مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی کردستان/ دوره شانزدهم/ تابستان ۱۳۹۰/ ۶۵-۵۵

حذف رنگ اسید بلو ۱۱۳ از محیط‌های آبی با استفاده از جذب بر روی گل قرمز فعال شده: مطالعه تعادلی و سینتیکی

رضا شکوهی[۱]، سید جواد جعفری[۲]، مهدی شیرزاد سیبنی[۳]، ندا گمار[۴]، سمیرا سعیدی[۴]

۱- استادیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

۳- مربی، عضو هیئت علمی، مرکز تحقیقات بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی کردستان، سنندج، ایران (مؤلف مسؤول) تلفن: ۶۶۲۵۱۳۱-۰۸۷۱

mehdi_dshirzad@yahoo.com

۴- دانشجوی کارشناسی مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

چکیده

زمینه و هدف: یکی از عمده‌ترین آلاینده‌های محیط زیست که در پساب صنایع مختلف از جمله نساجی وجود دارند رنگها می‌باشند که برای انسان و محیط زیست آلودگی ایجاد می‌کنند. لذا هدف از این تحقیق، بررسی حذف رنگ اسید بلو ۱۱۳ از محیط‌های آبی با استفاده از جذب برروی گل قرمز فعال شده به عنوان جاذب ارزان قیمت می‌باشد.

روش بررسی: این تحقیق یک نوع مطالعه تجربی- آزمایشگاهی بود. ابتدا گل قرمز با استفاده از ۲۰ میلی لیتر اسید نیتریک ۱ نرمال به ازای هر ۱۰ گرم گل قرمز به مدت ۲٤ ساعت و خشک شدن در دمای ^{o}c ۱۵۰ طی مدت ۴ ساعت فعال سازی شد. سپس زمان تعادل در شرایط ثابت در سیستم مورد مطالعه تعیین گردید که برابر ۶۰ دقیقه بود. در ادامه با ثابت نگه داشتن زمان تعادل ، تأثیر pH، غلظت اولیه رنگ، سینیتیک و تعادل فرآیند مورد بررسی قرار گرفت. آنالیز و تفسیر داده‌ها با استفاده از نرم افزار اکسل و ضریب رگرسیون انجام شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که کارایی حذف رنگ با افزایش pH و غلظت اولیه رنگ، کاهش و با افزایش زمان تماس، افزایش یافت. همچنین نتایج نشان داد که داده‌های جذب از ایزوترم لانگمویر (qe =۰/۱۷۲ mg/g) و (R^2=۰/۹۹۴۳) سینیتیک شبه درجه دو (qe = ۳/۸۶ mg/g) و(R^2=۰/۹۹۹۹) بهتر پیروی کرد و با توجه به ثابت بودن ضریب توزیع گل قرمز با افزایش مقدار اولیه گل قرمز سطح جاذب همگن می‌باشد.

نتیجه‌گیری: به طور کلی نتایج حاصل از این مطالعه مشخص ساخت که می‌توان از گل قرمز به عنوان یک جاذب مؤثر و ارزان قیمت در زمان سریع با کارایی بالا، جهت تصفیه پساب صنایع نساجی استفاده کرد.

کلید واژه‌ها: رنگ اسید بلو ۱۱۳، محیط‌های آبی، گل قرمز، مدل سینتیکی، مدل ایزوترمی، جذب سطحی

وصول مقاله: ۸۹/۱۱/۳۰ اصلاحیه نهایی: ۹۰/۲/۱۵ پذیرش مقاله: ۹۰/۲/۱۸

مقدمه

پساب‌های صنعتی معمولاً، یکی از عمده‌ترین صنایع آلاینده محیط زیست به شمار می‌روند. صنایع نساجی یکی از عمده‌ترین صنایع پایه هر کشور محسوب می‌شوند و معمولاً مشخصه اصلی پساب این نوع صنایع، رنگی بودن آنها می‌باشد، که به دلیل استفاده از مواد رنگی در این گونه صنایع است (۱). فاضلاب‌های رنگی در صنایع مختلفی از جمله صنایع نساجی و رنگرزی، صنایع داروسازی، صنایع غذایی، تولید مواد آرایشی و بهداشتی، کاغذ سازی، چرم سازی و صنایعی از این قبیل تولید می‌شوند (۱). در فرآیندهای رنگرزی، در حدود ۱۵ درصد از کل رنگ تولید شده وارد فاضلاب می‌شود

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-02]

و فاضلابهای رنگی به این صورت تشکیل می‌گردند (۲). اغلب رنگهای مورد استفاده در این صنایع از نوع رنگهای سنتیتیک می‌باشند. معمولاً رنگهای سنتیتیک به انواع رنگهای اسیدی، رنگهای راکتیو، رنگهای مستقیم، رنگهای بازی و سایر گروهها تقسیم‌بندی می‌گردند (۳). عمدتاً مواد رنگزا دارای یک یا چند حلقه بنزنی می‌باشند که به دلیل سمی بودن و دیر تجزیه شدن، چنانچه بدون تصفیه وارد محیط شوند می‌توانند صدمات جبران ناپذیری به محیط زیست وارد کنند. بنابراین لازم است که این گونه پساب‌ها قبل از تخلیه به محیط زیست با استفاده از روشهای مناسب مورد تصفیه قرار گیرند. تاکنون روشهای مختلفی از جمله روشهای بیولوژیک (۵ و ۴)، فرایندهای غشایی (۶)، و فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته (۸ و۷) و سایر روشها برای تصفیه اینگونه پساب‌ها مورد استفاده قرار گرفته است. استفاده از فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفته و غشایی هزینه بر بوده و استفاده از روش‌های بیولوژیک نیز به علت سمی بودن بعضی از انواع رنگ‌ها امکان پذیر نمی‌باشد (۹). فرآیند جذب سطحی یکی از معمول‌ترین فرآیندهای مورد استفاده در تصفیه آب و فاضلاب می‌باشد. معمولاً فرآیند جذب سطحی بر روی کربن فعال انجام می‌گیرد. کربن فعال تجاری معمولاً گران قیمت بوده و کاربرد آن نیاز به نیروی متخصص می‌باشد. امروزه محققان مختلفی از جاذب‌های طبیعی از جمله چیتسون (۱۰)، اکسی هیومیلیت (۱۱)، خاکستر فرار (۱۲) سبوس برنج (۱۳) و سایر جاذب‌ها برای حذف آلاینده‌های آلی و غیر آلی استفاده می‌کنند. امروزه استفاده از گل قرمز به عنوان یک جاذب ارزان قیمت در تصفیه انواع پساب‌ها مورد توجه قرار گرفته است. گل قرمز مهم‌ترین ماده زائد فرآیند بایر طی تهیه آلومینا می‌باشد. سنگ بوکسیت دارای مقدار زیادی هیدروکسید آلومینیوم می‌باشد، لذا از آن برای تولید آلومینا (AL_2O_3) طی فرایند بایر استفاده می‌شود. این فرآیند بر مبنای واکنش هیدروکسید سدیم تحت گرما و فشار با بوکسیت است که ماده زائد حاصل از این واکنش گل قرمز می‌باشد (۱۴). گل قرمز مخلوطی از اکسید و هیدروکسیدهای مختلف است. تخمین زده شده است که تولید یک تن آلومینا باعث تولید ۲-۱ تن گل قرمز خواهد شد (۱۵). از گل قرمز در فرآیندهای مختلفی مثل ساخت مصالح ساختمانی و سرامیکی، جاده سازی و غیره استفاده شده است. اما هنوز هم حجم بسیار زیادی از آن تلنبار می‌شود که نیازمند زمین بسیار زیادی می‌باشد (۱۶).

بنابراین با توجه به فراوانی گل قرمز و نیز مواد با ارزش موجود در آن، هدف اصلی این پژوه استفاده از گل قرمز به عنوان یک جاذب موثر و ارزان قیمت در حذف رنگ اسید بلو ۱۱۳ ((Acid Blue 113(AB113)) از پساب صنایع نساجی می‌باشد. همچنن داده‌های حاصل از ثابت تعادل با استفاده از مدل ایزوترمی فروندلیخ و لانگمویر و سینیتیک شبه درجه یک و دو و درجه یک اصلاح شده مورد بررسی قرار گرفت.

روش بررسی

این تحقیق یک نوع مطالعه تجربی- آزمایشگاهی بود، که در آزمایشگاه شیمی آب و فاضلاب دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی و خدمات درمانی همدان انجام شد. به طور کلی مراحل تحقیق به شرح زیر می‌باشد:

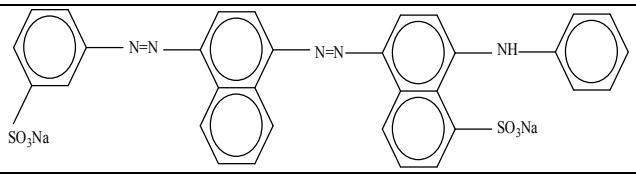
تهیه مواد و وسایل مورد نیاز

AB113 از شرکت الوان ثابت و بقیه مواد شیمیایی مورد نیاز از شرکت (Merck) آلمان تهیه گردید.

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-02]

ساختار رنگ با فرمول شیمیایی ($C_{32}H_{21}N_5Na_2O_6S_2$) در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱: مشخصات فیزیکوشیمیایی رنگ AB113

Color index name	C.I. Acid Blue 113، AB113)
Chemical structure	
Chemical class	Anionic, Azo
Molecular formula	$C_{32}H_{21}N_5Na_2O_6S_2$
Color index number	2630
λ_{max} (nm)	۵۶۶
M_w (g/mol)	681.66

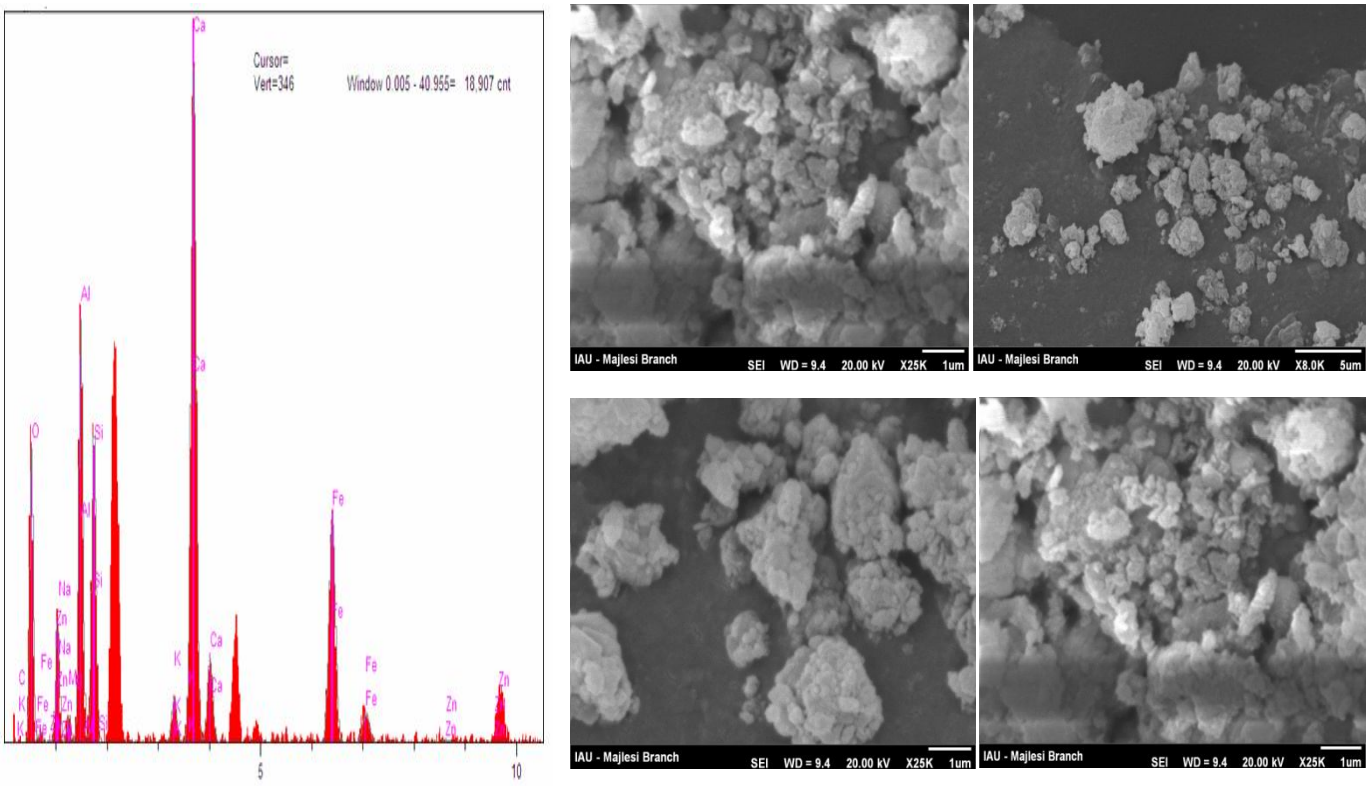
آماده سازی جاذب

ابتدا گل قرمز از کارخانه آلومینیوم شهرستان جاجرم استان خراسان شمالی تهیه شد. سپس جهت فعال سازی گل قرمز به ازای هر ۱۰ گرم گل قرمز از ۲۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک ۱ نرمال به مدت ۲٤ ساعت استفاده گردید. سپس نمونه جهت از بین رفتن اسید با آب مقطر دو بار تقطیر، شسته شد و در نهایت در دمای ۱۵۰ ^{o}c طی مدت ۴ ساعت خشک گردید. پس از این مرحله گل قرمز حاصله در هاون آسیاب شد و با استفاده از الک ASTEM مش گل قرمز فعالسازی شده در این مطالعه برابر با ۱۰۰ تعیین گردید. همچنین مساحت سطح ویژه (BET) گل قرمز فعال شده بر طبق آزمایشات تعیین شده توسط پژوهشگاه صنعت نفت ایران (RIPI) Research Institute of Petroleum Industry ۳۲ m^2/gr تعیین گردید. برای تعیین نوع نانو ذره آنالیز-Energy dispersive X-ray spectroscopy, (EDX, Model 525, 15 kV; Philips, Eindhoven) انجام شد. شکل ۱ (الف) طیف پراکنش اشعه X نانو ذرات گرفته شده را نشان می‌دهد. برای تعیین اندازه نانو ذره آنالیز (Scanning electron microscopy (SEM, SERON-ATS-2100 شکل ۱ (ب) انجام شد. همانطور که در شکل ۱ (ب) دیده می‌شود اندازه نانوذرات ۵ میکرومتر تعیین شده است. همچنین در جدول ۲ مشخصات گل قرمز فعال شده در مطالعه حاضر نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود ترکیب اصلی گل قرمز فعال شده، اکسیژن و سپس کلسیم و آهن می‌باشند.

تهیه محلول استوک رنگزای آبی مستقیم ۷۱

محلول مادر رنگ AB113 (۱۰۰۰mg/l) با استفاده از حل کردن ۱g/L رنگ AB113 در آب بدون یون تهیه شد. برای جلوگیری از تغییرات غلظت، محلول مادر AB113 در یخچال نگه داری شد. جهت تنظیم pH از اسید کلریدریک و سود یک نرمال استفاده گردید.

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-02]



(ب) (الف)

شکل ۱: الف- تصویر EDX از نمونه ب- تصویر SEM از نمونه

جدول۲: مشخصات شیمیایی گل قرمز فعال شده

Elt	Line	Conc (%.wt)	Intensity (c/s)	Error sig^{-2}
C	Ka	0.000	0.000	0.000
O	Ka	26.710	120.21	6.932
Na	Ka	3.370	37.38	3.866
Mg	Ka	0.828	12.79	2.261
Al	Ka	11.018	199.78	8.936
Si	Ka	8.225	154.23	7.852
K	Ka	1.399	26.50	3.255
Ca	Ka	23.614	409.70	12.797
Fe	Ka	23.664	164.10	8.099
Zn	Ka	1.172	2.80	1.057

kV 15.0
Takeoff Angle 25.0°
Elapsed Livetime 10.0

آزمایشات جذب

عوامل مورد بررسی در این پژوهش شامل pH (۳،۵،۷،۹ و ۱۱)، زمان ماند (۵ تا ۶۰ دقیقه)، غلظت اولیه رنگ ۲۰، ۴۰ و ۶۰ میلی‌گرم در لیتر و سایزذرات (۱۰۰ مش) بوده است، که در مراحل جداگانه در طول تحقیق بررسی گردید. برای انجام آزمایشات ابتدا زمان تعادل در شرایط ثابت (pH=۳ غلظت ماده جاذب برابر با ۰/۵ گرم در ۵۰ سی‌سی و غلظت اولیه رنگ برابر با ۴۰

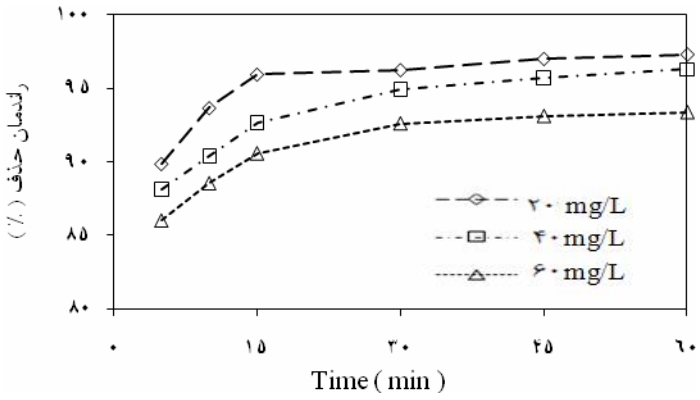
[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-02]

میلی‌گرم در لیتر تعیین گردید، که برابر با ۶۰ دقیقه بود). پس از تعیین زمان تعادل، آزمایشات با ثابت نگه داشتن سه متغیر و تغییر دادن یک متغیر انجام گردید. برای مثال در pH=۳، غلظت اولیه رنگ برابر با ۴۰mg/L غلظت‌های مختلف از گل قرمز به سیستم ناپیوسته اضافه شد و در دمای ۲۵±۱° C با استفاده از انکوباتور در همزن مغناطیسی با ۱۶۰ دور در دقیقه به مدت ۶۰ دقیقه مخلوط گردید. سپس برای حذف گل قرمز، نمونه با دور ۳۰۰۰ rpm به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شد و غلظت باقیمانده رنگ توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (UV-VIS 1700 Simadzo, Japan) در طول موج ۵۶۶ نانومتر بر اساس کتاب روشهای استاندارد برای آزمایشات آب و فاضلاب اندازه‌گیری گردید (۱۷). آنالیز و تفسیر داده‌ها نیز با استفاده از نرم افزار اکسل و ضریب رگرسیون انجام شد.

یافته‌ها

بررسی تأثیر زمان تماس بر روی کارایی حذف رنگ مورد مطالعه

تأثیر زمان تماس بر روی کارایی حذف در سیستم مورد مطالعه با تغییردر زمان تماس از ۵ دقیقه به ۶۰ دقیقه در pH=۳، مقدار اولیه جاذب ۰/۵ gr/50CC و غلظت اولیه رنگ (۲۰mg/L، ۴۰، ۶۰) بررسی گردید. نمودار ۱ تأثیر زمان تماس بر روی کارایی حذف را نشان می‌دهد. همانطور که در نمودار ۱ مشاهده می‌گردد وقتی زمان تماس از ۵ دقیقه به ۶۰ دقیقه افزایش یافت، کارایی حذف از ۸۷/۸۷٪ به ۹۵/۳٪ در غلظت اولیه رنگ، برابر با ۴۰mg/L افزایش یافت. که این زمان همان زمان تعادل در آزمایشات بود.



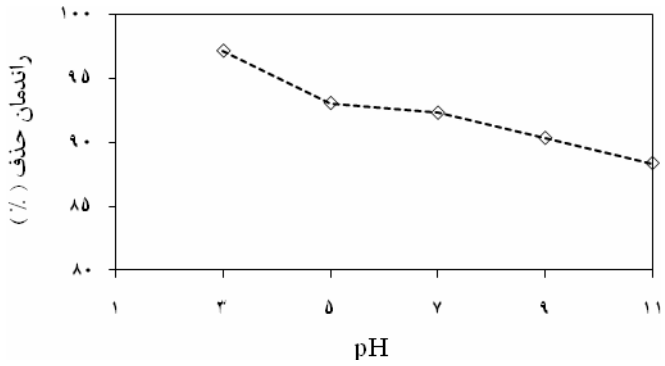
نمودار ۱: تأثیر زمان تماس بروی کارایی حذف رنگ (pH=۳، و مقدار اولیه جاذب ۰/۵ gr/50CC)

تأثیر pH بر روی کارایی حذف رنگ مورد مطالعه

تأثیر pH بر روی کارایی حذف در سیستم مورد مطالعه با تغییردر pH های اولیه (۳، ۵، ۷، ۹ و ۱۱)، غلظت اولیه جاذب ۰/۵ gr/50cc، غلظت اولیه رنگ (۲۰ mg/L) بعد از زمان تعادل بررسی گردید. در نمودار ۲ نتایج حاصل از تأثیر pH بروی کارایی حذف نشان داده شده

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-02]

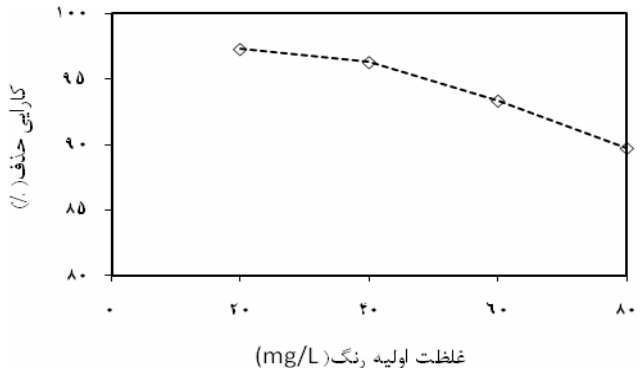
است. مشاهده می‌گردد که با کاهش pH کارایی حذف به طور جزیی افزایش یافت. به نحوی که با تغییرpH از ۳ به ۱۱، کارایی حذف از ۸۸/۳۶٪ به ۹۷/۱۵٪ افزایش یافت.



نمودار۲: تأثیرتغییرات pH بر روی کارایی حذف رنگ (غلظت اولیه رنگ ۴۰mg/l، مقدار اولیه جاذب ۰/۵gr/50cc)

تأثیر غلظت اولیه رنگ برروی کارایی حذف

تأثیر غلظت اولیه رنگ بر روی کارایی حذف در سیستم مورد مطالعه با تغییر در غلظت اولیه رنگ (۲۰، ٤٠، ٦٠ و ۸۰ میلی‌گرم در لیتر) در pH= ۳ و مقدار اولیه جاذب ۰/۵gr/50cc بعد از زمان تعادل بررسی گردید. در نمودار ۳ نتایج حاصل از تأثیر غلظت اولیه رنگ برروی کارایی حذف نشان داده شده است. مشاهده می‌گردد که کارایی حذف با افزایش غلظت اولیه رنگ کاهش یافت. به طوری که وقتی غلظت اولیه رنگ از mg/L ۲۰ به mg/L ۸۰ افزایش یافت کارایی حذف از ۹۷/۳۰٪ به ۸۹/۷۰٪ کاهش یافت.



نمودار ۳: تأثیر غلظت اولیه رنگ بر روی کارایی حذف (pH=۳، دوز جاذب ۰/۵gr/50cc)

مطالعه تعادلی و سینیتیکی

مطالعات تعادلی در یک ارلن مایر به حجم ۲۵۰ سی سی حاوی ۱۰۰ سی سی غلظت اولیه رنگ RBC ۴۰mg/l با مقدار اولیه جاذب متفاوت (g/100CC ۱۸-۲) و pH=7±0/2 بعد از ۷۲ ساعت انجام شد، سپس

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-02]

نمونه‌ها جداسازی شده و آنالیز شد و ظرفیت جذب با استفاده از معادله (۱) بدست آمد (۱۸).

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

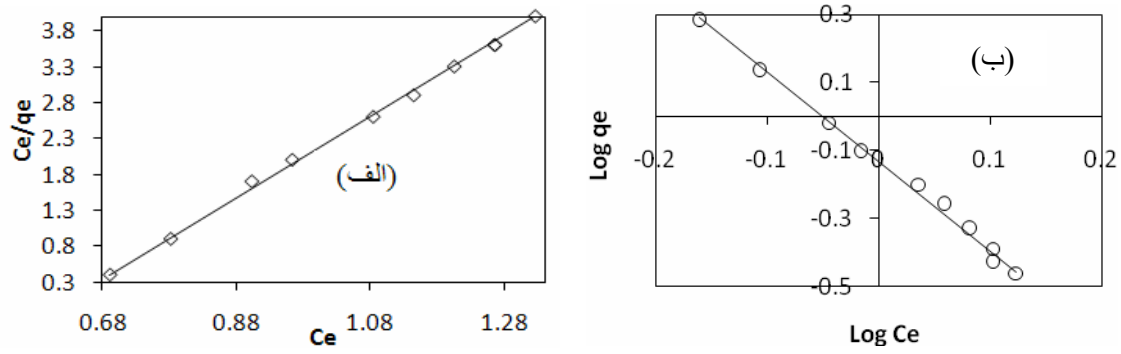
q_e مقدار جز جذب شده در واحد جرم جسم جاذب برحسب میلی‌گرم بر گرم ، C_0 غلظت اولیه در محلول قبل از جذب سطحی بر حسب میلی‌گرم بر لیتر محلول، C_e غلظت تعادلی ماده جذب شدنی در محلول بعد از جذب سطحی بر حسب میلی‌گرم بر لیتر، V حجم محلول بر حسب لیتر و M جرم جاذب بر حسب گرم

به طور کلی معادلات ایزوترمی و سینیتیکی در جدول ۱ در معادلات ۵-۱ مشاهده می‌شود (۲۰و۱۹و۱۳).

معادلات سینیتیک			معادلات ایزوترمی		
سینیتیک شبه درجه اول (Pseudo-first order)	$\ln\left(1-\frac{q_t}{q_e}\right)=-k_1 t$	(۲)	لانگمویر (Langmuir)	$\frac{c_e}{q_e}=\frac{1}{q_m K}+\frac{1}{q_m}c_e$	(۵)
سینیتیک شبه درجه دوم (Pseudo-second order)	$\frac{t}{q_t}=\frac{1}{k_2 q_e^{\,2}}+\frac{1}{q_e}t$	(۳)	فروندلیخ (Freundlich)	$\log q_e=\log k+\frac{1}{n}\log c_e$	(۶)
سینیتیک شبه درجه اول اصلاح شده (Modified pseudo-first order)	$\ln(1-\frac{q_t}{q_e})+\frac{q_t}{q_e}=-k_m t$	(۴)			

نتایج حاصل از معادلات ایزوترمی در نمودار ۴ نشان داده شده است.

در جدول ۳ پارامترهای مدل‌های ایزوترمی نشان داده شده است.



نمودار ٤: مدل ایزوترمی لانگمیر (الف) و فروندلیخ (ب) برروی کارایی حذف

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-02]

جدول ۳: ضرایب ثابت و ضرایب همبستگی ایزوترم فروندلیخ و لانگمیر در جذب رنگ AB113 بر روی گل قرمز فعال شده

لانگمیر		فروندلیخ	
b	۱/٤	K	۰/۷۳
q_m	۰/۱۷۲	n	۰/۳۷
R^2	۰/۹۹٤۳	R^2	۰/۹۹۱٦

در جدول ۴ پارامترهای مدل‌های سینتیکی نشان داده شده است.

جدول ٤: ضرایب ثابت و ضرایب همبستگی مدل سینتیکی شبه درجه یک، شبه درجه دو و شبه درجه یک اصلاح شده در جذب رنگ بر روی گل قرمز فعال شده

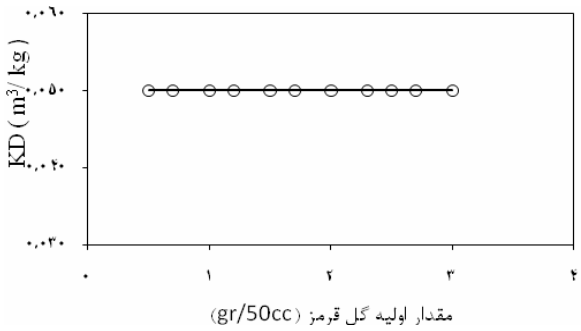
سینتیک شبه درجه اول اصلاح شده			سینتیک شبه درجه دوم			سینتیک شبه درجه اول		
k_m(1/min)	q_e	R^2	k_2(g/mg min)	q_e	R^2	k_1(1/min)	q_e	R^2	C_0
۰/۰۷۲	۱/۹۵	۰/۸۶۴	۱/۸۳	۱/۹۲	۰/۹۹۹۹	۰/۱۳	۱/۹۵	۰/۹۴۰۹	۲۰
۰/۰۷۳	۳/۸۶	۰/۹۳۵۳	۰/۵۶	۳/۸۶	۰/۹۹۹۹	۰/۱۲	۳/۸۷	۰/۹۹۰۶	۴۰
۰/۰۷۹	۵/۶۱	۰/۹۳۲۸	۰/۴۷	۵/۶۲	۰/۹۹۹۹	۰/۱۶	۵/۶۱	۰/۹۹۱۷	۶۰

تعیین ضریب توزیع (Distribution Coefficient) حذف رنگ با استفاده از جذب بر روی گل قرمز فعال شده:

ضریب توزیع (K_D, m^3/kg) نشان دهنده قدرت پیوند سطح جاذب با مولکول‌های ماده جذب شونده می‌باشد. این ضریب بستگی به pH محلول و نوع سطح جاذب دارد. ضریب توزیع از رابطه (۷) محاسبه می‌شود (۲۱).

$$KD = \frac{C_s}{C_w}$$

در این رابطه C_S غلظت جزء جذب شونده در سطح جاذب بر حسب (mg/kg) و C_W غلظت تعادلی جزء جذب شونده در محلول بر حسب (mg/m^3) می‌باشد. در نمودار ۵ نتایج حاصله از ضریب توزیع در مقدار اولیه گل قرمز نشان داده شده است.



نمودار ۵: ضریب توزیع حذف رنگ با استفاده از جذب برروی گل قرمز فعال شده

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-02]

بحث

تأثیر زمان تماس بر روی کارایی حذف

همان طور که در نمودار ۱ نشان داده شده است با افزایش زمان تماس کارایی حذف افزایش یافته و پس از ۶۰ دقیقه به تعادل می‌رسد. در تمام غلظت‌ها بیش از ۸۵٪ جذب در ۵ دقیقه ابتدایی صورت می‌گیرد. این امر نشان می‌دهد که گل قرمز فعال شده دارای راندمان بسیار بالایی در حذف رنگ در زمانهای ابتدایی می‌باشد. همچنین منحنی حذف رنگ با گذشت زمان دارای شیب بسیار ملایم و آرامی است که این امر می‌تواند به علت تشکیل یک لایه نازک از رنگ بر روی سطح جاذب باشد (۱۸). و با مطالعه یونس و همکاران که بر روی حذف بورن توسط گل قرمز خنثی انجام دادند مطابقت دارد، در این مطالعه بیش از ۸۰ درصد حذف بورن در ۲۰ دقیقه صورت گرفت (۲۲).

تأثیرpH بر روی کارایی حذف

همانطور که در نمودار ۲ نشان داده شده است با کاهش pH، میزان حذف رنگ به طور جزیی افزایش یافت. این امر به علت بار سطحی جاذب و بار یونی مولکول رنگ می‌باشد. با توجه به اینکه pH نقطه صفر گل قرمز فعال (pH_{zpc}) شده ۸/۵ می‌باشد (۲۰)، لذا در PH های اسیدی تراکم بار مثبت در سطح جاذب افزایش یافته و به این ترتیب میزان جذب رنگ AB113 که یک رنگ آنیونی است افزایش می‌یابد. به طوری که طی مطالعه‌ای که علی تور و همکاران بر روی حذف رنگ کونگو با استفاده از گل قرمز فعال شده انجام داده‌اند به این نتیجه رسیدند که بیشترین میزان حذف در pH های کمتر از pH نقطه صفر اتفاق می‌افتد (۱۸). همچنین طی مطالعه‌ای که گوپتا و همکاران بر روی حذف رنگ AB113 با استفاده از کربن فعال حاصله از تایرهای فرسوده انجام دادند به این نتیجه رسیدندکه بیشترین میزان حذف رنگ AB113 در pH اسیدی رخ داده است (۲۳).

تأثیر غلظت اولیه رنگ بر روی کارایی حذف

با افزایش غلظت اولیه رنگ کارایی حذف رنگ کاهش یافت. این امربه این دلیل است که جاذب‌ها دارای محل‌های جذب محدودی هستند که با افزایش غلظت آلاینده ظرفیت آنها سریعتر اشباع شده و راندمان حذف کاهش خواهد یافت. به طوریکه طی مطالعه‌ای که ینگ و همکاران بر روی کارایی حذف فسفات انجام داده‌اند مشخص گردید که با افزایش غلظت فسفات کارایی حذف کاهش می‌یابد (۲۴). همچنین با توجه به ضرایب همبستگی(R^2) می‌توان نتیجه گرفت که داده‌های تعادلی فرآیند جذب رنگ AB113 بر روی گل قرمز فعال شده از ایزوترم لانگمویر (mg/g ۰/۱۷۲= qe) و (R^2=۰/۹۹۴۳) نسبت به ایزوترم فروندلیخ بهتر پیروی می‌کند. همچنین با توجه به ضرایب ثابت سینتیکی، (qe =۳/۸۶ mg/g) و (R^2=۰/۹۹۹۹) دادهای سینتیکی از سینتیک شبه درجه ۲ نسبت به سینتیک شبه درجه یک و شبه درجه یک اصلاح شده بهتر پیروی کرد. ضریب توزیع نشان دهنده همگن و ناهمگن بودن سطح جاذب می‌باشد و بستگی به مقدار اولیه جاذب دارد، لذا با توجه به اینکه ضریب توزیع گل قرمز با افزایش مقدار اولیه گل قرمز ثابت بوده می‌توان نتیجه‌گیری کرد جاذب دارای سطح همگن می‌باشد.

نتیجه‌گیری

به طور کلی حذف رنگ آنیونی AB113 با افزایش زمان واکنش، به علت افزایش مساحت سطحی و محلهای جذب قابل دسترس برای جاذب افزایش یافت.

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-02]

همچنین با افزایش غلظت اولیه رنگ، به علت اشباع شدن سطح جاذب در غلظت‌های بالا کارایی حذف کاهش یافت و با توجه به ضرایب همبستگی (R^2) می‌توان نتیجه گرفت که داده‌های تعادلی و سینتیکی فرآیند جذب از ایزوترم لانگمیر و مدل سینتیکی شبه درجه دو بهتر پیروی می‌کند. و با توجه به ثابت بودن ضریب توزیع گل قرمز، با افزایش گل قرمز سطح جاذب همگن می‌باشد. در مجموع نتایج حاصل از انجام آزمایشات مشخص ساخت که می‌توان از فرآیند جذب بر روی گیل قرمز فعال شده بعنوان روشی مؤثر، ارزان، سریع و با کارایی بالا در جهت تصفیه پساب صنایع نساجی استفاده کرد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله بر خود لازم می‌دانند که از حمایت‌های علمی و مادی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات درمانی همدان و همچنین تا حدودی مرکز تحقیقات بهداشت محیط دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی و خدمات درمانی کردستان تشکر و قدردانی داشته باشند.

References

1. Lu CS, Chen CC, Mai F-D, Li H-K. Identification of the degradation pathways of alkanolamines with TiO_2 photocatalysis. Journal of Hazardous Materials 2009; 165: 306-316.
2. Merzouk B, Gourich B, Sekki A, Madani K, Vial C, Barkaoui M. Studies on the decolorization of textile dye wastewater by continuous electro-coagulation process. Chemical Engineering Journal 2009; 149: 207-214.
3. Ji P, Zhang J, Chen F, Anpo M. Study of adsorption and degradation of acid orange 7 on the surface of CeO_2 under visible light irradiation. Applied Catalysis B: Environmental. 2009; 85: 148-154.
4. F Olak, N Atar, A Olgun. Biosorption of acidic dyes from aqueous solution by paenibacillus macerans: Kinetic, thermodynamic and equilibrium studies. Chemical Engineering Journal 2009; 150: 122-130.
5. Z Aksu. Reactive dye bioaccumulation by Saccharomyces cerevisiae. Process Biochemistry. 2003; 38: 1437-1444.
6. J Ratana, S Anawat, L Piyanoot. Performance evaluation of nanofiltration membranes for treatment of effluents containing reactive dye and salt. Desalination 2000; 1302: 177-183.
7. Samarghandi M, Shirzad Siboni M, Maleki A, Jafari S.J, Nazemi F. Kinetic determination and efficiency of titanium dioxide photacatalytic process in removal of Reactive Black 5 (RB5) dye and cyanide from aquatic solution. Jouenal of Mazandaran University Medical Science 2011; 21: 44-52 (Persian).
8. YS Mok, JO Jo, JC Whitehead. Degradation of an azo dye Orange II using a gas phase dielectric barrier discharge reactor submerged in water. Chemical Engineering Journal 2008; 1421: 56-64.
9. MA Brown, SC DeVito. Predicting azo dye toxicity. Environ Sci Technol 1993; 23: 249-324.
10. Shirzad Siboni M, Samadi MT, Rahmani AR, Khataee AR, Bordbar M, Samarghandi MR. Photocatalytic Removal of Hexavalet Chromium and Divalent Nickel fromAqueous Solution by UV Irradiation in the Presence of Titanium Dioxide Nanoparticles. Iran J Health & Environ. 2010; 2: 261-270 (Persian).
11. Pavel J, Pavel S, Milena R, Sylvie G. Sorption of basic and acid dyes from aqueous solutions onto oxihumolite. Chemosphere. 2005; 59: 881-886.
12. Pavel J, Hana B, Milenal R. Sorption of dyes from aqueous solution onto fly ash. Wat Res. 2003; 37: 4938-4944.
13. McKay G, Porte J.F, Prasad G.R. The removal of dye colours from aqueous solutions by dsorption on low-cost materials. Water Air Soil Pollut. 1999;114: 423-438.

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-02]

14. Claudia B, Carlo C, Paolo M, Valentina P, Leonardo T. Reuse of a treated red mud bauxite waste: studies on environmental compatibility. Journal of Hazardous Materials B117. 2005:55-63.
15. Weiwei H, Shaobin W, Zhonghua Z, Li L, Xiangdong Y, Victor R, et al. Phosphate removal from wastewater using red mud. Journal of Hazardous Materials. 2008;158: 35–42.
16. Shokohi R, Samarghandi MR, Shirzad Siboni M, Vahedi H. Removal of Reactive Black 5 (RB5) Dye fromAquatic Solution by Using of Adsorption onto Synthesized Magnetic Beads. Iran. J. Health & Environ. 2011; 4; 1-10.
17. Pawlowski L. Standard methods for the examination of water and wastewater. The Sci of The Total Environ 1994; 142: 227-228.
18. Ali Tor, Yunus C. Removal of congo red from aqueous solution by adsorption onto acid activated red mud. Journal of Hazardous Materials 2006; 138: 409-415.
19. Liu Y, JuanLiu Y. Biosorption isotherms, kinetics and thermodynamics. Purif Technol 2008; 61: 229-242.
20. Apak R, Guclu K, Turgut MH. Modeling of copper(II), cadmium(II), and lead(II) adsorption on red mud. J Coll Interface Sci 1998; 203: 122-130.
21. Ali T, Yunus C, Mehmet E. A, Mustafa E. Removal of phenol from aqueous phase by using neutralized red mud. Journal of Colloid and Interface Science 2006; 300: 498-503.
22. Yunus C, Ali TB, Gulsin Arslan, Mustafa Ersoz, Sait Gezgin. Removal of boron from aqueous solution by using neutralized red mu. Journal of Hazardous Materials 2007; 1: 412-417.
23. Guptaa VK, Guptaa B, Rastogic A, Agarwald S, Nayaka A. A comparative investigation on adsorption performances of mesoporous activated carbon prepared from waste rubber tire and activated carbon for a hazardous azodye-AcidBlue113. Journal of Hazardous Materials 2010; 186: 891-901.
24. Ying Z, JunW, Zhaokun L, Xianjia P, Zhen L, Li S. Removal of phosphate from aqueous solution by red mud using a factorial design. Journal of Hazardous Materials 2009; 165: 1193-1199.

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-02]