

1038O-NWWCE

بررسی کارایی کیتین استخراج شده از پوست میگو در حذف رنگزای ری اکتیو بلو ۲۹ (RB₂₉)، (مطالعه ایزوترم و سینتیک)

علی نقی زاده^۱، مریم غفوری^۲

۱- استادیار و عضو هیئت علمی، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی
بیرجند

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی بیرجند

Maryamghafoory787@gmail.com

خلاصه

کمبود آب ناشی از رشد اقتصادی و جمعیت به عنوان یکی از مهم ترین تهدیدها برای جوامع بشری و محدودیت برای توسعه پایدار در نظر گرفته می شود. استفاده مجدد از آب، راهکاری مهم در یافتن منابع جدید است و می تواند در بسیاری موارد به عنوان یک منبع آب جایگزین می باشد. سالانه ۱/۶ میلیون تن رنگ تولید شده و ۱۵-۱۰٪ این مقدار به فاضلاب تخلیه می شود. هدف از این مطالعه بررسی کارایی کیتین استخراج شده از پوست میگو در حذف رنگزای ری اکتیو بلو ۲۹ است. این مطالعه، به صورت سیستم ناپیوسته انجام شد. پس از استخراج کیتین، اثر پارامترهای: pH، غلظت اولیه رنگ، زمان تماس و دوز جاذب توسط آن در حذف رنگ و همچنین، ایزوترم و سینتیک فرایند جذب بررسی گردید. طبق نتایج این تحقیق: حداکثر ظرفیت جذب کیتین در شرایط بهینه برابر ۱۱۶/۰۷ mg/g است. داده های آزمایشگاهی نشان دهنده تطابق نتایج با مدل ایزوترم لانگمویر و سینتیک شبه درجه دو می باشد. با استفاده از نتایج بدست آمده از این مطالعه می توان کیتین را جاذب مناسبی برای حذف این رنگزا از محلول های آبی پیشنهاد کرد.

کلمات کلیدی: رنگ ری اکتیو آبی ۲۹، کیتین، جذب سطحی، ایزوترم، سینتیک

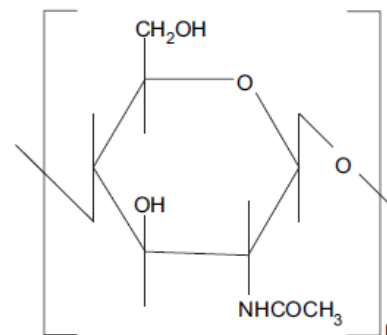
۱. مقدمه

کمبود آب ناشی از رشد اقتصادی و جمعیت به عنوان یکی از مهم ترین تهدیدها برای جوامع بشری و محدودیت برای توسعه پایدار در نظر گرفته می شود. در دهه های آینده، آب ممکن است تبدیل به منابع استراتژیک، به خصوص در مناطق خشک و نیمه خشک جهان شود [۱]. ایران از کشورهایی است که از کمبود آب برای اهداف صنعتی و آشامیدنی رنج می برد. استفاده مجدد از آب، راهکاری مهم در یافتن منابع جدید است. بازیافت آب و استفاده مجدد یک منبع برای تولید آب از فاضلاب است [۲]. این استراتژی بر تصفیه فاضلاب و پساب ها و چرخه آب، تمرکز دارد [۳]. تولید سالانه جهانی کل رنگ بیشتر از ۷۰۰ هزار تن است، که تقریباً ۲٪ رنگ به فاضلاب تخلیه می شود [۴]. امروزه رنگ های سنتتیک به طور گسترده در بسیاری از صنایع از قبیل: نساجی، چرم، آرایشی بهداشتی، کاغذ و خمیر کاغذسازی، چاپ جوهرافشان، پلاستیک، صنایع غذایی، دارویی و... استفاده می شود [۵]. رنگرهای راکتیو در دسته رنگ های آزو طبقه بندی می شوند [۶]. مواد رنگزای گروه آزو دارای یک یا چند پیوند آزو (N=N) هستند و یکی از بزرگ ترین گروه رنگ های سنتتیک به شمار می آیند [۷]. رنگ های ری اکتیو رایج ترین رنگ های مورد استفاده به دلیل مزایایی از قبیل: رنگرزی براق، رنگ پذیری سریع و سهولت کاربرد هستند [۸]. رنگ های آزو

و فرآورده های واسطه ای آن ها برای زندگی آبریان سمی، سرطان زا و جهش زا می باشند [۹]، همچنین بروز سرطان و موتاسیون را در انسان ها تسریع می کنند [۱۰]. فاضلاب رنگی مشکلات بهره برداری در تصفیه خانه نظیر: ایجاد کف و رنگ پایدار، افزایش pH، دما و فلزات سنگین ایجاد می کنند [۱۱]. روش های فیزیکی - شیمیایی متعددی همچون فلوکولاسیون، انعقاد، فیلتراسیون غشایی و جذب سطحی برای رنگ زدایی پساب های نساجی مورد استفاده قرار گرفته است [۱۲]. حذف این رنگ ها با روش های تصفیه بیولوژیکی و فیزیکوشیمیایی متداول مشکل است [۱۳]. جذب از مهمترین تکنیک های قابل قبول جهت کاهش غلظت رنگ های حل شده از محلول های آبی است [۱۴]. اخیرا تلاش شده است تا از مواد مقرون به صرفه تر، به عنوان جاذب در تصفیه ثالثیه فاضلاب استفاده شود [۱۵]. کیتین دومین پلی ساکارید فراوان بعد از سلولز است [۱۶]. کیتین در پوسته سخت پوستان مانند: خرچنگ، میگو، لایه شاخی حشرات و دیواره سلولی قارچ یافت می شود [۱۷]. کیتین برای مدتی طولانی به عنوان یک پلیمر غیر قابل تصفیه، به دلیل ماهیت ذاتی نامحلول آن در نظر گرفته می شد [۱۸]. جدیداً در زمینه های زیست پزشکی، داروسازی و بیوتکنولوژی با توجه به خصوصیات: سازگاری زیستی، تجزیه پذیری زیستی و فعالیت بیولوژیکی مورد توجه قرار گرفته است [۱۹]. اطلاعات محدودی در زمینه جذب سطحی رنگ با کیتین وجود دارد [۸]. در این تحقیق بررسی کارایی کیتین استخراج شده از پوست میگو در حذف رنگزای ری اکتیو بلو ۲۹ مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۱).

جدول ۱- مشخصات رنگ ری اکتیو آبی ۲۹. [۲۰] و ساختار بیوپلیمر کیتین [۸]

	ساختار شیمیایی
RB29	علامت اختصاری
$C_{29}H_{15}Cl_2N_5Na_2O_9S_2$	فرمول شیمیایی
۵۸۹	طول موج حداکثر جذب (λ_{max} nm)
۷۸۸	وزن مولکولی g/mol



۲. روش تحقیق

این پژوهش، یک مطالعه تجربی کاربردی بوده که به صورت سیستم ناپایسته انجام گرفت. رنگ ری اکتیو آبی ۲۹ تجاری از کمپانی سیگما آلد ریچ، Loius (St. MO, USA) خریداری و بدون خالص سازی استفاده گردید. همچنین مواد شیمیایی مورد نیاز در این مطالعه شامل: NaOH، HCl از شرکت Merck آلمان (Darmstadt, Germany) تهیه گردید. تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)، همچنین طیف سنجی پراش اشعه ایکس (XRD) با دستگاه X' Pert Pro شرکت Panalytical تهیه گردید.

۳. سنتز و آماده سازی جاذب

پوست میگو به صورت ضایعات شیلاتی میگوی صید شده از آب های خلیج فارس تهیه شد. تهیه کیتین طی دو مرحله اصلی انجام گرفت که شامل: ۱- معدنی زدایی و ۲- پروتئین زدایی [۲۱] بود. معدنی سازی به طور کامل در طی ۱۵ دقیقه در دمای محیط، در حضور ۰.۲۵ مولار HCl (با نسبت جامد به مایع ۱/۴۰) (w/v) انجام گرفت و پروتئین زدایی با NaOH ۱ مولار در طی ۲۴ ساعت در دمای نزدیک به ۷۰ درجه سانتی گراد بدست آمد [۲۲]. کیتین بدست آمده، در دمای محیط کاملاً خشک شده و سپس به حالت پودری در آمد.

۴. آزمایش‌های جذب

در آزمایشات اثر پارامترهای مختلفی از قبیل: pH، غلظت اولیه رنگ، دوز جاذب، زمان تماس، ایزوترم و سینتیک فرایند جذب مورد بررسی قرار گرفت. تأثیر هر پارامتر در کلیه مراحل آزمایش با تغییر پارامتر موردنظر و ثابت در نظر گرفتن سایر پارامترهای ذکر شده بررسی شد، سپس مدل‌های ایزوترمی و سینتیک جذب تعیین گردید. آزمایش‌ها دو بار تکرار و نتایج ارائه شده، میانگین داده‌های به دست آمده است. میزان ظرفیت جذب رنگ RB29 توسط کیتین با فرمول زیر محاسبه شد:

$$q_e = \frac{(C_0 - C_e)}{M} \times V \quad (1)$$

که در آن:

C_0 : غلظت اولیه رنگ ری اکتیو آبی ۲۹ (mg/L), C_e : غلظت پایانی رنگ ری اکتیو آبی ۲۹ (mg/L), M : جرم جاذب (g), V : حجم محلول (L) می باشد. برای مطالعات ایزوترم‌های جذب داده‌های آزمایش با استفاده از معادلات ایزوترم فرندلیچ و لانگمویر مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. اشکال خطی معادلات لانگمویر و فرندلیچ را می‌توان به ترتیب به شرح زیر بیان کرد:

$$\frac{C_e}{Q_e} = \frac{1}{Q_{max} K_L} + \frac{C_e}{Q_{max}} \quad (2)$$

$$\ln Q_e = \left(\frac{1}{n}\right) \ln C_e + \ln K_f \quad (3)$$

که در آن:

Q_e : غلظت رنگ تعادلی در فاز جامد بر حسب (mg/g), Q_{max} : ماکزیمم مقدار جذب سطحی بر حسب (mg/g), K_L : ثابت تعادل جذب سطحی لانگمویر بر حسب (L/mg), K_f : ثابت فرندلیچ بر حسب ($mg^{1-1/n} L^{1/n}/g$), که نشان دهنده ظرفیت جذب سطحی و n : ثابتی است که نشان دهنده شدت جذب سطحی است. برای مطالعه سینتیک جذب، دو مدل رایج شبه درجه یک و شبه درجه دو استفاده شد تا داده‌های تعادلی را بررسی کند. ضریب همبستگی (R^2) به عنوان معیاری از تطابق بین داده‌های تجربی و دو مدل پیشنهادی در نظر گرفته می‌شود. مدل سینتیکی شبه درجه اول یا معادله به صورت زیر است:

$$\text{Log}(q_e - q_t) = \text{Log} q_e - \frac{k_1}{2.303} t \quad (4)$$

که: q_e و q_t : مقدار ماده جذب شده روی جاذب در زمان t و در زمان تعادل (mg/g), K_1 : ثابت سرعت جذب شبه درجه یک ($1/min$) می باشد.

رسم نمودار $\text{Log}(q_e - q_t)$ در برابر t برای تعیین مقدار ثابت k و ضریب R^2 استفاده می‌شود. معادله شبه درجه دو به صورت زیر است:

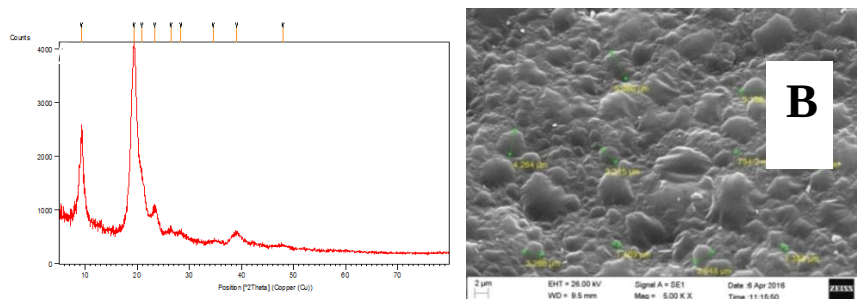
$$\frac{t}{q_t} = \left(\frac{1}{q_e^2 k_2}\right) + \left(\frac{1}{q_e}\right) \times t \quad (5)$$

که K_2 : ثابت سرعت جذب شبه درجه دو ($g/(mg \min)$) می باشد. رسم نمودار t/q_t در برابر t برای بدست آوردن پارامترهای سرعت به کار برده می‌شود و نتایج، تطابق این مدل سینتیکی را با داده‌های تجربی پیشنهاد می‌کند. مقادیر q_e و k_2 از محاسبه شیب و عرض از مبدا رسم این نمودار تعیین می‌شود.

۵. یافته‌ها و نتیجه گیری

۵-۱- خصوصیات کیتین استخراج شده از پوست میگو

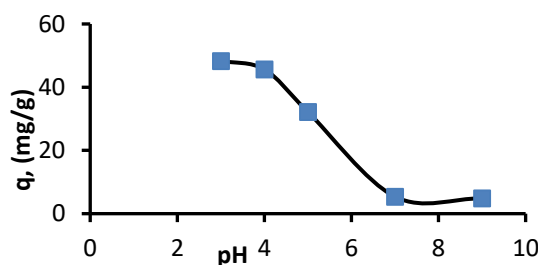
شکل (A) ۱ میکروگراف SEM کیتین تهیه شده از پوسته میگو را نشان می‌دهد. با توجه به شکل ساختار کیتین به صورت متراکم و ذرات بدون منفذ نظر می‌رسد. علاوه بر این، مشخص است که سطح ذرات ناهمگن است و اندازه ذرات در طیف گسترده‌ای در رنج ۵ میکرون تا حدود ۷۰۰ نانومتر مشاهده می‌شود. مورفولوژی سطح کیتین، بطور قابل توجهی به منبع کیتین خام و روش آماده سازی بستگی دارد [۲۳]. شکل (B) ۱ الگوی پراش اشعه ایکس کیتین را نشان می‌دهد. در الگوی مشاهده شده کیتین دو پیک کریستالی مشخص در 2θ برابر 10° و $19-21^\circ$ مشاهده می‌شود. سیگنالهای مشاهده شده در 2θ برابر $10/6^\circ$ ، به دلیل N-استیل D-گلوکز آمین است. همچنین پیک‌های در حدود $19/3^\circ = 2\theta$ مرتبط با توالی‌های N-گلوکز آمین است. اگرچه الگوهای مشابهی از مطالعات گذشته مشاهده می‌شود، اما منبع کیتین و روش جداسازی در ساختار کریستالی کیتین مهم است [۲۳].



شکل ۱- عکس میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) گرفته شده از کیتین (A)، طیف پراش اشعه ایکس (XRD) گرفته شده از کیتین (B)

۲-۵- بررسی تأثیر pH بر جذب رنگ ری اکتیو آبی ۲۹ توسط کیتین

در این مطالعه اثر pH محلول در محدوده ۳ تا ۹ بر میزان حذف رنگ ری اکتیو آبی ۲۹ توسط کیتین بررسی شد. نتایج حاصل از تأثیر pH بر میزان جذب رنگ RB 29 در شکل ۲ نشان داده شده است.



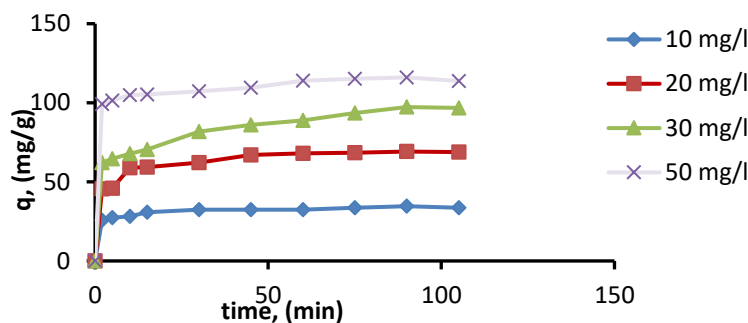
شکل ۲- تأثیر pH اولیه محلول بر میزان جذب رنگ RB29 توسط کیتین، (حجم محلول ۰/۱ L، دوز جاذب ۰/۲ g/L، غلظت اولیه رنگ ۱۰ mg/L)

طبق شکل ۲ ظرفیت جذب رنگ ری اکتیو آبی ۲۹ در pH=۳ بیشترین مقدار و برابر با ۴۸/۳۱ mg/g می باشد و با افزایش pH ظرفیت جذب کاهش یافته است. در مطالعات دیگر نیز کارایی جذب رنگ در شرایط اسیدی بالاتر بود [۲۴]. رنگ‌های ری اکتیو در ساختارشان گروه SO_3^- وجود دارد. این گروه ها، باعث می شود که رنگ ها نسبتا اسیدی باشند. در ساختار کیتین گروه آمینو وجود دارد [۲۵]. بسته به pH آب پلیمرهای حاوی گروه آمینو خنثی (NH_2) یا کاتیونیک (NH_3^+) هستند. در pH با اسیدیته بالاتر، گروه های آمین مولکول های کیتین به فرم گروه های NH_3^+ در دسترس خواهند بود، که در نتیجه جاذبه الکترواستاتیک بین مولکول های رنگ با بار منفی و سایت های جذب افزایش می یابد و باعث افزایش جذب رنگ می شود. نتایج نشان می دهد که گرایش به جذب بیشتر برای رنگ های آنیونی (در رنج pH ۴-۳) وجود دارد. در pH پایین تر از ۲، آنیون ها با رنگ های آنیونی رقابت می کنند، در نتیجه جذب را کاهش می دهند [۲۶]. نتایج مطالعه Ozacar و همکارانش نیز با نتیجه مطالعه حاضر همخوانی دارد [۱۴].

۳-۵- بررسی تأثیر غلظت اولیه رنگ ری اکتیو آبی ۲۹، در زمان های مختلف

نتایج حاصل از بررسی غلظت اولیه رنگ ری اکتیو آبی ۲۹ بر جذب آن توسط کیتین در بازه های زمانی مختلف در شکل ۳ نشان داده شده است. طبق شکل ۳ ظرفیت جذب رنگ با افزایش غلظت افزایش یافته است تا اینکه در تمامی غلظت ها در زمان ۹۰ دقیقه به حالت تعادل رسیده است. در غلظت های ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۵۰ mg/L ظرفیت جذب در زمان تعادل به ترتیب برابر با: ۳۴/۶۱، ۹۰/۶۹، ۹۷/۳، ۱۱۶/۰۷ mg/g می باشد. طبق نتایج جاذب در همان دقایق اولیه حداکثر جذب را داشت و سپس سرعت جذب کندتر شد، و دلیل این روند را می توان پر شدن منافذ جاذب دانست. در دقایق اولیه، به دلیل نیروی قوی و سریع

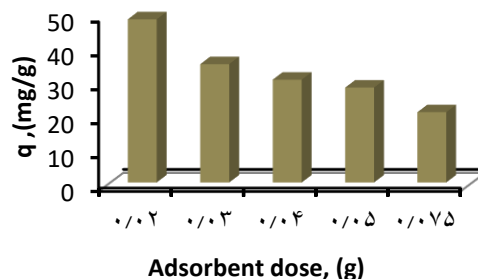
واندروالسی فرایند جذب با سرعت رخ می دهد [۲۷]. در مطالعه ای در سال ۲۰۱۳، میزان جذب بالای رنگ بروی جاذب در ۱۵ دقیقه اول، به دلیل تعداد سایت های جذب در دسترس گزارش شد که با نتیجه مطالعه حاضر همخوانی دارد [۲۰].



شکل ۳- تأثیر غلظت اولیه رنگ RB29 بر جذب آن در زمانهای مختلف، (pH=۳، حجم محلول ۰/۱ L، دوز جاذب ۰/۲ g/L، غلظت اولیه رنگ ۵۰ mg/L)

۴-۵- بررسی تأثیر دوز جاذب بر جذب رنگ ری اکتیو آبی ۲۹ توسط کیتین

در این مطالعه دوز جاذب در مقادیر ۰/۰۲، ۰/۰۳، ۰/۰۴، ۰/۰۵، ۰/۰۷۵ و ۰/۰۷۵ g بکار برده شد و در زمان بهینه میزان جذب رنگ ری اکتیو آبی ۲۹ با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۸۹ نانومتر قرائت شد. نتایج حاصل از تأثیر دوز جاذب بر جذب رنگ توسط کیتین در شکل ۴ آورده شده است.

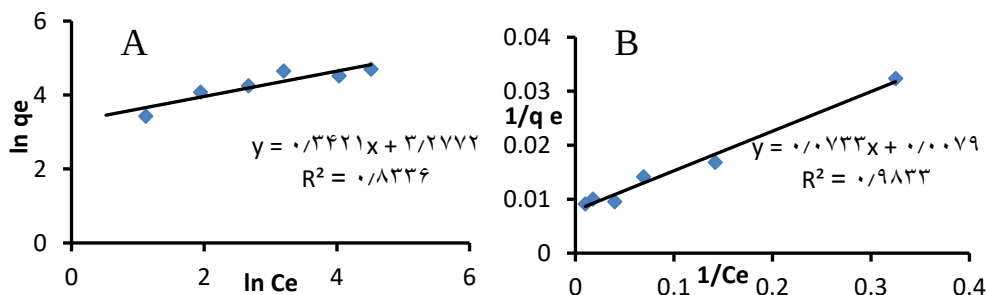


شکل ۴- تأثیر دوز جاذب بر میزان جذب رنگ ری اکتیو آبی ۲۹ توسط کیتین (pH=۳، حجم محلول ۰/۱ L، زمان تماس ۹۰ min، غلظت اولیه رنگ ۵۰ mg/L)

شکل ۴ نشان می دهد که ظرفیت جذب رنگ، با افزایش دوز جاذب کاهش یافته است. بطوری که از ۴۹/۱ mg/g در دوز ۰/۰۲ g به مقدار ۲۱/۸ mg/g در دوز ۰/۰۷۵ g کاهش یافته است. کاهش در ظرفیت جذب، با افزایش دوز جاذب در غلظت و حجم ثابت رنگ، اولاً به دلیل اشباع نشدن سایت های جذب است [۲۸]. دلیل دوم: تجمع ذره ای ناشی از جرم جاذب بالا است. این چنین تجمعی منجر به کاهش در مساحت سطحی کل جاذب و افزایش طول مسیر انتشار و در نتیجه کاهش مقدار رنگ جذب شده می شود [۲۹].

۵-۵- بررسی مدل های ایزوترم جذب

در این بخش نتایج دو نمونه از پرکاربردترین ایزوترم ها که شامل فروندلیچ، لانگمویر است، در شکل ۵ نشان داده شده است و خلاصه نتایج و ثابت های ایزوترم جذب در جدول ۲ ارائه شده است.



شکل ۵- بررسی مدل ایزوترم لانگمویر (A)، بررسی مدل ایزوترم فروندلیچ در جذب رنگ ری اکتیو آبی ۲۹ با کیتین (B)

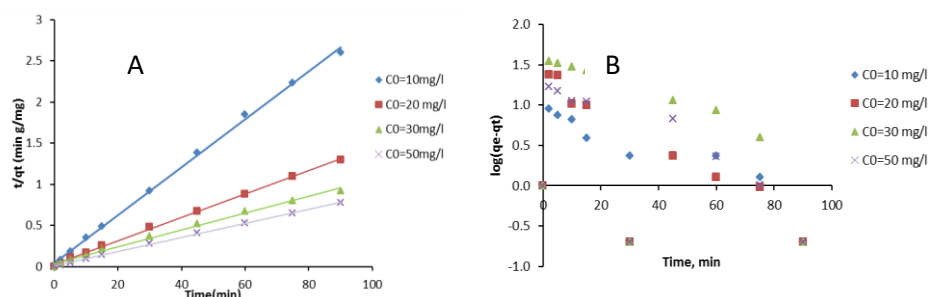
جدول ۲- ضرایب مدل های ایزوترم برای جذب رنگ ری اکتیو آبی ۲۹ توسط کیتین

ایزوترم لانگمویر				ایزوترم فروندلیچ		
$q_m(\text{mg/g})$	$K_L (\text{L/mg})$ coefficient of Langmuir equation	R_L	R^2	$K_f(\text{mg/g})$	n	R^2
235.83	0.05	0.5	0.98	22.23	1.82	0.84

شکل ۵ نشان دهنده مطالعه ایزوترم جذب رنگ ری اکتیو آبی ۲۹ توسط کیتین می باشد. ایزوترم، مهمترین پارامتر در طراحی سیستم های جذب و توصیف کننده رابطه بین غلظت ماده جذب شونده و ظرفیت جذب یک جاذب است. ایزوترم لانگمویر بر مبنای جذب (تک لایه ای و یکنواخت) همگن ماده جذب شونده با انرژی یکسان بر تمامی سطوح جاذب است. ایزوترم فروندلیچ برخلاف مدل لانگمویر، بر مبنای جذب چندلایه ای و ناهمگن ماده جذب شونده روی جاذب می باشد. با توجه به شکل ۵ و مقادیر ضرایب رگرسیون خطی، مدل لانگمویر برای داده های جذب در محدوده غلظت مورد مطالعه با مقدار $R^2 = 0.98$ در مقایسه مدل فروندلیچ با $R^2 = 0.84$ تر می باشد. Sakkayawong و همکارانش در مطالعه ای به این نتیجه رسیدند که فرایند جذب رنگ توسط کیتوزان با ایزوترم لانگمویر بهتر توصیف می شود [۲۴]. نتیجه مطالعه Özacar [۱۳]، همچنین مطالعه Radaei [۲۷] با مطالعه حاضر همخوانی دارد.

۵-۶- بررسی سینتیک جذب رنگ ری اکتیو آبی ۲۹ توسط کیتین

شکل ۶ بیانگر بررسی سینتیک جذب رنگ ری اکتیو آبی ۲۹ توسط کیتین است. مقایسه مقادیر ضریب R^2 در دو مدل سینتیکی بررسی شده و همچنین مقایسه اختلاف مقادیر ظرفیت جذب محاسبه شده از طریق فرمول (q_e, cal) و مقادیر ظرفیت جذب اندازه گیری شده توسط آزمایشات (q_e, exp) در دو مدل سینتیکی بیانگر تبعیت واکنش جذب رنگ از سینتیک شبه درجه دو می باشد. نتیجه مطالعه Uzun، با نتیجه مطالعه حاضر همخوانی دارد [۲۵].



شکل ۶- کاربرد مدل سینتیکی شبه درجه اول (A)، شبه درجه دوم (B) برای داده های تجربی (pH=3، دوز جاذب برابر 0.2 g/L ، زمان تعادل برابر ۹۰ دقیقه و حجم محلول برابر 0.1 لیتر)

جدول ۳- ضرایب مدل های سینتیکی محاسبه شده جذب رنگ ری اکتیو آبی ۲۹ توسط کیتین

C ₀ (mg/L)	سینتیک شبه درجه اول			سینتیک شبه درجه دو			q _{e,exp} (mg/g)
	K ₁ (min ⁻¹)	q _{e,cal} (mg/g)	R ²	K ₂ (g/mg min)	q _{e,cal} (mg/g)	R ²	
10	0.03	3.92	0.41	0.04	32.91	1.00	33.47
20	0.03	10.88	0.32	0.01	68.96	1.00	69.09
30	0.03	14.94	0.27	0.01	90.02	1.00	89.89
50	0.02	8.62	0.18	0.01	113.00	1.00	114.95

۶. نتیجه گیری

در سال های اخیر، تحقیقات زیادی با هدف استفاده و جایگزینی جاذب های طبیعی و کم هزینه برپایه پلیمرهای طبیعی به جای جاذب های گران مانند کربن فعال انجام گرفته است. در این تحقیق برای حذف رنگ ری اکتیو آبی ۲۹ از کیتین استخراج شده از پوست میگو استفاده شد. مقایسه بیشترین مقدار q_e بدست آمده که برابر با ۱۱۶/۰۷ بود با دیگر جاذب های به کار گرفته شده در سایر تحقیقات بیانگر کارایی بالا و مناسب این جاذب در حذف رنگزا بوده است. بررسی سینتیک و ایزوترم جذب نشان داد که فرایند یاد شده با ایزوترم لانگمویر و سینتیک شبه درجه دوم مطابقت دارد. با توجه به نتایج بدست آمده، می توان کیتین را جاذبی با کارایی مناسب در حذف رنگ ری اکتیو آبی ۲۹ از محلول های آبی پیشنهاد کرد.

۷. تقدیر و تشکر

نویسندگان این مقاله، مراتب تقدیر و تشکر خود را از معاونت تحقیقات دانشگاه علوم پزشکی بیرجند برای حمایت مالی این طرح، اعلام می دارند.

۸. مراجع

- Gohari, A., Eslamian, S., Mirchi, A., Abedi-Koupaei, J., Bavani, A.M., Madani, K., (2013). Water transfer as a solution to water shortage: a fix that can backfire. *Journal of Hydrology*, 491, pp.23-39.
- Madaeni, S., Ghanei, M., editors., (2004). Reverse osmosis as a solution for water shortage in Iran. *Water Resources & Arid Environment*, Proc International Conference.
- Chu, J., Chen, J., Wang, C., Fu, P., (2004). Wastewater reuse potential analysis: implications for China's water resources management. *Water Research*, 38(11), pp.2746-56.
- Ip, A.W., Barford, J.P., McKay, G., (2010). A comparative study on the kinetics and mechanisms of removal of Reactive Black 5 by adsorption onto activated carbons and bone char. *Chemical Engineering Journal*, 157(2), pp.434-42.
- Zhang, L., Cheng, Z., Guo, X., Jiang, X., Liu, R., (2014). Process optimization, kinetics and equilibrium of orange G and acid orange 7 adsorptions onto chitosan/surfactant. *Journal of Molecular Liquids*, 197, pp.353-67.
- Lucas, M.S., Peres, J.A., (2006). Decolorization of the azo dye Reactive Black 5 by Fenton and photo-Fenton oxidation. *Dyes and Pigments*, 71(3), pp.236-44.
- DAREINI, F., AMINI M, A., ZAREI, S.H., SAGHI, M.H., (2014). REMOVAL OF ACID BLACK 1 DYE FROM AQUEOUS SOLUTION USING NANO-IRON PARTICLES.
- Akkaya, G., Uzun, İ., Güzel, F., (2007). Kinetics of the adsorption of reactive dyes by chitin. *Dyes and Pigments*, 73(2), pp.168-77.
- Shokoohi, R., Vatanpoor, V., Zarrabi, M., Vatani, A., (2010). Adsorption of Acid Red 18 (AR18) by activated carbon from poplar wood-A kinetic and equilibrium study. *Journal of Chemistry*, 7(1), pp.65-72.
- Royer, B., Cardoso, N.F., Lima, E.C., Vaggetti, J.C., Simon, N.M., Calvete, T., et al., (2009). Applications of Brazilian pine-fruit shell in natural and carbonized forms as adsorbents to removal of methylene blue from aqueous solutions—Kinetic and equilibrium study. *Journal of Hazardous Materials*, 3(2), pp.1213-22.
- shirzad siboni, m., fallah, s., tajasosi, s., (2014). removal of acid red 18 and reactive black 5 dyes from aquatic solution by using adsorption on azolla filiculoides: a kinetic study. *j of guilan university of medical sci.* 22(1), pp.42-50.



شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور

کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران

دانشگاه تهران، تهران

۲۶ و ۲۷ بهمن ماه ۱۳۹۵



12. Wu, C-H., Kuo, C-Y., Chang, C-L., (2007). Decolorization of azo dyes using catalytic ozonation. *Reaction Kinetics and Catalysis Letters*, 91(1), pp.161-8.
13. Özacar, M., Şengil, I.A., (۲۰۰۳). Adsorption of reactive dyes on calcined alunite from aqueous solutions. *Journal of Hazardous Materials*, 98(1), pp. 211-24
14. Ehrampoush, M., Ghanizadeh, G., Ghaneian, M., (2011). Equilibrium and kinetics study of reactive red 123 dye removal from aqueous solution by adsorption on eggshell.
15. Kyzas, G.Z., Fu, J., Matis, K.A., (2013). The change from past to future for adsorbent materials in treatment of dyeing wastewaters. *Materials*, 6(11), pp.5131-58.
16. Chow, K.S., Khor, E., (2002). New flourinated chitin derivatives: synthesis, characterization and cytotoxicity assessment. *Carbohydrate polymers*, 47(4), pp.357-63.
17. Kittur, F., Prashanth, K.H., Sankar, K.U., Tharanathan, R., (2002). Characterization of chitin, chitosan and their carboxymethyl derivatives by differential scanning calorimetry. *Carbohydrate polymers*, 49(2), pp.185-93.
18. Salaberria, A.M., Labidi, J., Fernandes, S.C., (2015). Different routes to turn chitin into stunning nano-objects. *European Polymer Journal*.
19. Sugimoto, M., Morimoto, M., Sashiwa, H., Saimoto, H., Shigemasa, Y. , (1998). Preparation and characterization of water-soluble chitin and chitosan derivatives. *Carbohydrate Polymers*, 36(1), pp.49-59.
20. Dehghani, M.H., Naghizadeh, A., Rashidi, A., Derakhshani, E., (2013). Adsorption of reactive blue 29 dye from aqueous solution by multiwall carbon nanotubes. *Desalination and Water Treatment*, 51(40-42), pp.7655-62.
21. Rhazi, M., Desbrieres, J., Tolaimate, A., Alagui, A., Vottero, P., (2000). Investigation of different natural sources of chitin: influence of the source and deacetylation process on the physicochemical characteristics of chitosan. *Polymer International*, 49(4), pp.337-44.
22. Percot, A., Viton, C., Domard, A., (2003). Optimization of chitin extraction from shrimp shells. *Biomacromolecules*, 4(1), pp.12-8.
23. Zia, K.M., Zuber, M., Barikani, M., Jabbar, A., Khosa, M.K., (2010). XRD pattern of chitin based polyurethane bio-nanocomposites. *Carbohydrate Polymers*, 80(2), pp.539-43.
24. Sakkayawong, N., Thiravetyan, P., Nakbanpote, W., (2005) Adsorption mechanism of synthetic reactive dye wastewater by chitosan. *Journal of Colloid and Interface Science*, 286(1), pp.36-42.
25. Uzun, I., (2006). Kinetics of the adsorption of reactive dyes by chitosan. *Dyes and pigments*, 70(2), pp.76-83.
26. Longhinotti, E., Pozza, F., Furlan, L., Sanchez, M.d.N.d.M., Klug, M., Laranjeira, M., et al., (1998). Adsorption of anionic dyes on the biopolymer chitin. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 9(5), pp.435-40.
27. Radaei, E., Moghadam, S.A., Arami, M., (2012). The Study of the Adsorption of Reactive Blue 19 Dye by Activated Carbon from Pomegranate Residue. *Water Wastewater J*, 4, pp.27-37.
28. Li, F., Ding, C., (2011). Adsorption of reactive black M-2R on different deacetylation degree chitosan. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 6(3), pp.25-31.
29. Cardoso, NF., Pinto, RB., Lima, EC., Calvete, T., Amavisca, CV., Royer, B., et al. (2011). Removal of remazol black B textile dye from aqueous solution by adsorption. *Desalination*. 269(1), pp.92-103.