

کارایی پوست گردوی فرآوری شده (پودری و گرانوله) در حذف رنگ راکتیو

قرمز ۲ از محلول های آبی

فاطمه اسدی^۱

عبداله درگاهی^۲

علی الماسی^{۳*}

alialmasi@yahoo.com

چیمین علی کرمی^۴

احمد محمدی^۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۲/۲۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۲/۰۱

چکیده

زمینه و هدف: رنگ راکتیو قرمز ۲ کاربرد های گوناگونی در صنایع نساجی دارد که سبب تولید محصولات جانبی که سمی هستند می شود. هدف از انجام این مطالعه بررسی کارایی پوست گردو در حذف رنگ راکتیو قرمز ۲ از پساب سنتتیک می باشد. **روش بررسی:** این پژوهش تجربی می باشد. گرانول و پودر پوست گردو به عنوان جاذب در شرایط آزمایشگاه تهیه شد. پوست گردو در دو حالت گرانول و پودر با غلظتهای متفاوت و رنگ راکتیو قرمز ۲ در ۳ غلظت مختلف مورد آزمایش قرار گرفت. **یافته ها:** میزان جذب رنگ راکتیو قرمز ۲ تابعی از میزان جاذب و زمان تماس بود. با افزایش میزان جاذب از ۰.۵ تا ۲ گرم در ۱۰۰ میلی لیتر، میزان جذب از حدود ۵۰٪ تا ۹۶٪ افزایش داشت. بیشترین میزان جذب در ۱۰ دقیقه اول اتفاق افتاد. ایزوترم جذب رنگ مطابق با مدل ایزوترم لانگمیر بود ($RL = 0.99$).

نتیجه گیری: نتایج نشان داد که میزان جذب توسط نوع پودر بهتر از نوع گرانول آن می باشد. با توجه به اسیدی بودن پاره ای از رنگ ها و دمای بالای اکثر پساب های صنعتی، پوست گردو می تواند به عنوان جاذب در چنین فاضلاب هایی کاربرد داشته باشد.

واژه های کلیدی: رنگ راکتیو قرمز ۲، پوست گردو، جاذب طبیعی، محلول آبی.

- ۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران.
- ۲- دانشجوی دکتری گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران.
- ۳- (مسئول مکاتبات): استاد گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران.
- ۴- دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران.
- ۵- کارشناسی گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران.

Efficiency of the processed walnut shell in removal of red reactive 2 dye from aqueous solutions

Fatemeh Asadi¹

Abdollah Dargahi²

Ali Almasi^{3*}

alialmasi@yahoo.com

Chiman Ali Karami⁴

Ahmad Mohamadi⁵

Abstract

Background and Objective: Red reactive 2 dyes are colors which have many uses in textial industries the aim of this study is to eualuvate the efficiency of the processed walnut shell in the removal of red reactive 2 dye from aqueous solutions.

Method: This study is an experimental type. Powder and granule walnut shell and red reactive 2 dyes have been used in different concentrations.

Findings: The adsorption rate was affected by adsorbent rate and expose time. By increase of adsorbent rate from 0.5 to 2 g in 100ml, the adsorption rate increased from 50% to 96%. The maximum adsorption rate occurred in the first 10 min. Dye adsorption rate was adopted according to Langmuir isotherm adsorption.

Conclusion: The comparisons indicate that the adsorption rate is much better in powder type than in granule type. Considering the acidic characterization of some dyes and high temperature of most of the industrial effluents, it is concluded that walnut shell can be used as dye sorbent in such wastewater.

Keywords: Reactive Red 2 dye, Walnut shell, Natural sorbent, Aqueous solutions.

1-MSc Graduted Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Kermanshah University of Medical Sciences, Kermanshah, Iran

2- Phd student Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

3- Professor Department of Environmental Health Engineering, Health School, Social Development and Health Promotion Research Center, Kermanshah university of Medical Sciences, Kermanshah, Iran. * (Corresponding Author)

4- MSc Graduted Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Kermanshah University of Medical Sciences, Kermanshah, Iran

5 - BS Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Kermanshah University of Medical Sciences, Kermanshah, Iran

مقدمه

امروزه توسعه صنعت به صورت ضرورتی اجتناب ناپذیر مورد توجه جامعه علمی و اجرایی کشورها می باشد. از این جهت صنعت مرتبط با بکارگیری مواد شیمیایی موجد رنگ سهم قابل توجهی در صنایع دارد. از سال ۱۸۵۶ که اولین رنگ سنتتیک با نام تجاری ماوین ساخته شد، تا کنون بیش از ۱۰۰۰۰۰ نوع رنگ سنتتیک ساخته شده است که در صنایع مختلفی همچون کاغذ سازی، مواد غذایی، آرایشی و بهداشتی، چرم سازی و نساجی کاربرد دارد (۱، ۲). بر اساس نظریه Shore، رنگها در ۲۵ طبقه، طبق نوع ترکیب شیمیایی آن قرار می گیرند، رنگهای آزو بزرگترین طبقه را تشکیل می دهند. بر اساس تعداد گروه های آزو به چهار طبقه تقسیم می شوند (۳). ترکیبات رنگی آزو مولکولهایی با یک یا چند پیوند آزیک (-N=N-) هستند، که ساختارهای حلقوی را به یکدیگر متصل می کنند و وزن مولکولی بالایی دارند. این رنگها در صنایع چرم، پلاستیک، غذا و نساجی کاربرد دارند از جمله این رنگها می توان رنگ راکتیو قرمز ۲ را نام برد (۴). مصرف رنگ در صنعت نساجی بیشتر از سایر صنایع می باشد و بدلیل عدم کارایی در فرایندهای رنگرزی، ۱۵-۱۰ درصد رنگ به کار رفته در صنعت وارد فاضلاب می شود (۵). در اثر ورود این پسابها به آبهای پذیرنده در محیط، از نفوذ نور خورشید به عمق آبهای سطحی کاسته و باعث اختلال در عمل فتوسنتز گیاهان آبی و افزایش COD آبهای پذیرنده می گردد (۶-۸). علاوه بر افزایش بار آلی و کاهش کیفیت آبها، باعث کاهش حلالیت اکسیژن در آب می شود و نیز سمیت خود رنگ و ترکیبات حاصل از شکستن آن نیز از مخاطرات مهم محیط زیست محسوب می-گردد (۹).

در راستای حذف مواد رنگی از پسابهای صنعتی روشهای بیولوژیکی، فیزیکی و شیمیایی بکار برده شده است، مانند انعقاد شیمیایی، اسمز معکوس، اکسیداسیون فتوشیمیایی، الکتروشیمیایی و ... (۱۰، ۱۱). که هر کدام از این روشها مزایا و معایبی دارند. به عنوان نمونه در روش انعقاد شیمیایی مقادیر زیادی لجن تولید می شود (۱۲)، جذب سطحی توسط کربن

فعال هزینه بالایی دارد (۱۳)، در اسمز معکوس به فشار بالا نیاز است که مصرف انرژی را افزایش می دهد (۱۴). اگر چه فرایند جذب سطحی همواره مورد توجه محققین بوده است ولی در خصوص جاذبهای بیولوژیکی نظرات متفاوتی وجود دارد. از طرفی ساختمان چند حلقه ای رنگها و وجود رادیکالهای کلر، سولفور و نیتروژن بر مقاومت آنها در مقابل تجزیه زیستی می-افزاید. پس نه تنها قابل تجزیه زیستی به آسانی نمی باشند. ممکن است برای ارگانیزمهای غالب محیط تصفیه خانه های فاضلاب سمی نیز باشند.

استفاده از مواد طبیعی که توانایی جذب آلاینده های مختلف را دارند در مطالعات متعددی مورد استفاده قرار گرفته است، از جمله این مواد می توان به انواع رس و خاک اره (۱۵)، خاکستر فرار (۱۶)، پوسته سخت نارگیل (۱۷) و ... اشاره نمود. در تحقیقی که در سال ۲۰۰۵ توسط سارین و پنت روی درخت اکالیپتوس انجام شد. میزان حذف ۴۵ میلی گرم بر گرم از کروم ۶ ظرفیتی در محلولی با غلظت اولیه ۲۵ میلی گرم بر لیتر در pH ۲ را نشان داده است (۱۸). در مطالعه حاضر سعی بر آن شد تا تاثیر جاذب پوست گردو به صورت پودر و گرانوله بعنوان دورریز آلی که به وفور در دسترس می باشد جهت حذف رنگ راکتیو قرمز ۲ از پساب صنعتی مورد استفاده قرار گیرد. لازم به توضیح است نوع جاذب به خاطر ماهیت نباتی بودن آن خطری برای محیط در بر ندارد و در صورت نیاز قابل بازسازی و استحصال نیز می باشد.

مواد و روش ها

این مطالعه از نوع تجربی است که در مقیاس آزمایشگاه و به طور منقطع انجام گرفت

مواد مورد استفاده

پوست گردو: تولید گردو در باغات استان کرمانشاه و استانهای مجاور نمود قابل توجهی دارد. با توجه به این وضعیت تولید گردو و به تبع آن پوست گردو که یک ماده ی زائد و دور ریختنی است در استان کرمانشاه به وفور یافت می شود. برای انجام این مطالعه ابتدا پوست سخت گردو به مقدار لازم تهیه،

q: میزان جذب ماده حل شده در واحد جرم جاذب (mg/g)
 Ci: غلظت اولیه ماده حل شونده (mg/L)
 Cf: غلظت باقیمانده ماده حل شونده (mg/L)
 m: مقدار جاذب (g)
 V: حجم محلول در تماس (L)
 در نهایت جهت آنالیز داده ها از نرم افزار Excel و SPSS_{V11.5} و آزمون آماری T-test زوجی استفاده شد.

یافته ها

با افزایش غلظت رنگ، راندمان حذف رنگ توسط پودر پوست گردو افزایش یافته و میلی گرم رنگ به گرم پوست گردو (q) نیز افزایش داشت. بگونه ای که با افزایش غلظت رنگ از ۰/۲۵ میلی گرم بر لیتر به ۱ میلی گرم بر لیتر، راندمان حذف رنگ توسط گرانول پوست گردو از ۶۰٪ تا ۸۸٪، و پودر پوست گردو از ۶۸٪ تا ۹۶٪ افزایش را نشان داده است. با افزایش غلظت رنگ، q_e از ۵ تا ۲۳ میلی گرم بر گرم افزایش یافت. همچنین یافته ها نشان داد که با افزایش غلظت رنگ از ۰/۲۵ تا ۱ میلی گرم در لیتر، راندمان حذف تتراکلرواتیلن توسط پوست گردو با دوز ثابت در مدت زمان ثابت کاهش یافته است. لکن با افزایش میزان دوز جاذب از ۰/۵ تا ۲ گرم میزان حذف افزایش یافته است، بر اساس آزمون آماری ANOVA یک طرفه تفاوت میزان حذف رنگ توسط دوز جاذب و جذب شونده معنادار می باشد (P_{value} = ۰/۰۲۴).

بررسی اثر زمان تماس بر میزان کارایی جاذب در حذف رنگ نشان داد که حداکثر جذب رنگ راکتیو قرمز ۲ در ۱۰ دقیقه اول زمان تماس اتفاق می افتد. با افزایش زمان تماس از ۱۰ به ۳۰ دقیقه میزان حذف رنگ توسط پوست گردو افزایش یافته است بر اساس آزمون آماری آنالیز واریانس میزان حذف رنگ راکتیو قرمز ۲ توسط گرانول و پودر پوست گردو معنادار می باشد (P_{value} < ۰/۰۰۱).

نمودارهای ۴-۱ میزان غلظت اولیه رنگ را ب میزان حذف نشان می دهد که با غلظت های ۰/۵ تا ۲ گرم از جاذب استفاده شده است.

سپس آنرا با استفاده از آسیاب مدل allbasic خرد کرده، متعاقب آن بخش خرد شده با استفاده از الک آزمایشگاهی مدل (DG-fcibntific-PRODUCTS-CO) ۲۰۰ μm جهت پودر و ۲/۳ میلی متر جهت گرانول عبور داده شد، گرانول و پودر از هم جدا شد. سپس فرم پودر و گرانول توسط مقدار لازم از اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال، سود ۰/۱ نرمال و آب مقطر ۲ بار تقطیر با ۳ بار تکرار و هر بار ۲۰ دقیقه شستشو داده شد. ابتدا رطوبت گیری شده سپس برای مدت ۲ ساعت در دمای ۱۰۵ °C تا رسیدن به وزن ثابت خشک قرار داده شد. آن گاه برای حذف مولکول های کریستالیزه آب، آن را در دمای ۱۷۰ °C برای مدت یک ساعت گذاشته شده سپس ماده در دسیکاتور قرار گرفته و هر بار به مقدار لازم از آن برداشت شده است. اسید کلریدریک و هیدروکسید سدیم استفاده شده جهت شستشو ساخت شرکت مرک کشور آلمان بود.

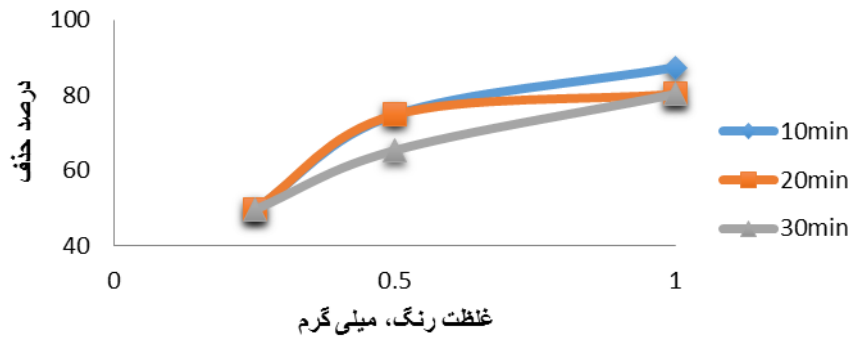
رنگ راکتیو قرمز ۲: از رنگ راکتیو قرمز ۲ (C.I.C ReactiveRed2) ساخت شرکت مرک کشور آلمان، با فرمول شیمیایی C₁₉H₁₀CL₂N₆O₇S₂₂Na و جرم مولکولی ۶۱۵/۳۳ گرم بر مول استفاده شد.

آماده سازی محلول ها: محلول مادر با غلظت های ۰/۲۵، ۰/۵ و ۱ میلی گرم در لیتر رنگ راکتیو قرمز ۲ با آب مقطر تهیه گردید. محلول های ساخته شده در ارلن مایرهای حاوی غلظت-های ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ گرم از پوست گردو اضافه شد، پس از زمان های تماس ۱۰، ۲۰ و ۳۰ دقیقه محدوده pH ۵ آنرا صاف نموده، سپس جهت تعیین غلظت ماده رنگی در طول موج ۶۵۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر میزان جذب اندازه گیری و آنالیز انجام شد. جهت روایی کار همه آزمایشها با سه بار تکرار و در مجموع ۲۱۶ نمونه انجام شد و جهت پایایی در هر بار آزمایش دستگاه توسط محلول استاندارد کالیبره شد. برای اندازه گیری راندمان جذب و میزان جذب از فرمول ۱ و ۲ استفاده شد.

$$\%R = \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100 \quad (1)$$

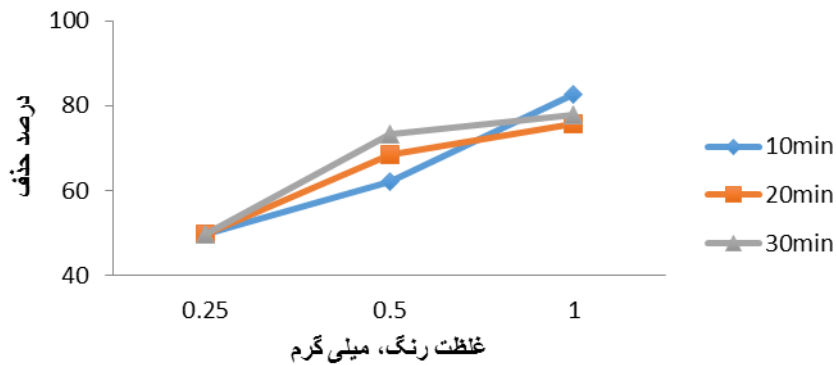
$$q = \frac{C_i - C_f}{m} \times V \quad (2)$$

R: راندمان جذب



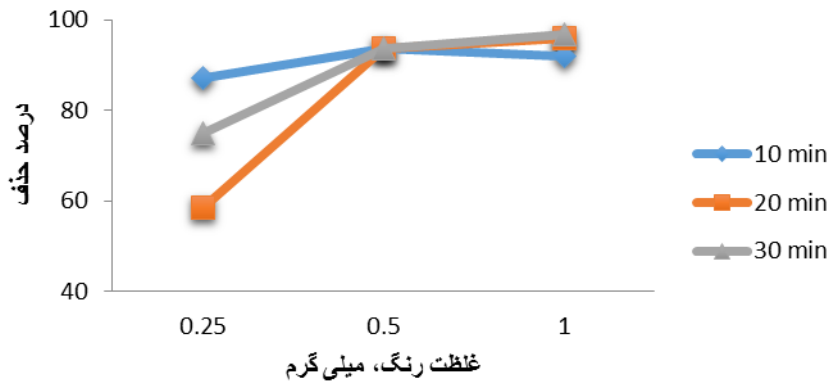
نمودار ۱- اثر زمان تماس بر غلظت اولیه رنگ (۰/۵ گرم گرانول پوست گردو)

Figure1- Effect of contact time on the color initial concentration (0.5 gr granule walnut)



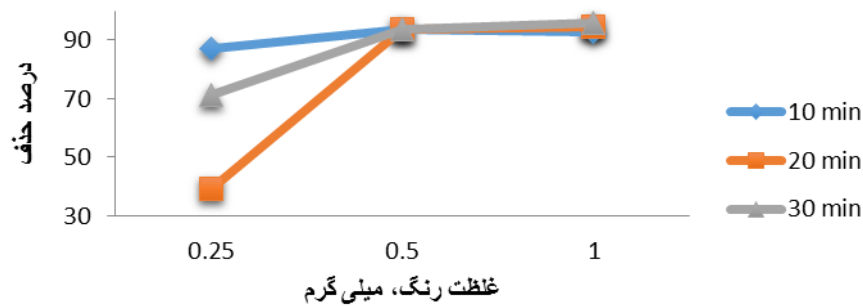
نمودار ۲- اثر زمان تماس بر غلظت اولیه رنگ (۱/۵ گرم گرانول پوست گردو)

Figure2- Effect of contact time on the color initial concentration (1.5 gr granule walnut)



نمودار ۳- اثر زمان تماس بر غلظت اولیه رنگ (۰/۵ گرم پودر پوست گردو)

Figure3-Effect of contact time on the color initial concentration (0.5 gr powder walnut)

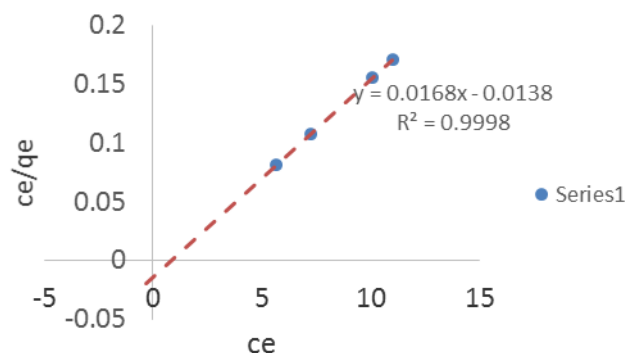


نمودار ۴- اثر زمان تماس بر غلظت اولیه رنگ (۱/۵ گرم پودر پوست گردو)

Figure4- Effect of contact time on the color initial concentration (1.5 gr powder walnut)

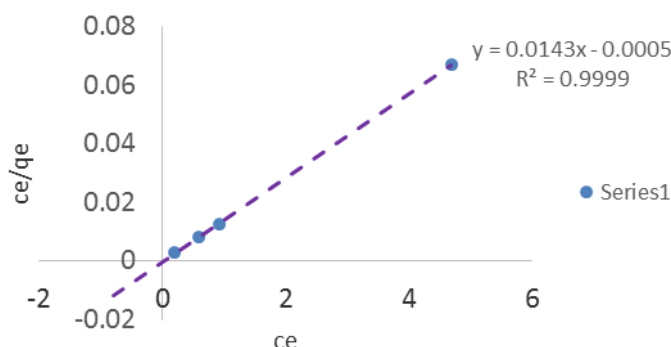
نیز تاثیر افزایش ماده جاذب را بر میزان حذف رنگ راکتیو تایید می‌نماید ($P_{value} < 0.001$). مدل جذب لانگمیر و فروندلیچ در نمودار ۵ و ۶ جهت گرانول و پودر پوست گردو نشان داده شده است. مقادیر ضریب b و RL در میزان جذب رنگ راکتیو قرمز ۲ توسط گرانول پوست گردو در مدل لانگمیر به ترتیب برابر با 0.01 و 0.8 و برای پودر پوست گردو برابر با 0.001 و 0.975 تعیین گردید، که با توجه به مقادیر فرایند جذب از دو ایزوترم جذب لانگمیر تبعیت می‌کند.

نتایج نشان داد که با افزایش دوز جاذب راندمان حذف رنگ افزایش یافت در حالی که q_e کاهش یافت. با افزایش دوز جاذب از 0.5 گرم بر لیتر به 2 گرم بر لیتر، راندمان حذف رنگ توسط گرانول پوست گردو از 38% به 88% و میزان حذف توسط پودر پوست گردو از 46% تا 97% افزایش یافت. همچنین با افزایش دوز جاذب، q_e برای گرانول پوست گردو از 13 میلی‌گرم بر گرم به $5/03$ میلی‌گرم بر گرم برای پودر پوست گردو از 15 به $6/5$ میلی‌گرم بر گرم کاهش یافت. نتایج آزمون آماری آنالیز واریانس



نمودار ۵- ایزوترم جذب لانگمیر جهت حذف رنگ راکتیو قرمز ۲ توسط گرانول پوست گردو

Figure5- Langmuir adsorption isotherm for the removal of Reactive Red 2 by walnut shell granule



نمودار ۶- ایزوترم جذب لانگمیر جهت حذف رنگ راکتیو قرمز ۲ توسط پودر پوست گردو

Figure 6-Langmuir adsorption isotherm for the removal of Reactive Red 2 by walnut shell powder

بحث و نتیجه گیری

و افزایش میزان جذب رنگ راکتیو قرمز ۲ می‌شود. همانطوری که در بخش نتایج نشان داده شده است با افزایش دوز جاذب راندمان حذف رنگ راکتیو قرمز ۲ افزایش داشت. این افزایش حذف رنگ در میزان جاذب حدود ۱/۵ گرم به حالت تعادل رسیده است. افزایش حذف رنگ با افزایش مقدار جاذب در نتیجه افزایش مساحت سطحی فعال و موثر در جذب می‌باشد (۲۱). در این مطالعه آنالیز داده‌های جذب نشان داد که ایزوترم رنگ راکتیو قرمز ۲ از مدل جذب لانگمیر تبعیت می‌کند. که در مراحل جذب رنگ، پخش در لایه نازک که اولین مرحله جذب است سریعتر اتفاق می‌افتد. ولی نفوذ در خلل و فرج که منجر به افزایش جذب بیشتر است با تاخیر صورت می‌گیرد (۱۹، ۲۰).

غلامی و همکاران در مطالعه خود در سال ۱۳۸۸ تحت عنوان " بررسی کارایی فرایند الکتروکواگولاسیون جهت حذف رنگزای راکتیو قرمز ۱۹۸ از فاضلاب " در شرایط ولتاژ ۴۰ ولت ، فاصله ۱ سانتی متر بین الکترودها در زمان تماس ۳۰ دقیقه میزان حذف رنگ را تا ۹۹ درصد اعلام نمودند (۲۲). اگر چه این مطالعه از نظر شرایط آزمایشگاهی با مطالعه حاضر تقارب و تجانس ندارد ولی می‌توان استنباط نمود، فرایند جذب به عنوان یک مکانیسم مشترک بین گزارشات ارائه شده وجود دارد. غنی‌زاده در مطالعه‌ای تحت عنوان " کاربرد پوسته تخم مرغ به عنوان جاذب طبیعی در حذف رنگ راکتیو قرمز ۱۲۳ از فاضلاب

نتایج نشان می‌دهد که مقدار حذف تتراکلرواتیلن تابعی از غلظت آن می‌باشد. بیشترین کارایی حذف در غلظت‌های بالا بوده اما با گذشت زمان کارایی حذف در مورد نمونه‌های با غلظت‌های بالاتر کاهش می‌یابد. در خصوص تاثیر زمان تماس بر میزان جذب، بیشترین میزان جذب در ۱۰ دقیقه اول صورت گرفت، که علت این پدیده آن است که سایت‌های جذب به خوبی در دسترس هستند. همچنین در خصوص مقایسه دو نوع جاذب پوست گردو می‌توان نتیجه گرفت که میزان جذب توسط نوع پودر بهتر از نوع گرانول آن می‌باشد. دلیل این تفاوت می‌تواند مرتبط با سطوح گسترده‌تر جاذب در شکل فیزیکی پودر باشد. اثبات شده است که خواص مکانیکی، شیمیایی، فیزیکی، کریستالی مواد آنها در ابعاد ریزتر با ابعاد بالکی آنها متفاوت است. خواص مکانیکی در روند کاهش اندازه ذرات تغییرات جالبی نشان می‌دهند. مطالعات اولیه رفتارهایی مانند مدول الاستیک کمتر، سختی و استحکام بالاتر، شیب کمتر در منحنی سختی برای مواد ریزساختار در مقایسه با مواد درشت دانه معمول نشان داده شده است. در این مطالعه با توجه به مشخصات جاذب که توسط الماسی و همکاران وجود عوامل کاتیونی با بار مثبت و خلل فرج موجود که باعث پیشرفت فرایند جذب سطحی شده است، به اثبات رسیده است (۲۱). با توجه به بنیان‌های مثبت بر روی پوست گردو از طرفی ویژگی آنیونی رنگ راکتیو قرمز ۲ موجب افزایش جاذبه الکترواستاتیکی

- 5- Vnder zee FP. Anaerobic azo dye reduction. PhD. thesis, Wageningen University, Netherlands, 2002.
- 6- Seidmohammadi A, Asgari G, Leili M, Dargahi A, Mobarakian A. Effectiveness of Quercus Branti Activated Carbon in Removal of Methylene Blue from Aqueous Solutions. Arch Hyg Sci. 2015; 4 (4):217-225
- 7- seyed Mohammadi A, Asgari G, Dargahi A, Mobarakian S A. Equilibrium and Synthetic Equations for Index Removal of Methylene Blue Using Activated Carbon from Oak Fruit Bark. J Mazandaran Univ Med Sci. 2015; 24 (121) :172-187
- 8- Frijters CT. Decolorizing and detoxifying textile wastewater, containing both soluble and insoluble dyes, in a full scale combined anaerobic/aerobic system. Water Resrearch, 2006; 40: 1249-1257.
- 9- Talarposhti AM, Donnelly T, Anderson G. Color removal from a simulated dye wastewater using a two-phase anaerobic packed bed reactor. Water Res 2001. 2: 425-432.
- 10- Gupta VK, Vipin KS. Adsorption studies on the removal of Vertigo Blue 49 and Orange DNA13 from aqueous solutions using carbon slurry developed from a waste material. Journal of Colloid and Interface Science, 2007; 315(1): 87-93.
- 11- Robinson T. Remediation of dyes in textile effluent: a critical review on current treatment technologies with a proposed alternative. Bioresource Technology, 2001; 77(3): 247-255.
- 12- Fallahnejad A, Vanaki A. Study Effect of Coagulants on Decolorization of C.I.Asid Brown 328 and C.I.basic blue

سنتتیک نساجی " pH قلیایی و دمای °C ۴۵ را جهت حذف رنگ از پساب مناسب اعلام نموده‌اند (۲۳). کافی و همکاران در بررسی خود تحت عنوان " حذف رنگ از محلول آبی با خاک اره و رس بنتونیت " خاک اره و رس بنتونیت را به عنوان جاذبهایی مناسب جهت حذف رنگ معرفی نموده و ایزوترم جذب را مطابق با ایزوترم لانگمیر دانستند (۱۵). می‌توان گفت که مطالعه حاضر با نتایج اعلام شده توسط این محققین همخوانی دارد. نتیجه این مطالعه اینست که پوست گردو بعنوان یک جاذب ارزان قیمت و در دسترس با بهره برداری و نگهداری آسان قابلیت رنگ‌زدایی پسابهای حاوی رنگ مذکور را دارد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان بر خود لازم میدانند مراتب تشکر و تقدیر خود از ریاست محترم دانشکده بهداشت جهت تسهیل انجام این مطالعه در قالب پروژه دانشجویی بعمل آورند.

منابع

- 1- Asadi F, Dargahi A, Almasi A, Moghobe E. Red Reactive 2 Dye Removal from Aqueous Solutions by Pumice as a Low-Cost and Available Adsorbent. Arch Hyg Sci. 2016; 5 (3) :145-152
- 2- Bafana A, Devi SS, Chakrabarti T. Azo dyes: past, present and the future. Environmental Reviews. 2011; 19 350-370.
- 3- Shore J. Colorants and auxiliaries, colorants, society of dyers and colourists, BTTG, Manvhester, England, 2002; 1.
- 4- Piszczek JC. An evaluation of anoxic/aerobic treatment for the removal of chemical oxygen demand and fiber reactive azo dye color. MS. Thesis, Faculty of North Carolina State University, 2005:39-50.

- 18- Sarin V, Pant KK. Removal of chromium from industrial waste by using eucalyptus bark. *Bioresource Technology*. 2005; 97(1): 15-20.
- 19- Reynolds TD, Richards P. Unit operations and processes in environmental engineering. PWS Publishing Company Boston, 1995.
- 20- Langmuir I. Adsorption of gases on glass, mica and platinum. *J. Am. Chem. Soc.* 1918. 40(9): 1361-1404.
- 21- Pirsahab M, Dargahi A. Performance of granular activated carbon to diazinon removal from aqueous solutions. *J. Env. Sci. Tech* 2016; 18(3):117-126.
- 22- Gholami M. Investigation of electrocoagulation process efficiency for removal C.I. Reactive Red 198 from wastewater. 12th National Conference on Environmental Health, martyr Beheshti University of Medical Sciences, School of Public Health, 2009.
- 23- Ghaneian MT, Ghanizadeh G. Application of Eggshell as a Natural Sorbent for the Removal of Reactive Red 123 Dye from Synthetic Textile Wastewater *Tabib shargh*, 2009; 1(4). 12 colors. The 3rd National Conference on Textile and Clothing Engineering- Yazd 2011.
- 13- Sariglu M, Aatay UA. Removal of methylrne blue by using biosolid. *Global Nest Journal*, 2006; 8: 113-120.
- 14- Hameed BHA, Latiff KNA. Adsorption of basic dye (methylene blue) onto activated carbon prepared from rattan sawdust. *Dyes and Pigments*, 2007; 75(1): 143-149.
- 15- Kafi Z, Ganjidoust H, Ayati B. Study of Dye Removal from Aqueous Solution Using Sawdust and Clay. *Modares Civil Engineering Journal (M.C.E.L)*. 2011; 11(3).
- 16- Ricou-Hoeffler P, Lecuyer I, Lecloirec P. Experimental design methodology applied to adsorption of metallic ions on to fly ash. *Water Research*, 2001; 35(4): 965-976.
- 17- Rajeshwarisivaraj S, Senthilkumar S P, Subburam V. Carbon from cassava peel, an agricultural waste, as an adsorbent in the removal of dyes and metal ions from aqueous solution. *Bioresource Technology*, 2001; 80(3): 233-235.