

بررسی کارایی منعقدکننده عصاره بذر درخت چنار به منظور حذف کدورت از پساب صنعتی (مورد مطالعه: پساب شرکت شیر پاستوریزه پگاه همدان)

نگار گل‌زاده^۱، بهاره لرستانی^{۲*}، سهیل سبحان اردکانی^۳، مهرداد چراغی^۳، نعمت‌اله خراسانی^۴

^۱ دانشجوی دکتری تخصصی محیط‌زیست، گروه علوم و مهندسی محیط‌زیست، دانشکده علوم پایه، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران.

^۲ دانشیار علوم محیط‌زیست، گروه علوم و مهندسی محیط‌زیست، دانشکده علوم پایه، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران.

^۳ استاد علوم محیط‌زیست، گروه علوم و مهندسی محیط‌زیست، دانشکده علوم پایه، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران.

^۴ استاد محیط‌زیست، گروه علوم و مهندسی محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران.

تاریخ دریافت مقاله: 1401/5/19؛ تاریخ پذیرش: 1401/10/24

چکیده

زمینه و هدف: فاضلاب صنایع غذایی حاوی مقادیر زیادی از جامدات معلق و سایر مواد شیمیایی مورد استفاده برای اهداف بهداشتی هستند. لذا، حذف این آلاینده‌ها از پساب از اهمیت بالایی برخوردار است. این مطالعه با هدف حذف کدورت از پساب کارخانه شیر پاستوریزه پگاه همدان توسط منعقدکننده طبیعی عصاره بذر درخت چنار انجام شد.

مواد و روش‌ها: در مطالعه توصیفی، اثر پارامترهای زمان تماس، مقدار جاذب، pH و مقادیر مختلف کدورت بر کارایی حذف کدورت از پساب مورد بررسی قرار گرفت. برای بررسی چگونگی فعل و انفعال بین جاذب و ماده جذب شونده از مدل‌های جذب ایزوترم لانگمویر و فروندلچ و برای بررسی سرعت فرآیند جذب از سینتیک جذب مرتبه اول و شبه مرتبه دوم استفاده شد. به منظور تعیین حضور گروه‌های عملکردی در منعقدکننده از دستگاه اسپکتروفتومتر (FTIR) و برای بررسی خصوصیات مورفولوژی سطحی نمونه‌ها نیز از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) استفاده شد.

یافته‌ها: بیشینه کارایی حذف کدورت توسط منعقدکننده عصاره بذر درخت چنار در pH بهینه ۸، زمان تماس ۶۰ دقیقه، کدورت اولیه ۱ NTU و مقدار جاذب ۰/۱ گرم در لیتر به میزان ۹۸٪ مشاهده شد. نتایج نشان داد که رفتار فرآیند موردنظر از مدل ایزوترمی جذب لانگمویر ($R^2 = ۰/۹۹۴$) تبعیت کرده و سینتیک آن بر واکنش شبه مرتبه دوم ($R^2 = ۰/۹۹۱$) منطبق بوده است. حداکثر ظرفیت جذب جاذب نیز ۰/۲۰۳ میلی گرم در گرم تعیین شد.

نتیجه‌گیری: از آن‌جا که منعقدکننده عصاره بذر درخت چنار از کارایی بالایی در حذف کدورت از پساب صنایع غذایی برخوردار بود، می‌توان از آن به عنوان جایگزینی مناسب برای کاهش مشکلات ناشی از منعقدکننده‌های متداول شیمیایی در تصفیه خانه‌های فاضلاب استفاده کرد.

کلید واژه: بذر درخت چنار، جذب، پساب صنعتی، کدورت، منعقدکننده طبیعی.

* دکترای تخصصی علوم محیط‌زیست، دانشیار گروه محیط‌زیست، دانشکده علوم پایه، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران
ایمیل نویسنده مسئول: lorestanib@iauh.ac.ir ، شماره تماس: ۰۸۱۳۴۴۸۱۱۸۳

مقدمه

امروزه صنایع یکی از عظیم‌ترین مصرف‌کنندگان آب هستند که به تبع آن حجم بالایی از پساب تولید می‌کنند.^۱ کدورت پساب یکی از مهمترین پارامترهای تعیین کننده کیفیت آب و یکی از مشکلات عمده در صنعت تصفیه آب و فاضلاب است که در اثر ذرات کلوییدی ایجاد می‌گردد.^۲ در صورتی که مقدار کدورت پساب‌های خروجی بالاتر از حد استاندارد باشد مشکلات فراوانی همچون: تجمع فلزات سنگین در گیاهان، مستهلک شدن تاسیسات تصفیه‌خانه، ایجاد وضعیت نامطلوب و کدورت در آبراهه‌ها، کاهش شفافیت و غلظت اکسیژن محلول آب، تهدید حیات آبی، آلودگی محیط‌زیست (هوا، آب، خاک) و مبتلا شدن انسان به بیماری‌های مختلف به دلیل تغذیه از مواد غذایی آبیاری شده با آب آلوده را به وجود می‌آورند.^۳ بیشترین میزان پساب تولیدی در صنایع لبنی مربوط به شروع و پایان عمل پاستوریزاسیون، شستشو وسایل و مخازن می‌شود.^۴

رنج کدورت پساب در خروجی تصفیه‌خانه‌های صنایع لبنی بین ۳۰ تا ۱۵۰ میلی گرم در لیتر متغیر است. حد قابل قبول کدورت پساب برای کشاورزی و تخلیه در آب‌های سطحی ۵۰ میلی گرم در لیتر است.^۵ فرآیندی که برای حذف ذرات کلوییدی یا کدورت به کار می‌رود، انعقاد و لخته‌سازی هستند.^۶ منعقدکننده‌ها به دو دسته شیمیایی و طبیعی تقسیم می‌شوند و نسبت به سایر فناوری‌های تصفیه پساب، به دلیل قیمت پایین و دسترسی راحت، بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند.^۷ از مهمترین مشکلات منعقدکننده‌های شیمیایی ایجاد فلزات سنگین در لجن یا پساب تصفیه شده، پرمزینه بودن واردات مواد، بروز مشکلات بهداشتی و اقتصادی، تولید لجن زیاد و آلودگی ثانویه در محیط‌زیست هستند.^۸

لذا به دلیل معایب و مضرات منعقدکننده‌های شیمیایی، انتخاب یک منعقدکننده طبیعی مناسب از جنبه‌های فنی و اقتصادی ضروری است.^۹ گیاهانی همچون چنار، کاکتوس،

بامیه، کیتوسان، برنج، اقاچیا، تخم شربتی و لوبیا از جمله مواد طبیعی هستند، که برای حذف کدورت به‌عنوان منعقدکننده استفاده می‌شوند.^{۱۰}

درخت چنار از خانواده Platanaceae است. انتشار جغرافیایی آن از شرق مدیترانه تا آمریکای شمالی و گروئنلند را در بر می‌گیرد.^{۱۱} از میان گونه‌های چنار، گونه *P. orientalis* L تنها گونه بومی ایران است.^{۱۲}

مطالعات متعددی در ایران و سایر کشورها در زمینه استفاده از منعقدکننده‌های طبیعی به منظور حذف کدورت و تصفیه پساب صنعتی صورت گرفته است. برای مثال Katayon و همکاران در پژوهشی که با هدف حذف کدورت توسط منعقدکننده طبیعی بذر گیاه اقاچیا انجام دادند به این نتیجه دست یافتند که بذر گیاه اقاچیا توانایی بالایی در حذف کدورت دارد و کارایی آن به غلظت اولیه در محلول وابسته است.^{۱۳}

در پژوهشی دیگری که توسط Baptista و همکاران و Boulaadjoul و همکاران انجام یافت، کارایی حذف کدورت توسط منعقدکننده طبیعی بذر گیاه اقاچیا را به ترتیب ۸۸/۷۵ و ۹۶/۰۲ درصد عنوان نمودند.^{۱۴، ۱۵} Freitas و همکاران در پژوهشی که با هدف حذف بالای کدورت بر روی دانه گیاه بامیه انجام دادند به این نتیجه دست یافتند که کارایی حذف کدورت ۹۷/۲۴ درصد بوده است.^{۱۶}

Sciban و همکاران در پژوهشی که با هدف حذف کدورت بر روی بذر انواع بذر درخت بلوط به‌عنوان یک منعقدکننده موثر و کاربردی انجام دادند به این نتیجه دست یافتند که بذر تمامی گونه‌های بلوط توانایی حذف کدورت را دارند و کارایی آنها به مقدار pH و کدورت اولیه وابسته است.^{۱۷} Bina و Shahsuni در پژوهشی که بر روی کارایی عصاره دانه مورینگا اولیفر در حذف کدورت آب انجام دادند به این نتیجه دست یافتند که کارایی عصاره دانه مورینگا اولیفر ۹۸/۹ درصد بوده است.^{۱۸} از آنجاییکه بذر درخت چنار

به عنوان یک جاذب کم هزینه شمرده می شود و تاکنون مطالعه‌ای در خصوص حذف کدورت از پساب توسط آن انجام نشده است، لذا انجام این مطالعه لازم و ضروری به نظر می رسد.

مواد و روش کار

مطالعه حاضر از نوع توصیفی- تحلیلی است که برای حذف کدورت با استفاده از ماده جاذب بذر درخت چنار از پساب شرکت شیر پاستوریزه پگاه همدان انجام گرفت. نمونه برداری از پساب به صورت مرکب صورت گرفت، به این صورت که هر نیم ساعت یک لیتر فاضلاب برداشته سپس نمونه‌ها با یکدیگر مخلوط شد. نمونه‌های بذر چنار نیز بعد از جمع آوری، پوست کن و شستشو به مدت ۵ ساعت در دستگاه آون مدل Memert.UNB-400 با دمای ۳۵ درجه سانتی گراد خشک شدند^{۱۳}. همه آزمایش‌ها در محیط آزمایشگاه در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد انجام شد. در ابتدا مقادیر پارامترهای pH، هدایت الکتریکی، کدورت، سختی کل، سختی کلسیمی، سختی منیزیمی، کل جامدات معلق و محلول و کل جامدات مورد سنجش قرار گرفت. pH پساب توسط دستگاه pH سنج مدل Jenway 3510، هدایت الکتریکی توسط دستگاه EC متر مدل Jenway 4510، کل جامدات توسط دستگاه اسپکتوفلومتر مدل Jenway 6305، کل جامدات محلول توسط روش وزن سنجی^{۱۹}، کل جامدات توسط روش محاسبه‌ای^{۲۰}، کدورت توسط دستگاه کدورت سنج مدل AL200T-IR، سختی کل^{۲۱} و سختی کلسیمی^{۲۲} توسط روش تیترسنجی با اتیلن دی آمین تترا استیک اسید (EDTA) و سختی منیزیمی توسط روش محاسبه‌ای^{۲۳} تعیین شد. عوامل مورد بررسی در این پژوهش pH، زمان تماس، غلظت کدورت و مقدار ماده جاذب بودند. در این مرحله از پساب‌هایی با غلظت‌های ۱-۴۵ میلی گرم در لیتر کدورت، مقادیر جاذب ۰/۱۳-۰/۱۳ گرم، pH ۱۱-۴ و زمان تماس ۱۲۰-۵

دقیقه استفاده شد. pH پساب با استفاده از محلول ۰/۱ نرمال اسید سولفوریک و NaOH تنظیم شد. در هر مرحله مقدار دقیق و مشخصی از جاذب به نمونه‌ها اضافه شده و توسط دستگاه جارتست ساخت مدل SK 2008 با سرعت ۱۲۰ دور در دقیقه در زمان مشخص مخلوط شد^{۲۴}. مقدار کدورت جذب شده در زمان تعادل q_e (میلی گرم در گرم) و درصد جذب کدورت به ترتیب با استفاده از رابطه‌های (۱) و (۲) محاسبه شدند^{۲۵}.

رابطه (۱)

$$q_e = \frac{(C_e - C_0)V}{M}$$

رابطه (۲)

$$\% \text{Removal} = \frac{(C_i - C_f)}{C_i} \times 100$$

در این رابطه C_i و C_f به ترتیب غلظت‌های اولیه و نهایی کدورت (میلی گرم در لیتر)، V حجم محلول (L)، M جرم جاذب (گرم) q_e مقدار ماده جاذب شده در زمان تعادل (میلی گرم در لیتر) است. ایزوترم جذب چگونگی فعل و انفعال بین جاذب و جسم جذب شونده و سینتیک جذب سرعت فرایند جذب را تشریح می کند. آزمایش‌های ایزوترم جذب و سینتیک جذب در ۱۳ مقدار جاذب (۰/۰۱، ۰/۰۲، ۰/۰۳، ۰/۰۴، ۰/۰۵، ۰/۰۶، ۰/۰۷، ۰/۰۸، ۰/۰۹، ۰/۱، ۰/۱۱، ۰/۱۲ و ۰/۱۳ گرم در لیتر) و یکسان بودن سایر عوامل دما=۲۵ درجه سانتی گراد، غلظت اولیه=۱۲۰ میلی گرم در لیتر، زمان تماس=۶۰ دقیقه، pH برابر با ۷ و سرعت اختلاط=۱۲۰ دور در دقیقه انجام شد. برای پی بردن به مدل جذب از ایزوترم‌های لانگمویر^{۲۶،۲۷} و فروندلیچ^{۲۸،۲۹} استفاده شد. مدل لانگمویر برای جذب تک لایه-ای بر روی سطح ماده جاذب دارای مکان‌های جذب محدود و یکسان معتبر است و مدل جذب فروندلیچ بر اساس جذب تک لایه‌ای بر روی مکان‌های جذب هتروژن و دارای انرژی-های نابرابر و غیر همسان بنا نهاده شده است.

(میلی گرم در گرم)، q_t مقدار ماده جذب شده در زمان t (میلی گرم در گرم) و K_1 ثابت سرعت تعادل جذب مرتبه اول (min^{-1}) است. اگر نمودار $\log(q_e - q_t)$ بر حسب t برای شرایط آزمایشگاهی موردنظر رسم شود، خط مستقیمی بدست می‌آید که می‌توان ثابت سرعت K_1 و ضریب همبستگی R^2 را از این نمودار محاسبه نمود.^{۳۰}

همچنین فرم خطی معادله شبه مرتبه دوم در رابطه ۶ آورده شده است:

رابطه (۶)

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{K_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e} t$$

که در آن q_e مقدار ماده جذب شده در لحظه تعادل (میلی گرم در گرم) و K_2 ثابت سرعت تعادل جذب شبه مرتبه دوم (گرم/میلی گرم در دقیقه) است. با رسم نمودار t/q_t بر حسب t ثابت سرعت K_2 و ضریب همبستگی R^2 به دست می‌آید.^{۳۱}

به منظور بررسی خصوصیات مورفولوژی سطحی نمونه‌های خشک که شامل لجن‌های تولید شده است، از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) Scanning Electron Microscopy) مدل Jeol.JSM-840A استفاده شد. تعیین حضور گروه‌های عملکردی در منعقدکننده با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (FTIR) Fourier-Transform Infrared Spectroscopy) مدل Spectrum 65 تعیین شد.

یافته‌ها

نتایج سنجش پارامترهای فیزیکی و شیمیایی در پساب کارخانه شیر پاستوریزه شهر همدان در جدول ۱ ارائه شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود مقدار کدورت، جامدات معلق و کلسیم بیشتر از رهنمود سازمان حفاظت محیط زیست ایران^{۳۲} برای استفاده در اراضی کشاورزی و تخلیه به آب‌های سطحی است.

معادله خطی برای ایزوترم‌های لانگمویر رابطه (۳) و فروندلیچ رابطه (۴) در ذیل آورده شده‌اند:

رابطه (۳)

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

رابطه (۴)

$$\log q_e = \log K_f + \frac{1}{n} \log C_e$$

q_e مقدار ماده جذب شده در واحد جرم جاذب بر حسب (میلی گرم در لیتر)، C_e غلظت ماده جذب شدنی در محلول پس از رسیدن به تعادل بر حسب (میلی گرم در لیتر)، $q_{\max}$ حداکثر غلظت جذب شونده، b ثابت لانگمویر نامیده می‌شود. n و K_f ثابت‌های ایزوترم فروندلیچ هستند. n در ایزوترم فروندلیچ را شدت جذب گویند.

اگر مقدار $1/n$ برابر صفر باشد فرآیند برگشت ناپذیر، اگر بین ۰-۱ باشد، مطلوب و اگر بزرگتر از یک باشد، نامطلوب است.

در ایزوترم فروندلیچ زمانی که K_f افزایش می‌یابد ظرفیت جذب جاذب برای جذب ماده جذب شونده موردنظر نیز افزایش می‌یابد.

یکی از مهمترین عوامل برای طراحی سیستم جذب پیش بینی سرعت فرآیند جذب است که توسط سینتیک سیستم کنترل می‌شود.

سینتیک جذب به خواص فیزیکی و شیمیایی ماده جاذب بستگی دارد که مکانیزم جذب را تحت کنترل قرار می‌دهد. به منظور بررسی سازوکار جذب، ثابت‌های جذب را می‌توان با استفاده از معادله لاگرگرن (Lagergren)، سازوکار مرتبه اول^{۳۰} و معادله هو (Ho)، سازوکار شبه مرتبه دوم^{۳۱}، محاسبه کرد. فرم خطی معادله مرتبه اول در رابطه ۵ ارائه شده است.

رابطه (۵)

$$\log(q_e - q_t) = \log q_e - \frac{K_1}{2.303} t$$

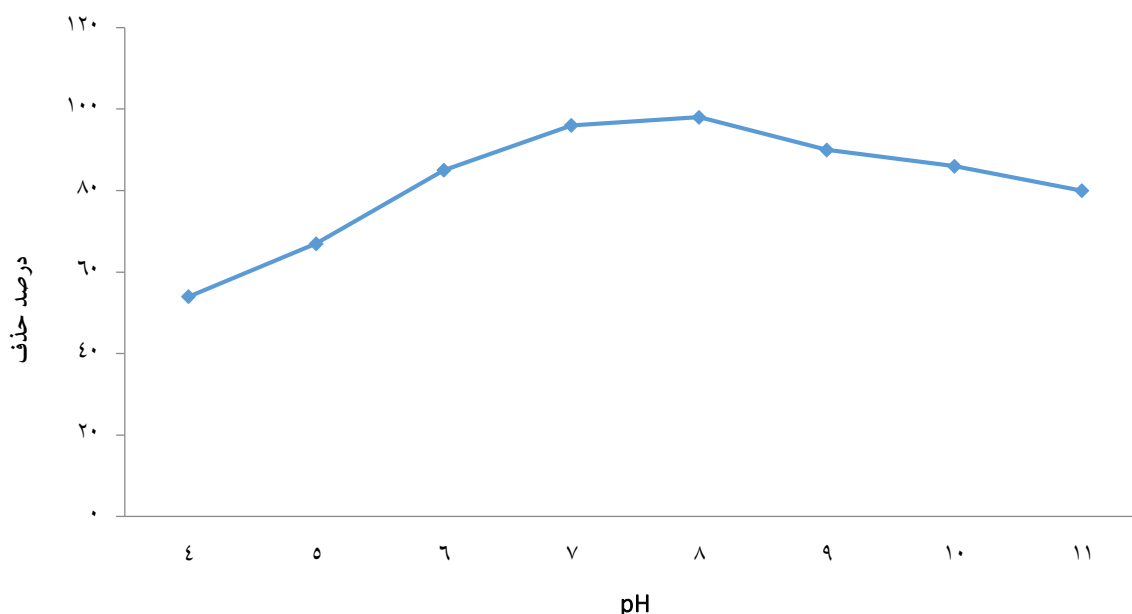
به طوریکه q_e مقدار ماده جذب شده در لحظه تعادل

جدول ۱: مقادیر پارامترهای فیزیکوشیمیایی در پساب کارخانه شیر

پارامتر	واحد	مقدار	حد استاندارد حفاظت محیط زیست ایران	
			برای استفاده در کشاورزی	برای تخلیه در آب‌های سطحی
کدورت	NTU	۱۲۰	۵۰	۵۰
pH	-	۸/۶	۸-۶	۶/۵-۸/۵
کل جامدات محلول	میلی گرم در لیتر	۳/۱	۴۵۰	۷۵۰
کل جامدات معلق	میلی گرم در لیتر	۳/۷	۱۰۰	۴۰
کل جامدات	میلی گرم در لیتر	۱۹	۰	۰
هدایت الکتریکی	میکروموس در سانتی متر	۴/۲	۷۰۰	۱۱۰۰
کلسیم	میلی گرم در لیتر	۱۷۳	۷۵	۷۵
منیزیم	میلی گرم در لیتر	۸۳	۱۰۰۱	۱۰۰
سختی کل	میلی گرم در لیتر	۵۲۰	۱۸۰۰	۱۵۰۰

مقدار pH محلول از پارامترهای مهم تاثیرگذار بر واکنش - های شیمیایی و زیستی فاضلاب محسوب می‌شود. pH تاثیر قابل ملاحظه‌ای بر بارهای سطحی جاذب دارد. نتایج اثر pH محلول بر میزان جذب کدورت در نمودار ۱ ارائه شده است.

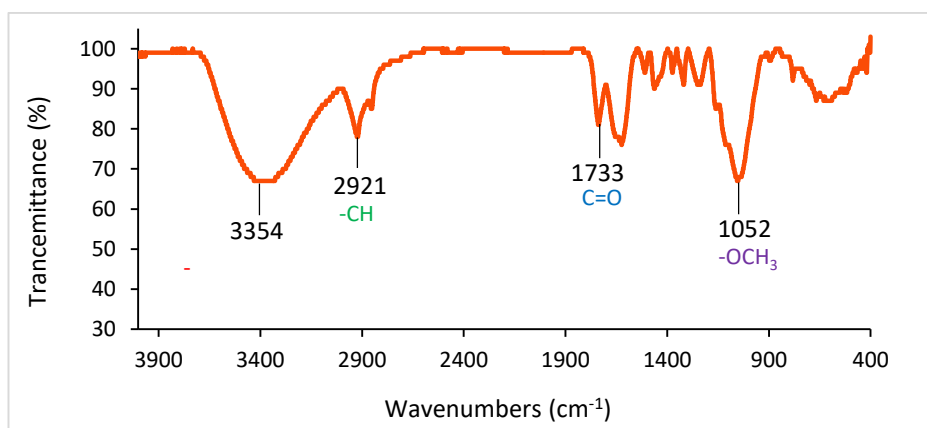
همانگونه که مشاهده می‌شود مقدار مناسب pH برای حذف کدورت توسط منعقد کننده عصاره بذر درخت چنار برابر با هشت است.



نمودار ۱: اثر pH بر کارایی حذف کدورت توسط منعقد کننده عصاره بذر درخت چنار تحت شرایط: دمای برابر با ۲۵ °C، غلظت = ۱۲۰ میلی گرم در لیتر، مقدار جاذب = ۰/۱ گرم در لیتر، زمان تماس برابر با ۶۰ دقیقه و سرعت اختلاط برابر با ۱۲۰ rpm

گروه‌های عاملی $-OH$ ، $-CH$ ، $C=O$ ، $-OCH_3$ هستند. این گروه‌های فعال روی سطوح منعقدکننده بذر درخت چنار، ممکن است در کدورت نقش داشته باشند.

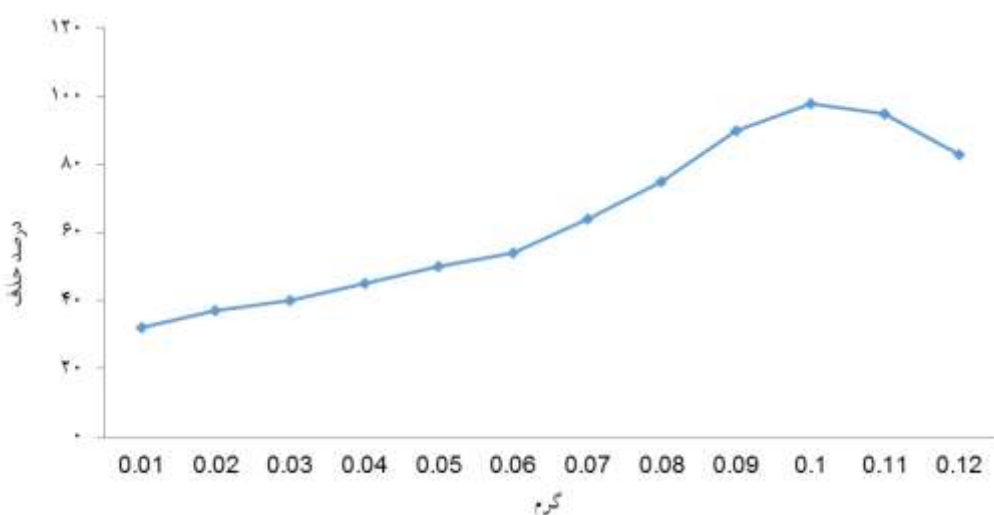
طیف FTIR عصاره بذر درخت چنار در نمودار ۲ ارائه شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود چندین قله اصلی در طیف‌های ۳۳۵۴، ۲۹۲۱، ۱۷۳۳ و 1052 cm^{-1} متصل به عصاره منعقدکننده بذر درخت چنار حضور دارند که مربوط به



نمودار ۲- طیف FRIT منعقد کننده عصاره بذر درخت چنار

می‌یابد. حداکثر حذف کدورت با استفاده از عصاره منعقد کننده بذر درخت چنار در مقدار ۰/۱ گرم در لیتر به ۹۸٪ رسید.

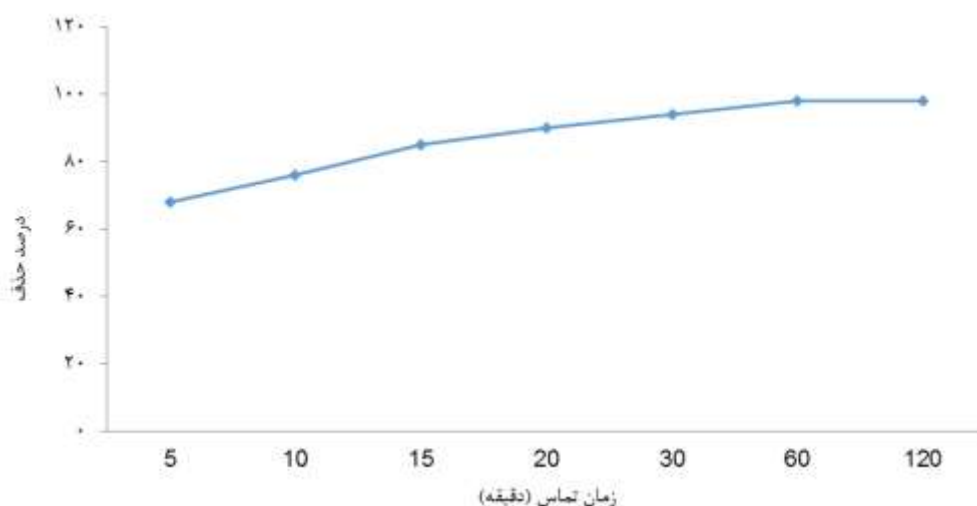
نتایج اثر مقدار جاذب بر میزان جذب کدورت در نمودار ۳ ارائه شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود کارایی حذف کدورت با افزایش مقدار جاذب از ۰/۰۱ تا ۰/۱ گرم در لیتر افزایش می‌یابد و سپس از ۰/۱ تا ۰/۱۳ گرم در لیتر کاهش



نمودار ۳: اثر مقدار جاذب بر کارایی حذف کدورت توسط منعقد کننده عصاره بذر درخت چنار تحت شرایط: دمای برابر با 25°C ، غلظت برابر با ۱۲۰ میلی گرم در لیتر، pH برابر با ۸، زمان تماس برابر با ۶۰ دقیقه و سرعت اختلاط برابر با ۱۲۰ دور در دقیقه

می‌شود با افزایش زمان تماس، نرخ جذب تا ۶۰ دقیقه بعد از تماس افزایش می‌یابد و به ۹۸٪ می‌رسد و سپس با گذشت زمان، ثابت باقی می‌ماند.

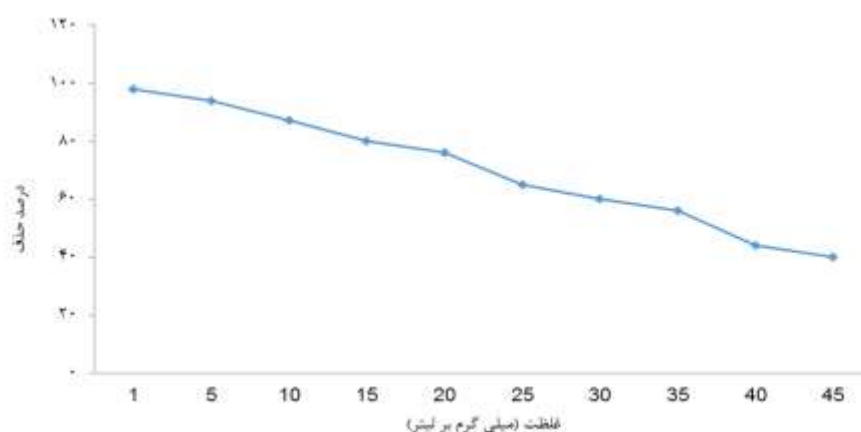
زمان تماس یکی از عوامل تاثیر گذار بر فرایند جذب در حالت ناپیوسته است. نتایج اثر زمان تماس بر میزان جذب کدورت در نمودار ۴ ارائه شده است. همانطور که مشاهده



نمودار ۴: اثر زمان تماس بر کارایی حذف کدورت توسط منعقد کننده عصاره بذر درخت چنار تحت شرایط: دمای برابر با ۲۵ °C، غلظت برابر با ۱۲۰ میلی گرم در لیتر، pH برابر با ۸، مقدار جاذب برابر با ۰/۱ گرم در لیتر و سرعت اختلاط برابر با ۱۲۰ دور در دقیقه

آن کاهش می‌یابد به گونه‌ای که با افزایش غلظت اولیه کدورت از ۱ به ۴۵ میلی گرم در لیتر، میزان حذف آن از ۹۸ به ۴۰٪ کاهش پیدا می‌کند.

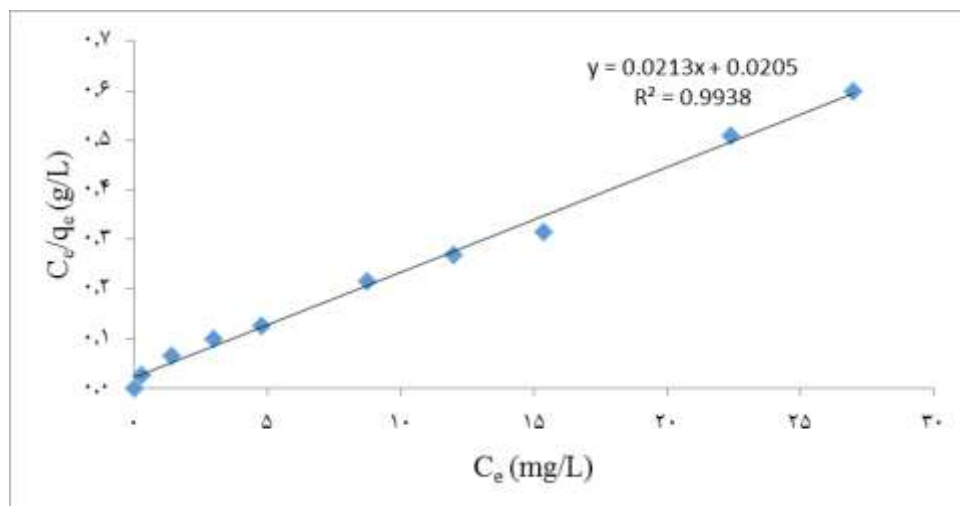
غلظت اولیه یکی دیگر از عواملی است که بر کارایی جذب تاثیرگذار است. نتایج تاثیر غلظت اولیه کدورت بر کارایی حذف آن در نمودار ۵ ارائه شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود با افزایش غلظت اولیه کدورت، کارایی حذف



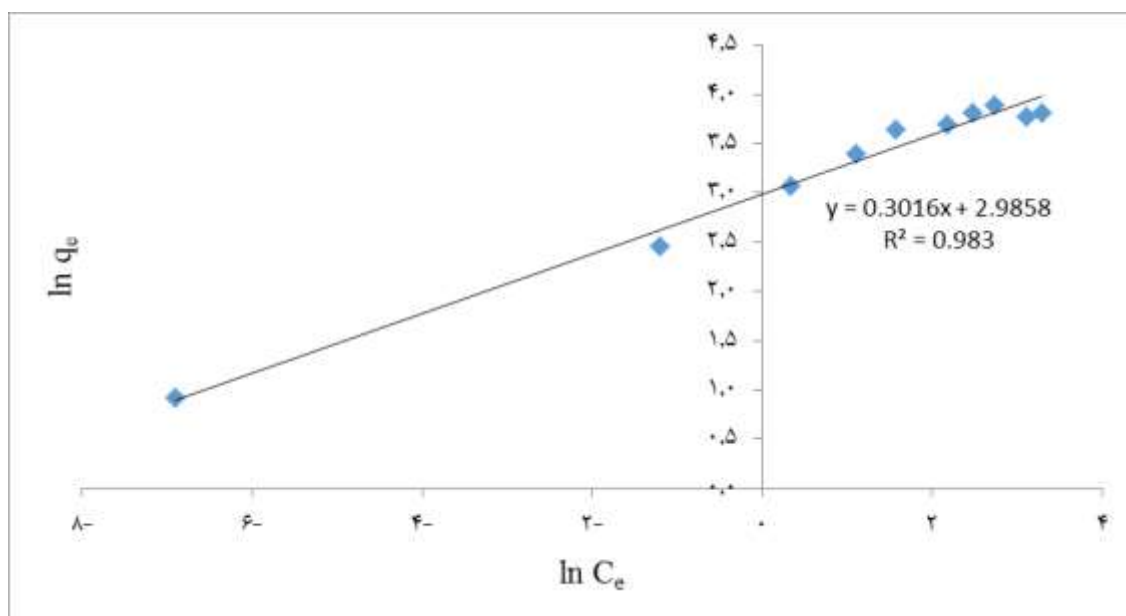
نمودار ۵: اثر غلظت کدورت بر کارایی حذف آن توسط منعقد کننده عصاره بذر درخت چنار تحت شرایط: دما برابر با ۲۵ °C، زمان تماس برابر با ۶۰ دقیقه، pH برابر با ۸، مقدار جاذب برابر با ۰/۱ گرم در لیتر و سرعت اختلاط برابر با ۱۲۰ دور در دقیقه

های ایزوترم جذب لانگمویر و فروندلیچ برای کدورت به ترتیب ۰/۹۹۴ و ۰/۹۸۳ هستند.

مدل‌های ایزوترم جذب لانگمویر و فروندلیچ در نمودارهای ۶ و ۷ ارائه شده است. نتایج نشان داد که R^2 مدل-



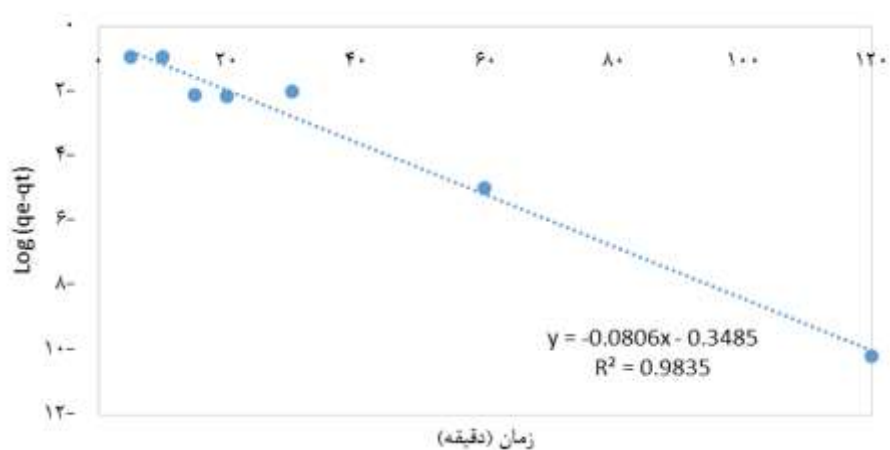
نمودار ۶: مدل ایزوترم لانگمویر برای حذف کدورت توسط منعقد کننده عصاره بذر درخت چنار



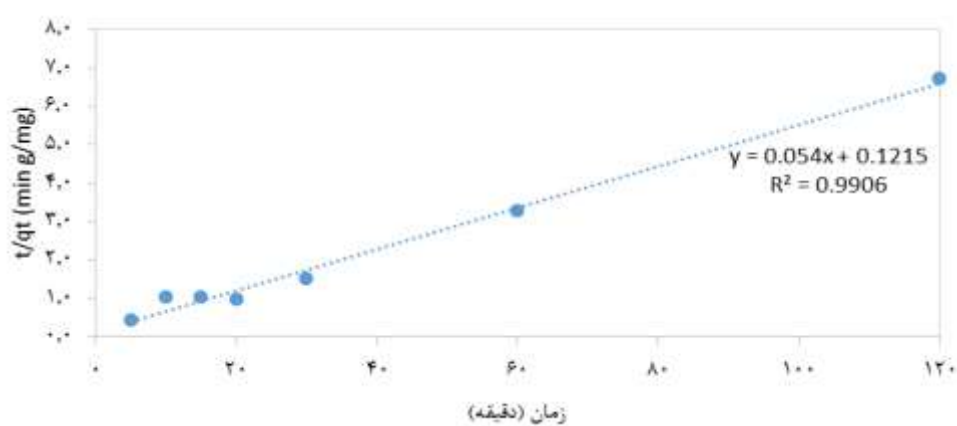
نمودار ۷: مدل ایزوترم فروندلیچ برای حذف کدورت توسط منعقد کننده عصاره بذر درخت چنار

اول و شبه مرتبه دوم برای کدورت به ترتیب ۰/۹۸۴ و ۰/۹۹ هستند.

فرم خطی معادله مرتبه اول و شبه مرتبه دوم برای نتایج آزمایشگاهی به دست آمده در نمودارهای ۹ و ۸ ارائه شده است. نتایج نشان داد که R^2 مدل‌های سینتیک جذب مرتبه



نمودار ۸: سینتیک جذب مرتبه اول برای جذب کدورت توسط جاذب منعقد کننده عصاره بذر درخت چنار

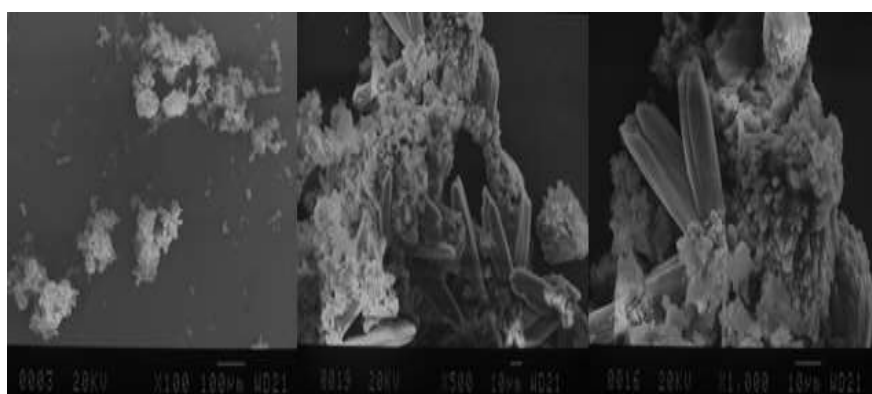


نمودار ۹: سینتیک جذب شبه مرتبه دوم برای جذب کدورت توسط جاذب منعقد کننده عصاره بذر درخت چنار

درخت چنار در شکل ارائه شده است.

تصاویر SEM با بزرگنمایی‌های ۱۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ برابر

از لخته‌های ناشی از انعقاد کدورت و منعقد کننده عصاره بذر



شکل ۱: تصاویر SEM با بزرگنمایی‌های ۱۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ برابر از لخته‌های ناشی از انعقاد کدورت و منعقد کننده عصاره بذر درخت چنار

بحث

نتایج نشان داد که با افزایش دلیل افزایش pH کارایی حذف کدورت از پساب افزایش یافته که آنرا می‌توان با حضور گروه‌های فعال موجود بر سطح جاذب از جمله گروه‌های کربوکسیل و هیدروکسیل مرتبط دانست^{۳۴} (نمودار ۲). به طوریکه این گروه‌های فعال دارای بار منفی با افزایش مقدار pH منجر به جذب کدورت می‌شوند. نتایج سایر مطالعات نیز در تطابق با مطالعه حاضر هستند که از جمله می‌توان به مطالعه Zedan و همکاران (۲۰۲۲) که گزارش کردند بیشینه نرخ حذف کدورت توسط منعقد کننده عصاره گردو بدلیل حضور گروه‌های هیدروکسیل و کربوکسیل پروتئین‌های موجود بر سطح منعقد کننده در pH بالای ۷ حاصل شده است^{۳۵}، مطالعه Zhang و همکاران (۲۰۰۶) که نشان داد کارایی حذف کدورت توسط منعقد کننده گیاه کاکتوس با افزایش pH محلول تا ۱۰ افزایش و سپس کاهش پیدا کرده است^{۳۶}، مطالعه Pritchard و همکاران (۲۰۱۰) که نشان داد با افزایش pH تا مقدار ۶/۵، نرخ حذف کدورت توسط منعقد کننده *Moringa oleifera* تا ۸۰٪ افزایش پیدا کرده و با افزایش بیشتر pH، نرخ حذف کاهش یافته است^{۳۷}، مطالعه Senthil Kumar و همکاران (۲۰۱۶) که نشان داد با افزایش pH تا ۷، حذف کدورت فاضلاب توسط منعقد کننده *Strychnos potatorum* افزایش و سپس با افزایش مقادیر pH، کاهش پیدا کرده است^{۳۸}، مطالعه Mandal (۲۰۱۴) که نشان داد بیشینه کارایی حذف کدورت در pH برابر با ۸/۵۱ حاصل شده است^{۳۹}، نتایج مطالعه Adams و Mulaba-Bafubandi (۲۰۱۴) که بیانگر حذف کدورت در pH برابر با ۸/۱۵ توسط منعقد کننده پوسته برنج بود^{۴۰}، Muthuraman و Sasikala (۲۰۱۴) که نشان داد با افزایش pH تا مقدار ۷، نرخ حذف کدورت توسط منعقد کننده‌های *M. oleifera*, *S. potatorum*, *P. vulgaris* به ترتیب ۹۹٪، ۹۵٪ و ۹۰٪ افزایش پیدا کرده و با افزایش بیشتر pH کاهش یافته است^{۴۱}، نتایج مطالعه Usefi

و همکاران (۲۰۱۹) که نشان داد بیشینه نرخ حذف کدورت توسط منعقد کننده‌های نشاسته گندم، ذرت و سیب زمینی به ترتیب در pH ۷، ۶ و ۷ حاصل شده است^{۴۲}، مطالعه Bina و همکاران (۲۰۰۷) که نشان داد با افزایش pH محلول تا ۸/۱، نرخ حذف کدورت توسط منعقد کننده عصاره دانه *Moringa oleifera* به ۹۱٪ افزایش یافته است^{۴۳}، مطالعه Khan Ahmadi و همکاران (۲۰۱۴) که نشان داد با افزایش pH محلول حاوی ۲۰۰ NTU کدورت تا ۸، نرخ حذف کدورت توسط منعقد کننده *Moringa oleifera* تا ۹۹٪ افزایش یافته است^{۴۴}، مطالعه Seyd Mohammadi و همکاران (۲۰۱۶) که نشان داد با افزایش pH پساب تا ۷/۵، نرخ جذب کدورت توسط منعقد کننده کیتوسان تا ۹۹٪ افزایش و با افزایش pH، کارایی جاذب کاهش یافته است^{۴۵} و مطالعه Rezaei و همکاران (۲۰۱۶) که نشان داد بیشینه کارایی حذف کدورت از محلول توسط منعقد کننده عصاره گیاه اسفرزه در pH برابر با ۹ حاصل شده است^{۴۶}، اشاره کرد.

نتایج نشان داد که با افزایش مقدار ماده جاذب تا ۰/۱ گرم در لیتر، نرخ حذف کدورت از پساب افزایش یافته است که دلیل آنرا می‌توان با وجود مکان‌های سطحی بالا و تماس بیشتر بین کدورت با جاذب مرتبط دانست. در حالی که در مقادیر بالای جاذب، منعقد کننده به صورت معلق باقی مانده و ته نشین نشده و در نتیجه افزایش غلظت کدورت را منجر شده است^{۴۷}. از جمله سایر مطالعه‌ها که نتایج آن‌ها در تطابق با مطالعه حاضر بود، می‌توان به مطالعه‌ای که نتایج آن نشان داد با افزایش مقدار جاذب بذر گیاه *Strychnos potatorum* تا ۰/۶ گرم در لیتر، نرخ حذف کدورت افزایش و پس از آن با افزایش بیشتر مقدار جاذب کاهش یافته است^{۳۸}، نتایج مطالعه Katayon و همکاران (۲۰۰۶) که نشان داد با افزایش مقدار منعقد کننده *Moringa oleifera* کارایی جذب کدورت تا مقدار مشخصی افزایش و سپس به دلیل اشباع شدن مکان‌های ارتباط پلیمر کاهش یافته است^{۴۳}، مطالعه‌ای که نتایج آن نشان

داد کارایی حذف کدورت با افزایش مقدار منعقد کننده گیاه کاکتوس تا ۵۰ میلی گرم در لیتر در حدود ۹۴٪ بوده و پس از آن با افزایش بیشتر مقدار جاذب، کارایی جذب کاهش یافته است.^{۳۶} نتایج مطالعه‌ای که نشان داد با افزایش مقدار منعقد کننده *Moringa oleifera* تا ۵۵-۳۰ میلی گرم در لیتر، نرخ حذف کدورت افزایش پیدا می‌کند و سپس با افزایش بیشتر مقدار جاذب، شروع به کاهش کرده است.^{۳۷}

نتایج مطالعه Ahmad و همکاران (۲۰۲۲) که نشان داد بیشینه کارایی حذف کدورت از محلول ساختگی در مقدار ۱۰ میلی گرم در لیتر از گونه‌های گیاهی *A. indica*, *S. palustris*, *D. linearis*, *S. polyanthum*, *M. esculenta*, *P. sarmentosum*, *M. malabathricum* به عنوان جاذب حاصل شده است.^{۴۸} نتایج مطالعه‌ای که نشان داد بیشینه نرخ حذف کدورت در مقدار ۳ میلی گرم در لیتر از منعقد کننده عصاره گردو حاصل شده است.^{۳۵} نتایج مطالعه‌ای که نشان داد با افزایش مقدار منعقد کننده عصاره دانه *Moringa oleifera* تا ۱۰ میلی گرم در لیتر، نرخ حذف کدورت تا ۹۹/۴٪ افزایش و سپس با افزایش بیشتر مقادیر جاذب، کاهش پیدا کرده است.^{۴۳} نتایج مطالعه Yazdani و همکاران (۲۰۱۸) که نشان داد کارایی کاهش کدورت با افزایش غلظت منعقد کننده پودر اولیفر نسبت مستقیم داشته است، به طوریکه بیشینه کارایی حذف در غلظت ۱۰۰ میلی گرم در لیتر پودر اولیفر برابر با ۹۷/۷٪ حاصل شد.^{۴۹} و نتایج مطالعه‌ای که نشان داد با افزایش مقدار منعقد کننده کیتوسان از ۰/۵ تا ۱/۵ میلی گرم در لیتر، نرخ جذب کدورت از ۸۶٪ به ۹۹٪ افزایش یافته و با افزایش غلظت کیتوسان به بیش تر از ۱/۵ میلی گرم در لیتر، کارایی حذف مجدداً به کمتر از ۹۴٪ کاهش یافته است.^{۴۵} اشاره کرد.

نتایج نشان داد که با افزایش زمان تماس، کارایی حذف کدورت افزایش یافته است که دلیل آنرا می‌توان با وجود مکان‌های اولیه خالی بر سطح جاذب و بالا بودن گرادیان غلظت ماده حل شونده مرتبط دانست. هرچند که با افزایش

بیشتر زمان، مکان‌های جذب اشباع می‌شوند. در این خصوص می‌توان به نتایج سایر مطالعه‌هایی که تاییدکننده این یافته‌ها هستند، اشاره کرد. از جمله Sengupta و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که کارایی حذف کدورت تا یک ساعت بعد از استفاده از منعقد کننده *Moringa oleifera* به ۸۵٪ رسیده و با افزایش زمان تماس ثابت باقی مانده است.^{۵۰} و یا نتایج مطالعه‌ای نشان داد که با افزایش زمان تماس، نرخ حذف کدورت از فاضلاب (٪) توسط منعقدکننده‌های *M. oleifera*, *S. potatorum*, *P. vulgaris* به ترتیب تا ۹۸/۲، ۹۶ و ۸۶٪ افزایش یافته و سپس ثابت شده است.^{۴۱} و یا نتایج مطالعه‌ای نشان داد که بیشینه نرخ حذف کدورت توسط منعقدکننده عصاره گردو در مدت زمان ۳۰ و ۶۰ دقیقه به ترتیب برابر با ۹۷/۷٪ و ۹۸/۴٪ بوده و با گذشت زمان به دلیل حضور پروتئین‌های فعال در عصاره منعقدکننده از کارایی جذب کاسته شده است.^{۳۵} و یا نتایج مطالعه‌ای نشان داد که با افزایش زمان تماس از ۵ به ۳۰ دقیقه، کارایی حذف کدورت توسط منعقدکننده کیتوسان به دلیل اشباع جایگاه‌های فعال جذب در سطح جاذب توسط کدورت افزایش یافته است.^{۴۵}

نتایج نشان داد که با افزایش مقادیر کدورت به عنوان ماده جذب شونده، کارایی حذف کدورت کاهش یافته است که با نتایج سایر پژوهش‌ها از جمله مطالعه‌ای که طی آن مشخص شد با افزایش غلظت اولیه کدورت پساب از ۱۰۰ NTU به ۶۰۰ NTU، کارایی حذف از ۸۷٪ به ۶۷٪ کاهش یافته است.^{۴۵}، همخوانی دارد.

نتایج بررسی مدل‌های جذب نشان داد که جذب کدورت توسط منعقدکننده عصاره بذر درخت چنار از مدل جذب لانگمیر تبعیت کرده است که بیانگر جذب تک لایه بر روی مکان‌های سطحی همگن ویژه درون جاذب است. به علاوه، بیشینه ظرفیت جذب جاذب در مقادیر ۰/۲۰۳ میلی گرم در گرم از منعقدکننده حاصل شد.

(۲۰۰۴)^{۵۸}، Babu و Chaudhuri (۲۰۰۵)^{۵۹}، Graham و همکاران (۲۰۰۸)^{۶۰} و Pritchard و همکاران (۲۰۰۹)^{۶۱} اشاره کرد. این در حالی است که نتایج مطالعه Adams و Mulaba-Bafubandi (۲۰۱۴) بیانگر حذف کدورت تا ۹۶٪ توسط منعقدکننده خاکستر پوسته برنج بود^{۶۲}.

نتیجه گیری

نتایج حاصله نشان داد که جاذب عصاره بذر درخت چنار کارایی خوبی در حذف کدورت از پساب را دارد و می تواند به عنوان جایگزینی مناسب برای کاهش مشکلات ناشی از منعقد کننده های متداول شیمیایی در تصفیه خانه های فاضلاب استفاده گردد. تصاویر SEM بدست آمده از بررسی طیف XRD بعد از فرایند جذب نشان از حضور کدورت در بین ذرات جاذب بود که تایید کننده کارایی جاذب در عمل جذب است. بررسی طیف FRIT منعقد کننده عصاره بذر درخت چنار نشان دهنده حضور گروه های عاملی فعال آلکوکسی (-OCH₃)، کربونیل (C=O)، هیدروکسیل (-OH) و -CH₃ در جاذب است که نقش مهمی در فرایند جذب کدورت دارند.

تقدیر و تشکر

این مقاله مستخرج از رساله دکتری تخصصی آلودگی محیط زیست مصوب دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان با کد ۱۷۱۴۸۰۰۶۲۶۵۶۲۲۸۱۶۲۲۹۲۳۶۶ است. نویسندگان از همه عزیزانی که در انجام این پژوهش همکاری داشته اند تشکر و قدرانی می کنند.

از طرفی، فرآیند جذب کدورت توسط منعقدکننده عصاره بذر درخت چنار با $R^2 > 0.99$ تطابق خوبی با مدل شبه مرتبه دوم داشته و از این سینتیک پیروی کرده است. همچنین، نتایج نشان داد که سازوکار غالب در حذف کدورت توسط منعقدکننده عصاره بذر درخت چنار، جذب سطحی و خنثی سازی بار و پل زنی بین ذره ای بوده است.

به منظور اثبات عمل جذب کدورت توسط منعقدکننده عصاره بذر درخت چنار اقدام به تهیه تصاویر از لخته های حاصل شد که مورفولوژی سطح منعقدکننده بعد از عمل انعقاد در شکل ۱ آورده شده است.

همانگونه که در تصاویر SEM با بزرگنمایی های ۱۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ برابر از لخته های ناشی از انعقاد کدورت و منعقدکننده طبیعی عصاره بذر درخت چنار نشان داده شده است، لخته های تشکیل شده، شکل نامنظمی داشته و عموماً شامل ذرات درشت باریک و نوک تیز با سطحی صاف هستند که به یکدیگر متصل شده و ذرات بزرگ تر را تشکیل داده اند که شبیه اتصالات میله مانند است و به شکل گل دیده می شوند. نتایج نشان دادند که منعقدکننده عصاره بذر درخت چنار از کارایی ۹۸ درصدی در حذف کدورت برخوردار بوده است.

نتایج سایر مطالعه ها هم در تایید یافته های پژوهش حاضر بودند که در این خصوص می توان به نتایج مطالعه های Xiong و همکاران (۲۰۱۲)^{۶۱}، Razib و همکاران (۲۰۱۷)^{۶۲}، Musah و همکاران (۲۰۱۷)^{۶۳}، Idris و همکاران (۲۰۱۳)^{۶۴}، Omar و همکاران (۲۰۱۳)^{۶۵}، Ali و همکاران (۲۰۱۰)^{۶۶}، Fatehah و همکاران (۲۰۱۳)^{۶۷}، Alima Esther Irma Nougbodé و همکاران (۲۰۱۳)^{۶۸}، Katayon و همکاران (۲۰۰۶)^{۶۹}، Mandloi و همکاران

References

- 1) Kawamura S. Effectiveness of natural polyelectrolyte in water treatment. *J Chem Environ* 2017;15(1): 89-91.
- 2) Jeon J, Kim E, Murugesan K, et al. Use of grape seed and its natural polyphenol extracts a natural organic coagulant for removal cationic dyes. *Chemosphere* 2018;77(1): 1090-98.
- 3) Shamohammadi Z, Moazed H, Jafari N, et al. Removal of low concentrations of cadmium from water using improved rice husk. *J Water Wastewater* 2018;67(1): 27-33 (In Persian).
- 4) Kaewprasit C, Hequet E, Abidi N, et al. Application of methylene blue adsorption to cotton fiber specific surface area measurement: part I. *Methodology. J Cotton Sci* 2018;2(1): 164-73.
- 5) Jahangiri A, Ahesi A, Maleki B. Removal of cadmium from aqueous solutions by improved bio-adsorbent of wheat straw. *J Environ Technol Sci* 2018;19(1): 14-30 (In Persian).
- 6) Craven P, Mkandawire T, Edmondson T. A study of the parameters affecting the effectiveness of *Moringa oleifera* in drinking water purification. *J Phys Chem Earth* 2016;35(1): 791-7.
- 7) Maleki K. Quality of water treated by coagulation, using *Moringa oleifera* seeds. *J Water Res Manage* 2018;32(1): 781-91 (In Persian).
- 8) Suleymani A, Okuofu C, Mahmodi A. Coagulation of low turbidity surface waters with *Moringa oleifera* seeds. *J Environ Stud* 2016;48(1): 263-2 (In Persian).
- 9) Gholami F, Mahvi A, Naseri S, et al. Application of immobilized horseradish peroxidase for removal and detoxification of dye from aqueous solution. *J Chem Environ* 2017;15(1): 217-22 (In Persian).
- 10) Mohan S, Mamatha V, Karthikeyan J. Removal of color from acid and direct dyes by adsorption onto silica fumes. *J Environ Pollut* 2018;7(1): 51-8.
- 11) Mostafapoor F, Bazrafshan A, Kamali H. Comparative study of the efficacy of Aluminum Sulfate, Ferric Chloride and Poly Aluminum Chloride coagulants in removing turbidity from drinking water. *J Eng Water Sci* 2018;3(6): 25-39 (In Persian).
- 12) Afkhami A, Tehrani M, Bagheri H. Simultaneous removal of heavy-metal wastewater samples using nanoalumina modified with 2, 4 dinitrophenyl hydrazine. *J Hazard Mater* 2018;18(1): 836-44 (In Persian).
- 13) Katayon S, Noori M, Asma M. et al. Effects of storage conditions of *Moringa oleifera* seeds on its performance in coagulation. *J Biores Technol* 2006;97: 1455-60 (In Persian).
- 14) Baptista A, Coldebella P, Cardines P. Coagulation–flocculation process with ultrafiltered saline extract of *Moringa oleifera* for the treatment of surface water. *J Chem Eng* 2015;276(1): 166-73.
- 15) Boulaadjoul S, Zemmouri H, Bendjama Z, et al. A novel use of *Moringa oleifera* seed powder in enhancing the primary treatment of paper mill effluent. *J Chemosphere* 2018;206(1): 142-49.
- 16) Freitas T, Oliveira V, Souza M, et al. Optimization of coagulation-flocculation process for treatment of industrial textile wastewater using okra (*A. esculentus*) mucilage as natural coagulant. *J Ind Crop Prod* 2015;76(1): 538-44.
- 17) Sciban M, Klačnja M, Antov M. Removal of water turbidity by natural coagulants obtained from chestnut and acorn. *J Biores Technol* 2016;100(1): 6639-43.
- 18) Shahsuni A, Bina B. Comparison of *Moringa Oleifera* seed extract efficiency with polyaluminum chloride in water turbidity removal. *J Environ Health* 2007;7(2): 74-85 (In Persian).
- 19) Barakat M. New trends in removing heavy metals from industrial wastewater. *J Chemistry* 2016;4(4): 361-77.
- 20) Pirsahed M, Zinatizadeh A, Dargahi A. Performance evaluation of coagulation process in removal of low turbidity and color from water using different inorganic coagulants. *J Water Wastewater* 2018;1(2): 111-18 (In Persian).
- 21) Diaz A, Rincon N, Escorihuela A, et al. A preliminary evaluation of turbidity removal by natural coagulants indigenous to Venezuela. *J Process Biochem* 2017;35(7): 391-5.
- 22) Celekli A, Yavuzatmaca M, Bozkurt H. Kinetic and equilibrium studies on the adsorption of reactive red 120 from aqueous solution on *Spirogyra majuscula*. *J Chem Res* 2016;52(4): 139-45.
- 23) Donmez M, Akbal F. The removal of As (V) from drinking waters by coagulation process using iron salts. *J Trend Chem Sci Eng Technol* 2016;78(5): 437-9.
- 24) Gimbert F, Morin N, Renault F, et al. Adsorption isotherm models for dye removal by cationized

- starch-based material in a single component system. J Hazard Mater 2018;157(1): 34-46.
- 25) Saruchi A, Kumar V. Adsorption kinetics and isotherms for the removal of rhodamine B dye and Pb^{+2} ions from aqueous solutions by a hybrid ion-exchanger. J Chemistry 2019;12(2): 316-29.
 - 26) Cheraghi M, Sobhanardakani S, Zandipak R, et al. Removal of Pb from aqueous solutions using waste tea leaves. J Toxicology 2015;9(28): 1247-53.
 - 27) Zandipak R, Sobhanardakani S, Shirzadi A. Synthesis and application of nanocomposite as a novel adsorbent for removal of cyclophosphamide from water samples. J Sci Technol 2020;55(3): 456-70.
 - 28) Talebzadeh F, Zandipak R, Sobhanardakani S. CeO_2 nanoparticles supported on $CuFe_2O_4$ nanofibers as novel adsorbent for removal (Pb, Ni and V) ions from petrochemical wastewater. J Desalin Water Treat 2016;57(58): 28363-77.
 - 29) Ghoochian M, Ahmad Panahi H, Sobhanardakani S, et al. Synthesis and application (Fe_3O_4 , SiO_2 , thermosensitive, PAMAM-CS) nanoparticles as a novel adsorbent for removal of tamoxifen from water samples. Microchem 2019;145(5): 1231-40.
 - 30) Dehghani M, Mahvi A, Rastkari N, et al. Adsorption of bisphenol a (BPA) from aqueous solutions by carbon nanotubes: kinetic and equilibrium studies. J Water Treat 2015;54(9): 84-92.
 - 31) Lagergen S. Removal of water turbidity by natural coagulants. J Physics Chem Earth 2017;40(8): 112-30.
 - 32) Hoy S, Mcay G. Pseudo-second order model for sorption processes. J Process Biochem 1999;34(1): 451-65.
 - 33) Mohammadi M. Use of national coagulant for removal turbidity of wastewater. J Sci Environ Water 1999;11(5): 297-311.
 - 34) Zhang Y, William T, Berger F. Factors affecting removal of selenate in agricultural drainage water utilizing rice straw. Sci Total Environ 2003;305(7): 207-16.
 - 35) Zedan T, Mossad M, Fouad M, et al. Potential application of natural coagulant extraction from walnut seeds for water turbidity removal. J Water Pract Technol 2022;10(2): 200-16.
 - 36) Zhang J, Zhang F, Luo Y, et al. A preliminary study on cactus as coagulant in water treatment. J Process Biochem 2006;41(8): 730-3.
 - 37) Pritchard M, Craven T, Mkandawire T, et al. A study of the parameters affecting the effectiveness of *Moringa Oleifera* in drinking water purification. J Physic Chem Earth 2010;35(8): 791-7.
 - 38) Kumar P, Rekhi S, Thyagarajan A. Removal of turbidity from washing machine discharge using *Strychnos potatorum* seeds: Parameter optimization and mechanism prediction. J Res Eff Technol 2016;2(1): 171-6.
 - 39) Mandal H. Influence of wastewater pH on turbidity. J Environ Res Dev 2014;4(2): 105-14.
 - 40) Adams F, Bafubiandi A. Application of rice hull ash for turbidity removal from water. J Physics Chem Earth 2014;72(75): 73-6.
 - 41) Muthuraman G, Sasikala S. Removal of turbidity from drinking water using natural coagulants. J Ind Eng Chem 2014;20(4): 1727-31.
 - 42) Usefi S, Asadi M, Izanloo H, et al. The performance of starch as a natural coagulant for turbidity removal from wastewater in stone cutting industry. Arch Hyg Sci 2019;8(1):17-26.
 - 43) Bina B, Shahsuni A, Asghari G, et al. Comparison of *Moringa Oliphra* and polyaluminum chloride seed extract efficiency in removal of water turd. J Water Wastewater 2007;61(8): 24-33 (In Persian).
 - 44) Ahmadi M, Borghei M, Hasani A. Comparison of *Moringa Oliphra* and Magnafac seed extract as coagulant aid in water turbidity removal. J Water Wastewater 2014;2(1): 31-7 (In Persian).
 - 45) Mohammadi A, Asgatri G, Mobarakyan S, et al. Removal of turbidity from raw water using chitosan as a coagulant in the electrical coagulation process by aluminum electrode. J Med Sci 2016;4(17): 98-104 (In Persian).
 - 46) Rezaei F, Daryabeygi A, Mehردادان S. Removal of turbidity of water using Esfarze extract in coagulation and flocculation process. J Sci Health Environ. 2016;5(1): 79-93.
 - 47) Kumar P, Centhil V, Kameshwari R, et al. Experimental study on parameter estimation and mechanism for the removal of turbidity from groundwater and synthetic water using *Moringa Oleifera* seed powder. J Res Water Treat 2016;57(7): 5488-97.
 - 48) Ahmadi, A, Sheikhi R, Razi A, et al. Potential of local plant leaves as natural coagulant for turbidity removal. J Environ Sci Pollut Res 2022;29(2): 2579-87.

- 49) Yazdani V, Banzhad H, Rahmani A. Performance of *Moringa Oleifera* grain powder in comparison with aluminum sulfate and polyaluminum chloride in treatment of contaminated water, J Environ Sci Technol 2018;4(19): 324-34 (In Persian).
- 50) Sengupta M, Keraita B, Olsen A. Use of *Moringa Oleifera* seed extracts to reduce helminth egg numbers and turbidity in irrigation water. J Water Res 2012;46(12): 3646 -56.
- 51) Xiong J, Zhang Y. Leaves of *Platanus Orientalis* as the carbon source for denitrification. J Water Res 2012;46(11): 57-61.
- 52) Razib H, Rahaman A, Akter M, et al. Removal of Chromium from tannery effluent using plant bark and leaf. J Energy Environ Focus 2017;6(2): 139-44.
- 53) Musah B, Song S. Removal of Cr from aqueous solution by *Platanus Orientalis* leaf powders. J Environ Agr Biotechnol 2017;2(6): 3100-09.
- 54) Idris J, Som A, Musa M, et al. Dragon fruit foliage plant-based coagulant for treatment of concentrated latex effluent: comparison of treatment with ferric sulfate. J Chem Eng 2013;7(4): 230-60.
- 55) Fateh M, Hossain S. Semiconductor wastewater treatment using Tapioca Starch as a natural coagulant. J Water Res Prot 2013;5(2): 1018-26.
- 56) Alipoor E, Muyibi S, Sallehi H, et al. Production of natural coagulant from *Moringa Oleifera* seed for application in treatment of low turbidity water. J Water Res Prot 2010;2(1): 259-66.
- 57) Alima Y, Pascal C, Yaya A, et al. Evaluation of the *Opuntia Dillenii* as natural coagulant in water clarification: Case of treatment of highly turbid surface water. J Water Res Prot 2013;5(1): 1242-6.
- 58) Mandloi M, Chaudhari S, Folkard G. Evaluation of natural coagulants for direct filtration. J Environ Technol 2004;25(4): 481-9.
- 59) Babu R, Chaudhuri M. Home water treatment by direct filtration with natural coagulant. J Water Health 2005;3(1): 27-30.
- 60) Graham N, Gang F, Fowler J, et al. Characterisation and coagulation performance of a tannin-based cationic polymer: a preliminary assessment. J Colloids Surf 2008;3(27): 9-16.
- 61) Pritchard M, Mkandawire T, Edmondson A, et al. Potential of using plant extracts for purification of shallow well water in Malawi. J Phys Chem Earth 2009;3(4): 799-805.

Evaluation of efficiency of extracted natural coagulant from plane tree seed for turbidity removal from industrial effluent (Case study: Effluent of Hamedan Pegah Dairy Company)

Negar Golzadeh¹, Bahareh Lorestani^{2*}, Soheil Sobhanardakani³, Mehrdad Cheraghi³, Nematollah Khorasani⁴

¹PhD Student in Environmental Science, Department of the Environment, College of Basic Sciences, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran

² Ph.D. in Environmental Science, Associate Professor in Environmental Science, Department of the Environment, College of Basic Sciences, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran.

³ Ph.D. in Environmental Science, Professor in Environmental Science, Department of the Environment, College of Basic Sciences, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran.

⁴ Ph.D. in Environmental Science, Professor in Environmental Science, Department of Environmental Science and Engineering, College of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

(Email: Email: lorestanib@iauh.ac.ir)

Received: 10 August 2022, Accepted: 14 January 2023

ABSTRACT

Background and Objective: Wastewater of food industries contains large amounts of suspended solids and other chemicals which produced during cleaning and sanitary purposes. Therefore, removal of these pollutants from effluent is very important. The aim of this study was to removal of turbidity from the effluent of Hamedan Pegah Dairy Company using extracted natural coagulant from plane seed

Methods and Methods: In this descriptive study, the effects of contact time, adsorbent dose, pH and turbidity values on efficiency of turbidity removal from food industries effluent were investigated. Also, adsorbent characterized by scanning electron microscopy (SEM), and Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR), moreover, the adsorption of turbidity studied from both kinetics and equilibrium points of view.

Results: Based on the results obtained, the highest turbidity removal efficiency at optimum conditions (i.e. pH of 8, contact time of 60 min, initial turbidity of 1 NTU and adsorbent dose of 0.1 g/l) was found to be 98%. Also, the adsorption kinetic of turbidity via plane tree seed coagulant followed pseudo second-order (PSO) model ($R^2 = 0.991$), while the adsorption isotherm obeyed Langmuir model ($R^2 = 0.994$) with maximum adsorption capacities of 0.203 mg/g.

Conclusion: In conclusion, due to the natural coagulant from plane tree seed showed a high efficiency to removal of turbidity from wastewater, it could be used as a suitable alternative in comparing with common chemical coagulants for reduce the pollutants from the effluent of food industries in wastewater treatment plants.

Keywords: Plane seed, Adsorption, Industrial effluent, Turbidity, Natural coagulant.