



دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی کاربرد شیمی در محیط زیست

سال هشتم، شماره‌ی ۳۱
تابستان ۱۳۹۶، صفحات ۸-۱

بررسی حذف رنگ‌های آزو سانست یلو و کارموزین موجود در محیط‌های آبی با استفاده از جاذب کیتوزان

محمد کاظم محمدی

گروه شیمی، واحد اهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اهر، ایران

mohammadi@iauhvaz.ac.ir

زینب مرادی

گروه مهندسی محیط زیست، واحد اهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اهر، ایران

z.morady@gmail.com

چکیده

بررسی جذب سطحی و خروج چند نمونه ترکیب رنگی آزو و غیر آزو که در صنایع غذایی و رنگ استفاده می‌شود و پس از مصرف وارد پساب‌های زیست محیطی می‌گردد، با استفاده از جاذب کیتوزان در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفت. رنگ‌های آنیونی سانست یلو^۱ و کارموزین^۲ مورد استفاده در این تحقیق از نوع رنگ‌های خوراکی آزویی سولفون و محلول در آب می‌باشند که به منظور رنگ‌دهی به محصولات مختلف در صنایع غذایی مانند صنایع تولید نیشکر، مکمل‌های غذایی، نوشابه، ژله، آب میوه‌های مختلف و... به کار می‌روند. نتایج حاصل نشان داد که بیش‌ترین درصد حذف رنگ‌های کارموزین و سانست یلو با استفاده از جاذب کیتوزان در pH=۵ بوده و در مقادیر pH بالاتر و پایین‌تر، این بازدهی کاهش می‌یابد. هم‌چنین از نتایج حاصل مشاهده شد که بیش‌ترین درصد حذف رنگ‌های کارموزین و سانست یلو با مقدار ۰/۵ گرم در لیتر از جاذب کیتوزان، اتفاق افتاده و بیش‌ترین درصد حذف برای رنگ کارموزین در مدت زمان ۵۰ دقیقه و برای رنگ سانست یلو در مدت زمان ۴۰ دقیقه توسط جاذب کیتوزان صورت گرفته است.

کلید واژه: جذب سطحی، کیتوزان، سانست یلو، کارموزین.

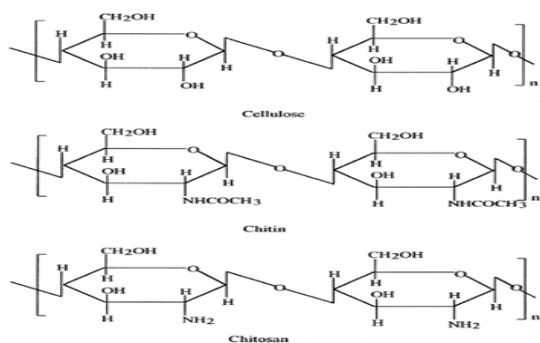
مقدمه

با توجه به محدود بودن منابع آب در کشور، اهمیت بازیابی مجدد آب، گسترش روز افزون صنایع مختلف و در پی آن تولید فاضلاب‌های حاوی غلظت‌های بالای مواد شیمیایی آلی و غیر آلی که عموماً از سمیت و پایداری بالایی نیز برخوردارند، آلوده شدن منابع آب یکی از معضلات اجتماعی و اقتصادی محسوب می‌گردد [۱]. رنگ‌ها یکی از مهم‌ترین مواد شیمیایی مورد استفاده در بسیاری از صنایع غذایی، تولید رنگ، کاغذسازی، صنایع نساجی، مواد آرایشی، داروسازی، صنایع الکترونیکی و ... می‌باشند [۲]. در کنار توسعه صنعت رنگرزی، حجم بالایی از فاضلاب حاوی رنگ نیز تولید می‌گردد [۳]. حذف رنگ از پساب یک موضوع نگران کننده‌ای است که از نقطه نظر حس زیبایی شناختی و بهداشتی نیز اهمیت دارد. وجود رنگزای آلی در پساب‌های صنعتی باعث جلوگیری از نفوذ نور به داخل محیط‌های آبی شده و در نتیجه اختلال در عمل فتوسنتز را به دنبال خواهند داشت. ضمن اینکه تخلیه این فاضلاب‌ها به آب‌های پذیرنده موجب کاهش انتقال اکسیژن شده و منجر به پدیده اوتریفیکاسیون و تداخل در اکولوژی آب‌های پذیرنده می‌شود. به همین دلیل حذف رنگ از فاضلاب در مقیاس صنعتی در سال‌های اخیر مورد توجه زیادی قرار گرفته است. رنگینه‌های مصرفی در صنایع شامل دو گروه محلول و نامحلول در آب هستند که حتی در غلظت‌های بسیار پایین هم توسط هر شخصی قابل شناسایی هستند. رنگ‌ها به صورت زیر طبقه‌بندی می‌شوند: رنگ‌های آنیونی (مستقیم، اسیدی و راکتیو)، کاتیونی (رنگ‌های بازی) و رنگ‌های غیر یونی (رنگ‌های متفرق کننده نور). رنگ‌های آزو گروهی از رنگ‌های راکتیو هستند که حدود ۷۰-۶۰ درصد از کل رنگ‌های مورد استفاده در صنایع را تشکیل می‌دهند. سالیانه در جهان بیش از ۷۰۰/۰۰۰ تن مواد رنگزا سنتز می‌شود که ۵۰٪ آن‌ها آزو هستند. سیستم رنگ‌ها آن‌ها اساساً شامل گروه آزو -N=N- می‌باشد که به همراه آن یک یا چند سیستم آروماتیک نیز

حضور دارد. رنگ‌های آزو بزرگ‌ترین دسته از رنگ‌های سنتزی محلول در آب هستند که از نظر نوع و ساختار دارای بیش‌ترین تنوع می‌باشند. ممکن است در یک رنگ بیش از یک گروه آزو وجود داشته باشد، به عنوان مثال دی آزو، تری آزو، پلی آزو و ... که منظور حضور دو، سه و یا تعداد بیش‌تری گروه آزو در یک مولکول رنگ است [۴]. این رنگ‌ها معمولاً به تجزیه بیولوژیکی هوازی مقاوم بوده و با فرآیندهای تصفیه بیولوژیکی متداول حذف نمی‌شوند. بنابراین انتخاب فرآیند تصفیه آب کار پیچیده‌ای است که باید عواملی از قبیل فضای سبز در دسترس برای ساخت و ساز تاسیسات تصفیه خانه، کیفیت آب تصفیه شده، سرمایه و هزینه‌های عملیاتی در نظر گرفته شود. روش‌های حذف رنگ‌ها از محلول‌های آبی اساساً شامل تکنیک‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی است. روش‌های جداسازی متداول شامل تبادل یونی، ترسیب شیمیایی، اسمز معکوس، تکنولوژی‌های غشایی، تخلیص، تبخیر، تصفیه الکتروشیمیایی و جذب می‌باشند اما اکثر این روش‌ها به جز استفاده از جاذب‌ها، زمانی که غلظت آلاینده کم باشد، ناکارآمد هستند و دارای معایبی از قبیل گرانی دستگاه‌ها و عملیات، تولید لجن یا سایر مواد زائد سمی، نیاز به انرژی و فضای زیاد می‌باشند. در این راستا استفاده از جاذب‌های ارزان قیمت می‌تواند بسیار راه گشا باشد. طیف چنین موادی بسیار گسترده و وسیع بوده و از یک طرف ضایعات صنعتی و کشاورزی و از سوی دیگر انواع مختلفی از مواد طبیعی معدنی و آلی را به عنوان جاذب در بر می‌گیرد. روش جذب به دلیل عملکرد آسان، مصرف انرژی کم، نگهداری ساده، ظرفیت جذب زیاد و کارایی بالا برای تصفیه محلول‌های آبی مورد استفاده قرار گرفته است. اخیراً تولید بیوپلیمرها به دلیل عدم سمیت در محیط، در دسترس بودن و هزینه پایین آن‌ها، به عنوان ابزاری برای جذب رنگ مورد توجه اکثر محققان قرار گرفته است. کیتین و کیتوزان، دو بیوپلیمر مدرن سازگار

است [۸]. در مطالعه‌ای دیگر، کاربرد پوسته تخم مرغ به عنوان جاذب طبیعی در حذف رنگ راکتیو قرمز ۱۲۳ از فاضلاب سنتتیک نساجی انجام شد [۹]. مطالعه‌ای نیز تحت عنوان جذب وانادیوم (IV) به وسیله کیتوزان - سینتیک و تعادلی - انجام شده است [۱۰]. هم‌چنین مطالعه‌ی جذب یون‌های فلزی بر روی کیتوزان - مطالعات سینتیک و تعادلی - نیز انجام شده است [۱۱]. جذب یون‌های کادمیوم روی غشاهای کیتوزان - سینتیک و مطالعات تعادلی - نیز انجام شده است [۱۲]. توانایی غشای کیتوزان به عنوان جاذب یون کادمیوم در محلول‌های آبی مورد مطالعه قرار گرفت [۱۳].

هدف از این تحقیق، مطالعه و بررسی جذب سطحی توسط جاذب کیتوزان و بررسی عواملی از قبیل pH، غلظت اولیه رنگ، زمان تماس و مقدار جاذب در بازدهی فرایند جذب دو رنگ سانست یلو و کارموزین (شکل ۱) و هم‌چنین بررسی ایزوترم‌های جذب می‌باشد.



شکل ۱: ساختار مولکولی کیتین، کیتوزان و سلولز

مواد و روش‌ها

کلیه‌ی مواد شیمیایی مورد استفاده در این پژوهش با درجه خلوص بالا خریداری و کلیه‌ی محلول‌ها با آب مقطر یک بار تقطیر تهیه شد. در جدول (۱) فهرست مواد شیمیایی مورد استفاده، در جدول (۲) خصوصیات شیمیایی - فیزیکی و در شکل (۲) ساختار شیمیایی رنگ‌های مورد

با محیط زیست هستند که دارای توانایی برای جذب رنگ می‌باشند. کیتوزان، یک آمینو پلی ساکارید طبیعی است که از دی استیله شدن کیتین در شرایط قلیایی به دست می‌آید. کیتوزان به‌عنوان یک بیوجاذب پلیمری طبیعی برای حذف مواد رنگزای آنیونی از محلول‌های رنگی توسط محققین مورد استفاده قرار گرفته است. گسترش استفاده از آن به عنوان یک بیوجاذب به دو دلیل اصلی، اول، قیمت کم‌تر آن در مقایسه با جاذب‌های تجاری و فراوان‌تر بودن آن در طبیعت (مشتقی از کیتین بوده و کیتین دومین پلی ساکارید طبیعی بعد از سلولز می‌باشد)، دوم، رفتار کیفیت‌کنندگی عالی آن (به واسطه این رفتار می‌تواند بسیاری از آلاینده‌ها مخصوصاً یون‌های فلزی را جذب کند) می‌باشد. ساختار ماکرومولکولی کیتوزان و خصلت کاتیونی منحصر به فرد آن باعث شده است که ویژگی‌ها و کاربردهای متنوعی در علوم مختلف مثل بیوتکنولوژی، تصفیه آب، دارورسانی، آرایشی و بهداشتی و صنایع غذایی و ... داشته باشد. تاثیر عوامل مختلف در خروج دو رنگ آنیونی کنگو قرمز و سانست یلو از آب با استفاده از ساقه گیاه Lady finger stem در سیستم بچ آزموده شد [۵] و مشخص گردید که زمان تماس، pH، مقدار جاذب و دمای سیستم بر روی میزان جذب تاثیر می‌گذارد. استفاده از کربن فعال که با نانوذرات کادمیوم سولفید پوشانده شده بود، برای خروج رنگ سانست یلو از محلول‌های آبی به کار برده شد [۶]. آزمایش‌ها در سیستم بچ انجام گردید و تاثیر متغیرهایی مانند زمان تماس، غلظت اولیه رنگ و مقدار جاذب بررسی گردید. در ادامه مطالعه‌ای بر روی جذب رنگ اسید بلو ۱۱۳ توسط گیاه کانولا از محیط آبی انجام شد [۷]. در این مطالعه از پسماند کانولا به‌عنوان جاذب استفاده شد و ایزوترم‌های جذب تعیین گردید و غلظت رنگ به روش اسپکتروفتومتری در طول موج ۵۶۶ نانومتر اندازه‌گیری شد. کارایی روش بیوجذب در حذف رنگ راکتیو اورنج ۳ آر از محیط‌های آبی نیز انجام گرفته

مطالعه آورده شده است.

غلظت رسم گردید. این نمودار اصطلاحاً نمودار استاندارد یا کالیبراسیون نامیده می شود.

- آزمایش جذب رنگ‌های سانست یلو و کارموزین با جاذب کیتوزان

آزمایش‌های جذب در مقیاس آزمایشگاهی انجام گردید و از دستگاه جارتست برای اختلاط محلول‌های ساختگی و جاذب استفاده شد. در این آزمایش‌ها تاثیر عوامل مختلفی شامل pH، زمان تماس، مقدار جاذب و غلظت اولیه رنگ-های مورد آزمایش، جذب رقابتی دو رنگ سانست یلو و کارموزین و مدل‌های ایزوترم بر جذب رنگ‌های سانست یلو و کارموزین مورد بررسی قرار گرفت. به منظور تعیین مناسب‌ترین طول موج جهت اندازه‌گیری غلظت‌های رنگ مورد مطالعه از روش استاندارد متد استفاده شد [۱۳]. در نهایت مناسب‌ترین طول موج که حداکثر جذب را برای رنگ سانست یلو ۴۵۸ نانومتر و کارموزین ۵۱۰ نانومتر تعیین گردید. جهت تهیه پساب سنتتیک، ابتدا یک محلول ۱۰۰۰ ppm از رنگ‌های سانست یلو و کارموزین به عنوان محلول استاندارد ساخته شد و برای همگن شدن به مدت ۳ دقیقه با ۱۸۰ دور/دقیقه بر روی همزن قرار گرفت و سپس از این محلول به عنوان محلول استوک برای آماده سازی نمونه‌های با غلظت‌های (۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ میلی‌گرم/لیتر) که همان غلظت‌های اولیه یا C₀ هستند، استفاده شد.

یافته‌ها و بحث

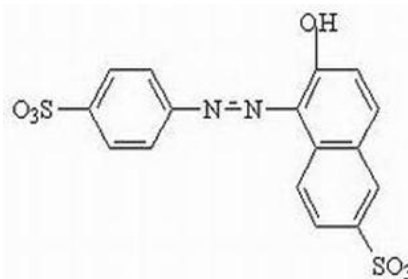
سنجش غلظت رنگ در نمونه‌های مجهول با استفاده از رسم منحنی کالیبراسیون انجام شد. به این صورت که غلظت‌های مشخصی از رنگ‌های سانست یلو و کارموزین ساخته و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر عدد جذب به دست آمده و سپس منحنی استاندارد رسم گردید. با استفاده از نرم افزار اکسل و داده‌های X (غلظت) و داده‌های Y (جذب) با استفاده از فرمول به دست آمده از منحنی رگرسیون، غلظت نمونه‌های مجهول به دست آمد. نتایج مربوط به جذب رنگ‌های سانست یلو و کارموزین در

جدول ۱- ترکیبات شیمیایی مورد استفاده

نام ماده	شرکت سازنده	کشور
جاذب کیتوزان	Solarbio	چین
پودر رنگ سانست یلو	سیگما	آمریکا
پودر رنگ کارموزین	سیگما	آمریکا
آب مقطر	-	ایران

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی رنگ‌های مورد مطالعه

رنگ	فرمول مولکولی	جرم مولکولی (g/mol)	نقطه ذوب (°C)	λ _{max} (nm)
سانست یلو	C ₁₆ H ₁₀ N ₂ Na ₂ O ₇ S ₂	۴۵۲٫۳۷	۳۰۰	۴۵۸
کارموزین	C ₂₀ H ₁₂ N ₂ Na ₂ O ₇ S ₂	۵۰۲٫۴۲	> ۳۰۰	۵۱۰



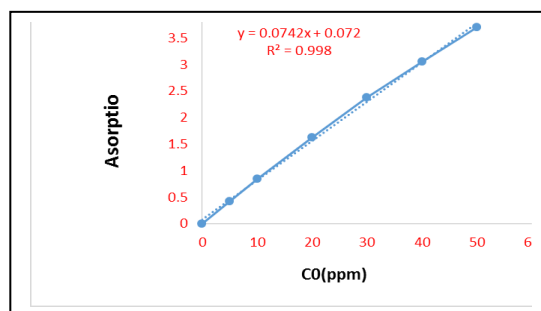
شکل ۲: ساختار رنگ‌های کارموزین و سانست یلو

دستگاه‌های مورد استفاده عبارت از pH متر، دستگاه جارتست، سانتریفیوژ، دستگاه اسپکتروفتومتر UV تک طول موج بودند. جهت کالیبره کردن دستگاه اسپکتروفتومتر ابتدا طول موج مورد نظر تنظیم شد و سپس سل حاوی شاهد یا حلال (آب مقطر) در مسیر نور قرار گرفت و پیچ کنترل نور تاییده شده به آشکارساز طوری تنظیم شد که A=۰ شود. سپس غلظت‌های اولیه را از محلول استاندارد تهیه کرده و مقدار A را در طول موج ماکزیمم برای هر یک از محلول‌ها به دست آورده و نمودار جذب بر حسب

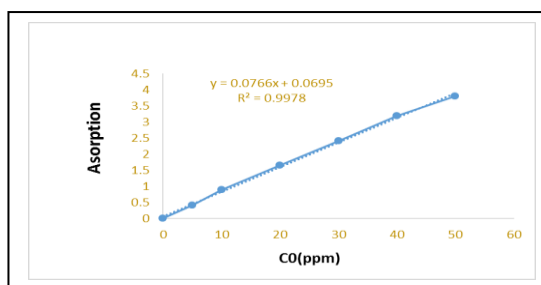
غلظت‌های مختلف در جدول (۳) ارائه شده است.

جدول ۳- مقادیر جذب برای غلظت‌های اولیه مختلف از محلول کارموزین و سانست یلو

غلظت اولیه (C ₀)	۰	۵	۱۰	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰
رنگ کارموزین	۰	۰/۴۲	۰/۸۳	۰/۶۲	۰/۳۷	۰/۱۴	۰/۸۳
رنگ سانست یلو	۰	۰/۴۱	۰/۸۹	۰/۶۵	۰/۴۱	۰/۱۹	۰/۸۳



شکل ۳: نمودار خطی جذب بر حسب غلظت رنگ کارموزین



شکل ۴: نمودار خطی جذب بر حسب غلظت رنگ سانست یلو

در نهایت درصد حذف رنگ با استفاده از فرمول زیر حاصل می‌شود:

$$R\% = [C_0 - C_t / C_0] \times 100$$

در این رابطه R% درصد حذف رنگ، C₀ غلظت رنگ در زمان صفر (میلی گرم/لیتر) و C_t غلظت رنگ در زمان t (میلی گرم/لیتر) می‌باشد. برای تست حذف رنگ توسط جاذب کیتوزان برای تمام آزمایش‌ها، ۲۰۰ میلی‌لیتر از محلول‌های استوک ساخته شده در بشر ۱۰۰۰ میلی‌لیتر روی جارتست با قدرت ۱۸۰ دور/دقیقه قرار داده و اختلاط انجام پذیرفت. پس از سپری شدن زمان مورد نظر، نمونه-

های گرفته شده جهت سنجش غلظت نهایی رنگ بعد از هر مرحله آزمایش، در دستگاه سانتی‌فیوژ، ۳۰۰۰ دور/دقیقه، برای مدت ۵ دقیقه قرار داده شد. در ادامه میزان جذب محلول رنگ با دستگاه اسپکتروفتومتر مدل DR ۵۰۰۰ در طول موج بهینه برای هر رنگ قرائت گردید.

- بررسی و بهینه کردن پارامترهای موثر بر جذب رنگ‌های سانست یلو و کارموزین با استفاده از جاذب

کیتوزان

- تاثیر pH بر کارایی حذف رنگ‌های سانست یلو و کارموزین

به منظور تعیین pH بهینه جذب رنگ‌های سانست یلو و کارموزین توسط کیتوزان، ظرف نمونه‌ها کاملاً تمیز و با آب مقطر شسته شدند. تنظیم pH در تمام مراحل آزمایش با استفاده از سدیم هیدروکسید و اسید هیدروکلریک انجام گرفت. شروع آزمایش جهت تعیین pH بهینه در محدوده pH (۳، ۵، ۷، ۹ و ۱۱) و شرایط ثابت غلظت ۲۰ میلی‌گرم/لیتر رنگ‌زا، دور جارتست ۱۸۰ دور/دقیقه، زمان تماس (۳۰ دقیقه)، غلظت جاذب (۰/۳ گرم/لیتر) و در دمای آزمایشگاه (۲۲±۵°C) انجام گرفت. سپس محلول‌های رنگ در دستگاه سانتی‌فیوژ برای جداسازی جاذب قرار داده شد و در نهایت غلظت باقی‌مانده رنگ‌های سانست یلو و کارموزین توسط دستگاه جذب اسپکتروفتومتر تعیین شدند. درصد حذف برای هر دو رنگ‌زا در جداول (۴) و (۵) آورده شده است.

جدول ۴- تاثیر pH بر میزان جذب رنگ کارموزین با جاذب کیتوزان

pH	جذب محلول تعادلی (ppm)	غلظت تعادلی (ppm)	درصد حذف
۳	۰/۸۱۸	۱۰/۰۵	۴۹/۷۳
۵	۰/۳۵۷	۳/۸۴	۸۰/۷۹
۷	۰/۵۴۶	۶/۳۸	۶۸/۰۵
۹	۱/۰۰۹	۱۲/۶۲	۳۶/۸۵
۱۱	۱/۳۸۹	۱۷/۷۴	۱۱/۲۵

جدول ۷- تاثیر زمان تماس بر میزان جذب رنگ سانست یلو با جاذب کیتوزان

زمان حذف (دقیقه)	جذب محلول تعادلی (ppm)	غلظت تعادلی (ppm)	درصد حذف
۵	۱/۱۱	۱۳/۶۷	۳۱/۶۲
۱۰	۱/۰۰	۱۲/۱۸	۳۹/۰۶
۲۰	۰/۹۱	۱۱/۰۷	۴۴/۶۱
۳۰	۰/۹۰	۱۰/۹۰	۴۵/۴۶
۴۰	۰/۷۳	۸/۷۰	۵۶/۴۹
۵۰	۰/۷۴	۸/۸۰	۵۵/۹۷

- تاثیر دوز جاذب بر کارایی حذف رنگ‌های سانست یلو و کارموزین

تعیین مقدار جاذب بهینه با غلظت ثابت ۲۰ میلی‌گرم/لیتر از رنگ‌های مورد نظر، دور ۱۸۰ دور/دقیقه در pH و زمان بهینه به دست آمده از مراحل قبل و مقدار جاذب در محدوده (۰/۱، ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴ و ۰/۵ گرم/لیتر) برای رنگ-های سانست یلو و کارموزین انجام شد. مقدار باقی مانده هر رنگ در نمونه‌ها توسط دستگاه جذب اسپکتروفتومتر تعیین شد که در جداول (۸) و (۹) آورده شده است.

جدول ۸- تاثیر مقدار جاذب بر میزان جذب رنگ کارموزین

مقدار جاذب (gr)	جذب محلول تعادلی (ppm)	غلظت تعادلی (ppm)	درصد حذف
۰/۱	۰/۵۳	۶/۲۲	۶۸/۸۶
۰/۲	۰/۱۸	۱/۴۵	۹۲/۷۲
۰/۳	۰/۱۶	۱/۱۸	۹۴/۰۷
۰/۴	۰/۱۴	۱/۰۲	۹۴/۸۷
۰/۵	۰/۰۹	۰/۲۴	۹۸/۷۸

جدول ۹- تاثیر مقدار جاذب بر میزان جذب رنگ کارموزین

مقدار جاذب (gr)	جذب محلول تعادلی (ppm)	غلظت تعادلی (ppm)	درصد حذف
۰/۱	۰/۹۴	۱۱/۴۱	۴۲/۹۱
۰/۲	۰/۹۰	۱۰/۸۸	۴۵/۵۹
۰/۳	۰/۷۳	۸/۷۰	۵۶/۴۹
۰/۴	۰/۷۰	۸/۳۴	۵۸/۲۵
۰/۵	۰/۴۱	۴/۴۹	۷۷/۵۱

جدول ۵- تاثیر pH بر جذب رنگ سانست یلو با جاذب کیتوزان

pH	جذب محلول تعادلی (ppm)	غلظت تعادلی (ppm)	درصد حذف
۳	۱/۰۷	۱۳/۱۳	۳۴/۳۰
۵	۰/۹۰	۱۰/۹۰	۴۵/۴۶
۷	۱/۱۶	۱۴/۲۴	۲۸/۷۵
۹	۱/۳۶	۱۶/۸۶	۱۵/۶۹
۱۱	۱/۵۲	۱۸/۹۸	۵/۰۵

- تاثیر زمان تماس بر کارایی حذف رنگ سانست یلو و کارموزین

برای تعیین اثر مدت زمان اختلاط بر جذب رنگ‌های سانست یلو و کارموزین، محلول‌هایی در محدوده زمانی (۵ min، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰) و شرایط ثابت غلظت ۲۰ میلی‌گرم/لیتر رنگ‌زاد، غلظت جاذب (۳/۰ گرم/لیتر) و در دمای آزمایشگاه (۲۲±۵°C) و در pH بهینه (pH=۵) به دست آمده از مرحله قبل برای رنگ‌های سانست یلو و کارموزین تنظیم شد. سپس از محلول‌های آماده شده در زمان‌های معین نمونه برداری شد و غلظت باقی مانده رنگ در جداول (۶) و (۷) محاسبه گردید.

جدول ۶- تاثیر زمان تماس بر میزان جذب رنگ کارموزین با جاذب کیتوزان

زمان حذف (دقیقه)	جذب محلول تعادلی (ppm)	غلظت تعادلی (-) (ppm)	درصد حذف
۵	۰/۵۴	۶/۳۶	۶۸/۱۹
۱۰	۰/۴۳	۴/۹۱	۷۵/۴۰
۲۰	۰/۲۶	۲/۶۵	۸۶/۷۲
۳۰	۰/۳۵	۳/۸۴	۸۰/۷۹
۴۰	۰/۱۵	۱/۱۳	۹۴/۳۳
۵۰	۰/۰۹	۰/۳۲	۹۸/۳۸

و کارموزین، دو نمونه با مشخصات بهینه هر رنگ که در مراحل قبل به دست آمد، تهیه شد. قابل ذکر است که در هر نمونه غلظت بهینه هر دو رنگ وجود داشت. سپس حذف نمونه بر طبق شرایط بهینه هر رنگ انجام شد و مقدار رنگ باقی مانده سانست یلو و کارموزین برای هر نمونه اندازه گیری شد.

نتیجه گیری

از نتایج حاصل مشاهده گردید که بیشترین درصد حذف رنگ‌های کارموزین و سانست یلو با استفاده از جاذب کیتوزان در $pH=5$ می باشد و در مقادیر pH بالاتر و پایین تر این بازدهی کاهش می یابد. بنابراین pH بهینه برای فرآیند حذف در این مطالعه $pH=5$ می باشد. از نتایج حاصل مشاهده شد که بیشترین درصد حذف رنگ‌های کارموزین و سانست یلو با مقدار 0.5 گرم در لیتر از جاذب کیتوزان اتفاق افتاده است. همچنین نتایج به دست آمده نشان داد که بیشترین درصد حذف برای رنگ کارموزین در مدت زمان 50 دقیقه و برای رنگ سانست یلو در مدت زمان 40 دقیقه توسط جاذب کیتوزان صورت گرفته است. نتایج نشان می دهد که رنگ کارموزین در شرایط بهینه بالاترین درصد حذف را نسبت به رنگ سانست یلو داشته است.

سپاس گذاری

نویسندگان این مقاله از حمایت‌های مالی و معنوی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز کمال تشکر را دارند.

منابع

- [1] Ahluwalia, S. S., Goyal, D., 2007, 98 (12): p. 2243-2257.
- [2] Aranaz, I., Mengfbar, M., Harris, R., Paños, I., Miralles, B., Acosta, N., Heras, Á., 2009, Current Chemical Biology., 3(2): p.203-230.
- [3] Atia, A. A., Donia, A. M., & Al-Amrani, W. A., 2009, Desalination., 246(1): p. 257-274.
- [4] Behnamfard, A., & Salarirad, M. M., 2009, Journal of hazardous materials, 170(1), 127-133.
- [5] Chen, L., Chen, D., & Wu, C., 2003, Journal of Polymers and the Environment, 11(3), 87-92.

- تاثیر غلظت اولیه رنگ‌های سانست یلو و کارموزین بر کارایی حذف

برای تعیین تاثیر غلظت اولیه رنگ بر حذف رنگ‌های مورد نظر، نمونه‌هایی با غلظت‌های (۵، ۱۰، ۲۰، ۴۰، ۳۰ و ۵۰ میلی گرم/لیتر) از رنگ‌های سانست یلو و کارموزین به طور جداگانه تهیه و در pH مقدار جاذب و زمان بهینه به دست آمده از مراحل قبل، عمل هم زدن در دمای آزمایشگاه با دور/ دقیقه صورت پذیرفت. سپس مقدار باقی مانده رنگ‌های سانست یلو و کارموزین در هر نمونه تعیین مقدار (۱۰) و (۱۱) آمده است.

جدول ۱۰- بررسی تاثیر غلظت اولیه رنگ کارموزین بر

میزان جذب

درصد حذف	غلظت تعادلی (ppm)	جذب محلول تعادلی (ppm)	غلظت اولیه (ppm)
۹۹/۴۶	۰/۱۰	۰/۰۸	۵
۹۸/۱۱	۰/۳۷	۰/۱	۱۰
۹۶/۰۹	۰/۷۸	۰/۱۳	۲۰
۹۳/۹۳	۱/۲۱	۰/۱۶	۳۰
۵۸/۷۶	۸/۲۴	۰/۶۸	۴۰
۴۱/۷۷	۱۱/۶۴	۰/۹۳	۵۰

جدول ۱۱- بررسی تاثیر غلظت اولیه رنگ سانست یلو بر

میزان جذب

درصد حذف	غلظت تعادلی (ppm)	جذب محلول تعادلی (ppm)	غلظت اولیه (ppm)
۹۸/۶۶	۰/۲۶	۰/۰۸	۵
۹۶/۰۵	۰/۷۸	۰/۱۳	۱۰
۷۷/۵۱	۴/۴۹	۰/۴۱	۲۰
۵۰/۶۸	۹/۸۶	۰/۸۲	۳۰
۱۷/۹۱	۱۶/۴۱	۱/۳۲	۴۰
۶/۶۲	۱۸/۶۷	۱/۵	۵۰

-اثر رقابتی جذب هم‌زمان رنگ‌های سانست یلو و کارموزین

برای تعیین اثر رقابتی جذب هم‌زمان رنگ‌های سانست یلو

- [6] Chojnacka, K., 2010, *Environment International*, 36(3): p. 299-307.
- [7] Dada, A., Olalekan, A., Olatunya, A., & Dada, OLangmuir., 2012, *Freundlich, Journal of Applied Chemistry*, 3(1): p.38-
- [8] Divakaran, R., & Pillai, V. S., 2002, *Water Research*, 2002, 36(9): p.2414-2418.
- [9] Dutta, P. K., Dutta, J., & Tripathi, V., 2004, *Journal of scientific and industrial research*, 2004, 63(1): p.20-31.
- [10] Edrissi, M., Asl, N. R., & Madjidi, B., 2008, *Turkish Journal of Chemistry*, 32(4): p.505-519.
- [11] El-Khaiary, M. I., 2008, *Journal of hazardous materials*, 158(1): p.73-87.
- [12] Evans, J. R., Davids, W. G., MacRae, J. D., & Amirbahman, A., 2002, *Water Research*, 36(13): p.3219-3226.
- [13] Febrianto, J., Kosasih, A. N., Sunarso, J., Ju, Y.-H., Indraswati, N., & Ismadji, S., 2009, *Equilibrium and kinetic studies in adsorption of heavy metals using biosorbent: a summary of recent studies. Journal of hazardous materials*, 162(2): p. 616-645.