot fungi. *Enzyme Microb Technol* 2006; 38: 94-100.
14. Mohorčič M, Teodorovič S, Golob V and Friedrich J. Fungal and enzymatic decolourisation of artificial textile dye baths. *Chemosphere* 2006; 63: 1709-1717.
15. Tang C, Chen V. The photo catalytic degradation of reactive black 5 using TiO<sub>2</sub>/UV in an annular photo reactor. *Wat Res* 2004; 38: 2775-2781.
16. López C, Valade AG, Combourieu B, et al. Mechanism of enzymatic degradation of the determined by ex situ H nuclear magnetic resonance and electrospray ionization-ion trap mass specyrometry. *Anal Biochem* 2004 ; 335: 135-149.
17. Benkli YE, Can MF, Turan M. Modification of organo-zeolite surface for the removal of reactive azo dyes in fixed-bed reactor. *Wat Res* 2005; 39: 487-493.
18. RameshBabu B, Parande AK, Raghu S and Premkumar T. Textile technology cotton textile processing: waste generation and effluent treatment. *J Cotton Sci* 2007; 11: 141-153.



19. Ong ST, Lee CK, Zainal Z. Removal of basic and reactive dyes using ethylenediamine modified rice hull. *Bioresor Technol* 2007; 98: 2792-2799.
20. Tsai WT, Hsien KJ, Hsu HC, et al. Utilization of ground eggshell waste as an adsorbent for the removal of dyes from aqueous solution. *Bioresor Technol* 2008; 99: 1623-1629.
21. Dong Q, Su H, Zhang D, et al. Synthesis of hierarchical mesoporous titania with interwoven networks by eggshell membrane directed sol-gel technique. *Microporous Mesoporous Mater* 2007; 98: 344-351.
22. Abdel-Salam ZA, Abdou AM, Harith MA. Elemental and ultrastructural analysis of the eggshell: Ca, Mg and Na distribution during embryonic development via LIBS and SEM Techniques. *Int J Poultry Sci* 2006; 1: 35-42.
23. Tsai WT, Yang JM, Lai CW, et al. Characterization and adsorption properties of eggshells and eggshells membrane. *Bioresor Technol* 2006; 97: 488-493.
24. Zheng W, Li XM, Yang Q, et al. Adsorption of Cd (II) and Cu (II) from aqueous solution by carbonate hydroxylapatite derived from eggshell waste. *J Hazard Mater* 2007; 147: 534-539.
25. Yeddou Mezenner N, Bensmaili A. Kinetics and thermodynamic study of phosphate adsorption on iron hydroxide-eggshell waste. *Chem Eng J* 2009; 2-3: 87-96.
26. ASTM. Test Method for Particle Size Distribution of Granular Activated Carbon. D2862-97R04. Book of Standards. 26<sup>th</sup> ed. Washington D.C: ASS; 2007. p.396-405.
27. Çiçek F, Özer D, Özer A, et al. Low cost removal of reactive dyes using wheat bran. *J Hazard Mater* 2007; 1-2: 408-416.
28. Yang CL, McGarrah J. Electrochemical coagulation for textile effluent decolorization. *J Hazard Mater* 2005; B127: 40-47.
29. Rezaee A, Ghanizadeh G, Behzadiyannejad G, et al. Adsorption of endotoxin from aqueous solution using bone char. *Bull Environ Contam Toxicol* 2009; 6:732-7.
30. Yeddou N, Bensmaili A. Equilibrium and kinetic modeling of iron adsorption by eggshells in a batch system: effect of temperature. *Desalination* 2006; 206: 127-134.

# *Application of Eggshell as a Natural Sorbent for the Removal of Reactive Red 123 Dye from Synthetic Textile Wastewater*

Ghaneian Mohammad Taghi, PhD \*; Ghanizadeh Ghader, PhD\*\*;  
Gholami Maryam, BSc\*\*\*; Ghaderinasab Fatemeh, BSc\*\*\*

Received: 22/May/2009

Accepted: 11/Nov/2009

**Background:** *Dye is one of the most important pollutants in textile industrial wastewater. The scope of this study was to evaluate the feasibility application of eggshell as a sorbent for the removal of reactive red 123 dyes from synthetic wastewater.*

**Materials and Methods:** *This study is an applied- experimental research which was performed in laboratory scale and in environmental chemistry laboratory of Baqiyatallah (a.s) university of medical sciences. Eggshell as a sorbent was prepared in laboratory condition (20-25°C) and pulverized by standard ASTM sieves. The effective size ( $D_{10}$ ) and  $D_{60}$  were 3 and 5.1mm, respectively and uniformity coefficient (UC) was 1.7. The concentrations of dye in wastewater were 25 and 50 mg/l.*

**Results:** *In this study increasing of adsorbent dose from 1 to 5 g/100ml led to increase of the adsorption efficiency from 48 to 80.7 %. The maximum adsorption took place in first 60min of reaction. With increasing the temperature up to 45°C the pollutant adsorption was increased and increasing of pH from 5 to 8 led to increase of process efficiency from 30 to 48%. Also absorption characteristics of this pollutant on eggshell accommodated with Langmuir isotherm.*

**Conclusion:** *Eggshell can be used as a natural adsorbent in water and wastewater treatment. This adsorbent is an appropriate media for the treatment of textile wastewater that usually have alkaline condition and high temperature.*

**KEYWORDS:** *Textile wastewater, Eggshell, Natural sorbent, Reactive dye 123*

\*Assistant Prof, Dept of Environmental Health, Faculty of Public Health, Yazd University of Medical Sciences, Yazd, Iran.

\*\*Assistant Prof, Dept of Environmental Health, Faculty of Public Health and Health Research Center, Baqiyatallah (a.s) University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

\*\*\* BSc in Environmental Health, Faculty of Public Health, Yazd University of Medical Sciences, Yazd, Iran.