مطالعه سینتیکی و مقایسه ای برروی تجزیه میکروبی رنگ های آزو توسط باکتری های سودوموناس آئروژنوزا و سودوموناس پوتیدا

سعید حیدری کشل[۱]، مصطفی رضایی طاویرانی[۱]، علی رضا چکشیان خراسانی[۲*]، ایمان رهنما فلاورجانی[۲]
، ایرج پاکزاد[۳]،حشمت الله نور مرادی [٤]

۱) مرکز تحقیقات پروتئومیکس، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی تهران
۲) گروه مهندسی شیمی و نفت، دانشکده مهندسی شیمی و نفت، دانشگاه صنعتی شریف تهران
۳) گروه میکروب شناسی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی ایلام
۴)گروه بهداشت محیط،دانشکده بهداشت،دانشگاه علوم پزشکی ایلام

تاریخ دریافت: ۹۲/۲/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۲/۵/۱٤

چکیده

مقدمه: در صنایع نساجی، رنگزدایی میکروبی به عنوان یک روش موثر و توانمند برای حذف مواد رنگزا بررسی شده است. نوع رنگ ها و عوامل تجزیه کننده، بازده فرایند را تعیین می کنند. عوامل زیستی مانند باکتری ها از جمله تجزیه کننده های باصرفه و سازگار با محیط زیست به شمار می آیند که کاربرد آن ها در رنگزدایی روز به روز در حال گسترش است. باکتری های سودوموناس به عنوان یکی از قدرتمندترین باکتری های تجزیه کننده شناخته شده است که می توان از آن در رنگزدایی پساب های کارخانجات نساجی بهره برد.

مواد و روش ها: در این مطالعه، چهار رنگ آزو شامل: Acid Blue 113 (AB-113)، Basic Red 46 (BR-46)، Direct Blue 151 (DB-151)، Direct Brown 2 (DB-2) و مخلوط این چهار رنگ(Mix) برای تجزیه زیستی توسط سودوموناس آئروژنوزا و سودوموناس پوتیدا در pH 7.2 و دمای ۳۰ درجه سانتی گراد بررسی گردید.

یافته های پژوهش: سودوموناس آئروژنوزا رنگ AB-113 در تمام غلظت ها، رنگ BR-46 در غلظت های ۰/۱ و ۰/۲ گرم بر لیتر و رنگ DB-2 در غلظت های ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۵ گرم بر لیتر را به طور کامل تجزیه کرد. سودوموناس پوتیدا رنگ AB-113 در غلظت های ۰/۱ و ۰/۲ گرم بر لیتر و رنگ DB-2 در غلظت های ۰/۱ و ۰/۲ گرم بر لیتر را به طور کامل تجزیه کرد. هم چنین، مخلوط چهار رنگ در غلظت ۰/۱ گرم بر لیتر توسط سودوموناس پوتیدا کاملاً تجزیه گردید. رنگزدایی های انجام شده در غلظت های پایین از سینتیک مرتبه اول و در غلظت های بالا از مرتبه دوم پیروی می کنند. ثابت های سرعت محاسبه شده برای غلظت های پایین تر، مقدار بالاتری را نشان می دهند.

بحث و نتیجه گیری: بررسی نتایج مختلف نشان می دهد که سویه های مختلف سودوموناس توانایی های مختلفی در تجزیه رنگ های آزو در غلظت های مختلف دارند که می توان براساس اجزا و غلظت رنگ ها، از آن ها استفاده کرد.

واژه های کلیدی: رنگ های آزو، رنگزدایی، سودوموناس آئروژنوزا، سودوموناس پوتیدا، سینتیک

* **نویسنده مسئول:** گروه مهندسی شیمی و نفت، دانشکده مهندسی شیمی و نفت، دانشگاه صنعتی شریف تهران

Email: alireza.chackoshian@gmail.com

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-09]

مقدمه

تجزیه رنگ های موجود در پساب های کارخانجات نساجی یکی از مهم ترین و بحث برانگیزترین مشکلات محیط زیستی به شمار می آید،(۱). امروزه حدود ۱۰۰۰۰ رنگ مختلف در صنایع استفاده می شود و مصرف جهانی رنگ ها به بیش از هفتصد هزار تن در سال می رسد.(۲،۳)

از نظر ساختار شیمیایی رنگ های مختلفی وجود دارند که در انواع گوناگونی مانند رنگ های اسیدی، راکتیو، بازی، دیسپرس، آزو، دی آزو، آنتراکوئینون، فلزی، گوگردی، تری فنیل متان و فتالوسیانین طبقه بندی می شوند. فاضلاب های نساجی عمدتاً شامل این رنگ ها است که سبب آسیب رسانی به محیط زیست می شوند،(۷-۳). حدود ۶۰ تا ۷۰ درصد کل رنگ های تولیدی، رنگ های آزو هستند که دارای یک یا چند پیوند آزو(-N=N-) می باشند.(۸،۹)

سیستم های تصفیه کننده مختلفی برای تجزیه رنگ های موجود در پساب های نساجی وجود دارد اما از نظر اقتصادی پرهزینه هستند،(۱۰). تجزیه زیستی رنگ ها روشی سازگار با محیط، کم هزینه و بی خطر است،(۱۱). سیستم های مختلف میکروبی برای مقاصد گوناگونی از جمله تجزیه رنگ ها بر اساس نوع و کیفیت پساب های رنگی به کار گرفته می شوند.(۱۲،۳) تجزیه رنگ های آزو بر اساس شکسته شدن پیوندهای شیمیایی بین دو اتم نیتروژن در عامل آزو توسط باکتری ها انجام می شود،(۱۳). مطالعات گسترده ای برروی تجزیه کردن رنگ های مختلف آزو توسط سیستم های باکتریایی در جهان انجام شده است. سویه های باکتریایی مختلفی مانند Bacillus sp، Sphaerotilus natans، Arthrobacter sp،(۱۴،۱۵)، Alcaligenes faecalis، Commomonas acidovorans،(۱۶)، Streptococcus faecalis،(۱۷)، Pseudomonas aeruginosa،(۱۸)، Shewanella sp،(۱۹)، Rhodopseudomonas palustris،(۲۰)، توانایی تجزیه رنگ های آزو مختلفی را دارند.

هدف از این مطالعه، بررسی توانایی دو سویه باکتری سودوموناس آئروژنوزا و سودوموناس پوتیدا به صورت جداگانه در تجزیه چهار رنگ مختلف آزو، و بررسی میزان تجزیه رنگ ها براساس غلظت های اولیه بوده است. هم چنین، با توجه به اهمیت سینتیک واکنش ها در طراحی بهینه راکتورها جهت بازده بیشتر و کنترل بهتر، داده های به دست آمده از تجزیه رنگ ها توسط سینتیک مرتبه اول و دوم مورد بررسی قرار گرفتند.

مواد و روش ها

باکتری ها و رنگ ها

دو سویه باکتری سودوموناس آئروژنوزا(PTCC 1707) و سودوموناس پوتیدا(PTCC 1694) از کلکسیون قارچ ها و باکتری های ایران خریداری شد. چهار رنگ پر مصرف در صنایع نساجی که عبارتند از: Acid Blue 113 (AB-113)، Basic Red 46 (BR-46)، Direct Blue 151 (DB-151) و Direct Brown 2 (DB-2) از شرکت UAHO کشور چین تهیه شد. هم چنین، مخلوط چهار رنگ، با ترکیب درصد مساوی از هریک از رنگ ها، تهیه گردید.

محیط کشت و شرایط آزمایشگاهی

محیط کشت مایع جهت رشد باکتری ها از ترکیب ۲/۵ گرم عصاره مخمر، ۴ گرم گلوکز، ۰/۵ گرم NaCl، ۰/۵ گرم KH2PO4، ۰/۲۵ گرم MgSO4 و ۰/۲۵ گرم CaCl2 در یک لیتر آب مقطر تهیه شد. آزمایش های رنگزدایی توسط سودوموناس آئروژنوزا و سودوموناس پوتیدا برای تعیین قدرت رنگزدایی، تخمین سرعت، و محاسبه ثابت سینتیکی طراحی شدند. محیط های آزمایش با غلظت های اولیه مختلف ۰/۱، ۰/۲، ۰/۵، ۱ و ۲ گرم بر لیتر برای هر رنگ آماده گردید. نمونه های آزمایش در ارلن های ۲۵۰ میلی لیتری تهیه شد. حجم هریک از نمونه های آزمایش با تزریق رنگ ها با غلظت های معین، به ۱۰۰ میلی لیتر رسانده شد. پس از اتوکلاو کردن نمونه ها به مدت ۲۰ دقیقه در ۱۲۰ درجه سانتی گراد، باکتری های مورد نظر، در هر نمونه مقدار ۰/۱ گرم بر لیتر سلول خیس باکتری، در شرایط کاملاً استریل به نمونه ها تلقیح گردید. برای هر

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-09]

نمونه یک شاهد شامل تمام اجزا بدون باکتری تهیه گردید. نمونه ها و شاهدها جهت انجام آزمایش، در pH 7.2 و دمای ۳۰ درجه سانتی گراد و ۱۵۰rpm گرماگذاری شدند. زمان کل آزمایش ۴۸ ساعت تعیین شد و هر ۴ ساعت، نمونه گیری جهت سنجش میزان تجزیه رنگ ها انجام گرفت. هر نمونه گیری سه بار انجام شد و میانگین داده های به دست آمده، به عنوان داده اصلی برای رنگ تجزیه شده گزارش گردید.

اندازه گیری تجزیه رنگ

جذب رنگ های نمونه و شاهد توسط دستگاه اسپکتروفتومتر UV-VIS (Perkin Elmer، مدل Lambda 25، ساخت آمریکا) در طول موج بیشینه هر رنگ اندازه گیری شد. طول موج های بیشینه برای(AB-113) Acid Blue 113، Basic Red 46 (BR-46)، Direct Blue 151 (DB-151)، Direct Brown 2 (DB-2) و مخلوط چهار رنگ(Mix) به ترتیب برابر ۵۵۸، ۵۰۶، ۵۵۴، ۴۱۶، ۵۳۸ نانومتر تعیین شد. نمودار کالیبراسیون برای تعیین غلظت رنگ ها توسط میزان جذب خوانده شده تهیه گردید. با به دست آوردن غلظت رنگ ها از روی نمودار، درصد تجزیه رنگ توسط رابطه ۱ به دست آمد.

رابطه (۱) $DE\ (\%) = 100\times (C_0-C)/C_0$

در این رابطه، C غلظت محاسبه شده، C_0 غلظت اولیه، و DE درصد تجزیه شدن رنگ را نشان می دهند.

تئوری سینتیکی

طراحی سیستم های تصفیه پساب، نیازمند محاسبه پارامترهای سینتیکی واکنش ها است تا بتوان بر اساس آن سیستم بهینه ای را طراحی کرد. به همین دلیل، داده های حاصل توسط مدل های سینتیکی خطی مرتبه اول و دوم بررسی شدند. رابطه ۲ و ۳ به ترتیب سینتیک خطی مرتبه اول و دوم را نشان می دهند.

رابطه (۲) $\ln C/C_0 = -Kt$

رابطه (۳) $1/C = Kt + 1/C_0$

که در آن، K ثابت سرعت و t زمان رسیدن رنگ به غلظت C است.

یافته های پژوهش

سودوموناس آئروژنوزا رنگ AB-113 را به طور کامل در تمام غلظت های تعیین شده تجزیه کرد. دوره زمانی این تجزیه بسیار کوتاه و تقریباً برابر با ۴ ساعت بود. این نتیجه نشان می دهد که غلظت های بالای این رنگ نتوانسته مانع فعالیت باکتریایی سودوموناس آئروژنوزا شود. بر اساس شکل شماره ۱، روند تجزیه زیستی در ۴ ساعت ابتدایی بسیار سریع بوده و در ادامه سرعت بسیار کم شده است. به نظر می رسد سرعت بالای فعالیت زیستی در ابتدا، بیشتر رنگ را تجزیه کرده و در ادامه به دلیل تولید مواد سمی، سرعت باکتری بسیار کم شده است. بنا بر این برای طراحی یک سیستم بهینه نیازی به ادامه مسیر پس از ۴ ساعت نیست و راکتور مورد نظر را می توان بر اساس ۴ ساعت ابتدایی طراحی نمود. بر اساس غلظت های تجزیه شده، طبیعتاً غلظت ۲ گرم بر لیتر، غلظت بهینه این رنگ است؛ زیرا می توان با ۱۰۰ درصد بازده در کوتاه ترین مدت بیشترین غلظت را از بین برد.

دیگر باکتری، سودوموناس پوتیدا، توانست این رنگ را با غلظت های ۰/۱ و ۰/۲ گرم بر لیتر به ترتیب در مدت ۸ و ۳۲ ساعت کاملاً تجزیه کند. هم چنین، حذف این رنگ در غلظت های ۰/۵ و ۱ گرم بر لیتر به ترتیب با ۷۲ درصد و ۶۷ درصد به انجام رسید. اما غلظت ۲ گرم بر لیتر به عنوان غلظت سمی و بحرانی برای این باکتری، مانع فعالیت تجزیه کنندگی آن شد. نتایج به طور واضح نشان می دهند که با افزایش غلظت رنگ، کاهش فعالیت باکتری به وجود می آید. به عبارت دیگر، غلظت های بالای این رنگ به عنوان بازدارنده برای سودوموناس پوتیدا به حساب می آید. با توجه به شکل شماره ۲، روند سریع تغییرات برای غلظت های پایین در ۴ ساعت ابتدایی همانند تغییرات در شکل شماره ۱ است. ولی در غلظت های بالاتر روند کمی ملایم شده و در غلظت ۲ گرم بر لیتر به صفر می رسد. در نتیجه، غلظت بهینه در این سیستم می تواند غلظت ۰/۱ گرم بر لیتر در ۱۲ ساعت در نظر گرفته شود.

نتایج ارائه شده در شکل شماره ۳ نشان می دهند که سودوموناس آئروژنوزا رنگ BR-46 با غلظت های ۰/۱ و ۰/۲ گرم بر لیتر را کامل تجزیه کرده است.

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-09]

به علاوه، غلظت های ۰/۵، ۱ و ۲ گرم بر لیتر به ترتیب ۸۵، ۷۴ و ۷۱ درصد تجزیه شده اند. هم چون روند تجزیه رنگ AB-113، رنگ BR-46 نیز در دو محدوده زمانی متمایز تجزیه شده است. ۲۰ ساعت اولیه سرعت رنگزدایی بسیار بالا ولی پس از آن سرعت کاهش یافته و به منطقه کاملا یکنواخت می رسد. مشاهدات بیانگر آن است که غلظت ۰/۱ گرم بر لیتر در بازه زمانی ۴ ساعت بهترین حالت برای تصفیه این رنگ است.

سودوموناس پوتیدا نمونه رنگی در تمام غلظت ها را تا حدود ۵۵ درصد طی ۴ ساعت تجزیه کرد. از طرفی، در مدت ۲۴ ساعت غلظت های ۰/۱ و ۰/۲ گرم بر لیتر کاملا حذف شدند. بر اساس شکل ۴، میزان حذف رنگ در غلظت های ۰/۵ تا ۲ گرم بر لیتر در طولانی مدت پیشرفتی ندارد؛ بنا بر این برای رسیدن به بیشترین بازده، غلظت ۰/۱ گرم برلیتر در مدت ۱۲ ساعت پیشنهاد می شود.

با توجه به شکل ۵ و ۶، DB-151 با غلظت های ۰/۱ و ۰/۲ گرم بر لیتر به ترتیب به میزان ۸۰ و ۳۷ درصد توسط سودوموناس آئروژنوزا تجزیه شده است. هم چنین، غلظت های مذکور به ترتیب به میزان ۹۱ و ۳۹ درصد توسط سودوموناس پوتیدا از محیط حذف شده است.

نتایج نشان داده شده در شکل شماره ۷، میزان تجزیه رنگ DB-2 در تمام غلظت ها را توسط سودوموناس آئروژنوزا در حدود ۸۰ درصد تائید می کند. پس از ۱۶ ساعت غلظت های ۰/۱ و ۰/۲ گرم بر لیتر و پس از ۳۲ ساعت غلظت ۰/۵ گرم بر لیتر به طور کامل ازبین رفتند. در پایان بازه زمانی ۹۱ درصد از غلظت ۱ گرم بر لیتر و ۸۰ درصد از غلظت ۲ گرم بر لیتر نیز تجزیه شد. در غلظت های پایین سرعت تجزیه در ساعات ابتدایی بسیار شدید بوده است؛ در حالی که غلظت های بالا با شیب ملایم تری در طول زمان از بین رفته اند. گذر زمان و تولید محصولات متابولیکی سمی به تدریج از سرعت رنگزدایی در ساعات پایانی کاسته است. بنا بر این، برای رسیدن به بالاترین بازده غلظت ۰/۲ گرم بر لیتر در مدت ۱۶ ساعت بهترین انتخاب می باشد.

با توجه به نتایج حاصل در شکل شماره ۸، سودوموناس پوتیدا قابلیت تجزیه کامل این رنگ را در غلظت های ۰/۱ و ۰/۲ گرم بر لیتر به ترتیب در ۱۲ و ۲۴ ساعت داشته است. غلظت های ۰/۵ و ۱ گرم بر لیتر طی ۴ ساعت حدود ۶۰ درصد حذف شده و پس از ۲۴ ساعت این مقدار تا حدود ۷۵ درصد افزایش یافته است. هم چنین، غلظت ۲ گرم بر لیتر در مدت ۴ و ۴۴ ساعت به ترتیب حدود ۲۸ و ۶۰ درصد تجزیه شده است. روند تجزیه زیستی در شکل شماره ۸ با شیب بسیار تند در مدت ۴ ساعت آغاز شده است که با کاهش آن طی ۳۲ ساعت همراه است. می توان گفت حذف غلظت ۰/۲ گرم بر لیتر طی ۱۲ ساعت توسط سودوموناس پوتیدا برای طراحی راکتور تصفیه پساب بسیار مناسب است.

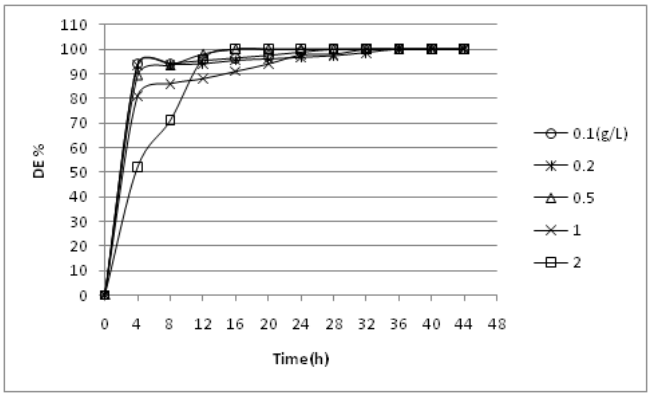
با توجه به این که پساب های نساجی متشکل از چندین رنگ مختلف است، برای نزدیک تر شدن به نتایج واقعی تجزیه پساب های نساجی از رنگ مخلوط استفاده شد. نتایج شکل شماره ۹ نشان می دهد در مدت ۱۲ ساعت اولیه، حذف رنگ مخلوط با غلظت ۰/۱ گرم بر لیتر حدود ۷۵ درصد و با غلظت ۰/۲ و ۰/۵ گرم بر لیتر حدود ۶۰ درصد بوده است. در همین مدت، غلظت ۱ و ۲ گرم بر لیتر به ترتیب ۵۵ و ۳۵ درصد از محیط حذف شده اند که برای تجزیه یک پساب صنعتی با غلظت های بالا بسیار قابل توجه است.

نتایج شکل شماره ۱۰ نشان می دهند که تجزیه زیستی توسط سودوموناس پوتیدا در ۱۲ ساعت اول برای غلظت های ۰/۱، ۰/۲، ۰/۵، ۱ و ۲ گرم بر لیتر به ترتیب برابر بوده است با: ۱۰۰، ۸۶، ۸۶، ۸۰ و ۶۲ درصد. بر اساس نتایج، طراحی بر مبنای حذف این رنگ با غلظت های ۰/۲ و ۰/۵ گرم بر لیتر توسط باکتری سودوموناس پوتیدا در مدت ۴ ساعت می تواند بیشترین بازده(بالای ۷۵ درصد) را در بر داشته باشد.

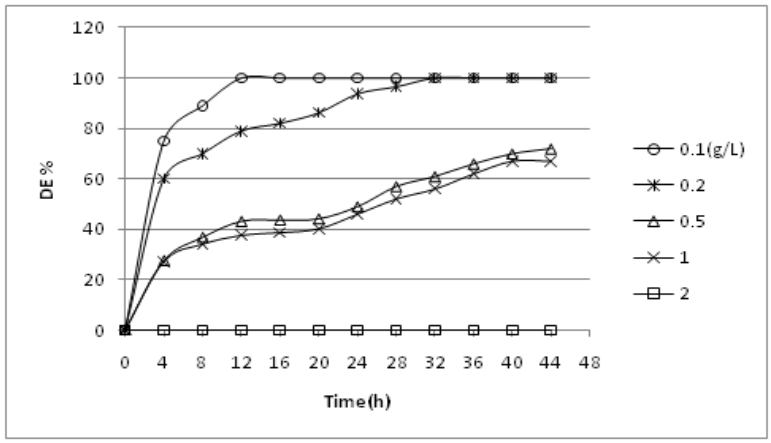
بازده های مختلف بر اساس غلظت های گوناگون رنگ ها و نوع آن ها در شکل های شماره ۱۱ و ۱۲ دیده می شود. تعداد پیوندهای آزو و وزن رنگ های استفاده شده در این مطالعه عبارتند از: DB-151 (diazo; 773.7)، AB-113 (diazo; 681.65)، DB-2 (diazo; 627.51)، و BR-46 (monoazo; 403.319

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-09]

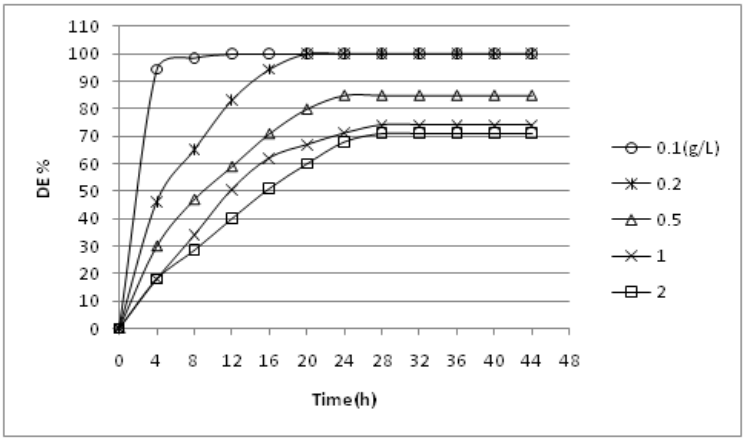
(g/mole. رنگ DB-151 با بالاترین وزن مولکولی و دو پیوند آزو کمترین تجزیه پذیری را داشته است. در مقابل، BR-46 با کمترین وزن مولکولی و یک پیوند آزو بیشترین تجزیه پذیری را داشته است. بنا بر این، نتایج ارتباط بین تجزیه رنگ و ساختار رنگ را تائید می کنند.



شکل شماره ۱. تجزیه رنگ AB-113 توسط سودوموناس آئروژنوزا

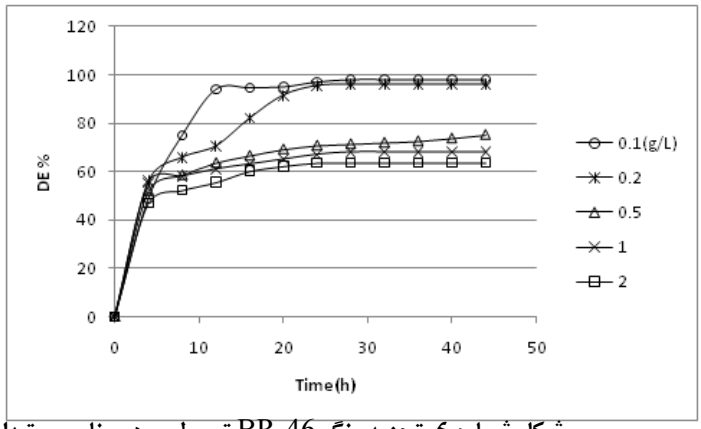


شکل شماره ۲. تجزیه رنگ AB-113 توسط سودوموناس پوتیدا

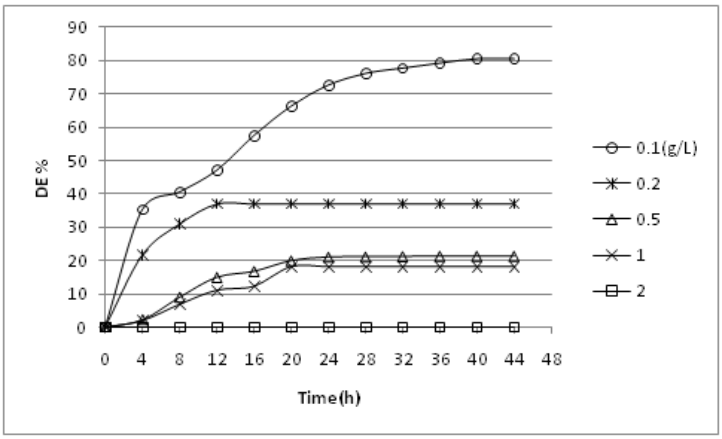


[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-09]

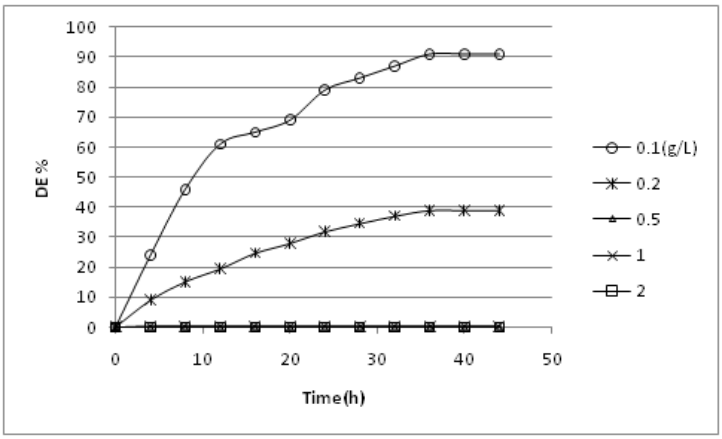
شکل شماره ۳. تجزیه رنگ BR-46 توسط سودوموناس آئروژنوزا



شکل شماره ٤. تجزیه رنگ BR-46 توسط سودوموناس پوتیدا

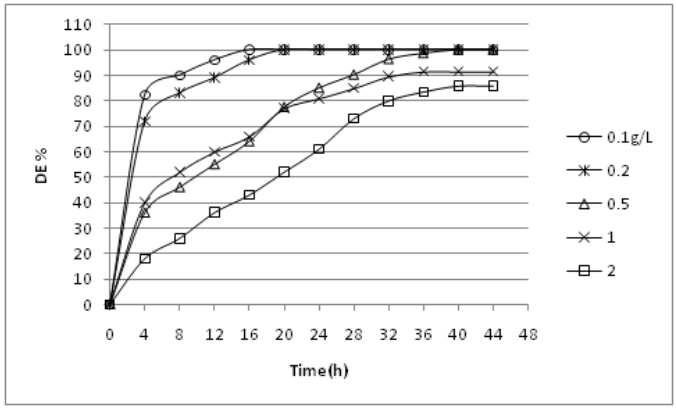


شکل شماره ٥. تجزیه رنگ DB-151 توسط سودوموناس آئروژنوزا

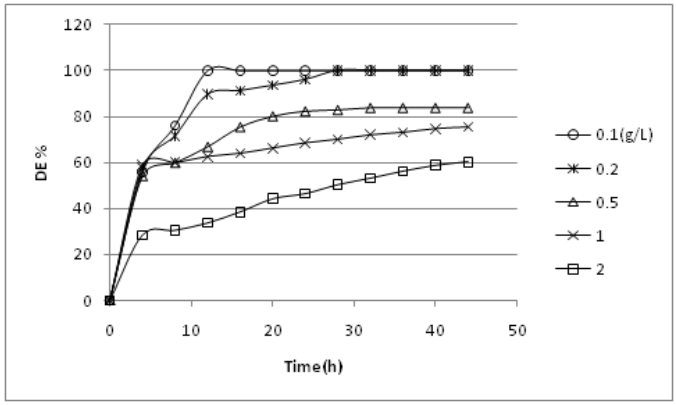


[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-09]

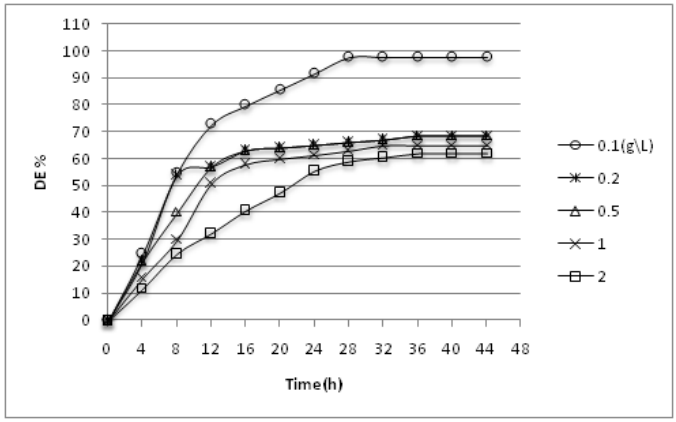
شکل شماره ٦. تجزیه رنگ DB-151 توسط سودوموناس پوتیدا



شکل شماره ۷. تجزیه رنگ DB-2 توسط سودوموناس آئروژنوزا

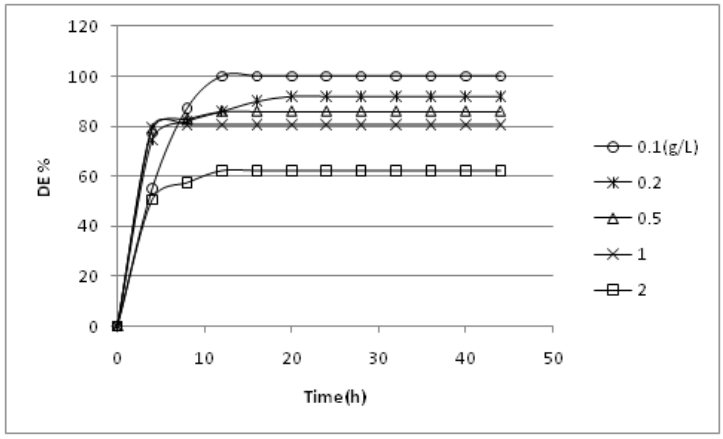


شکل شماره ۸. تجزیه رنگ DB-2 توسط سودوموناس پوتیدا

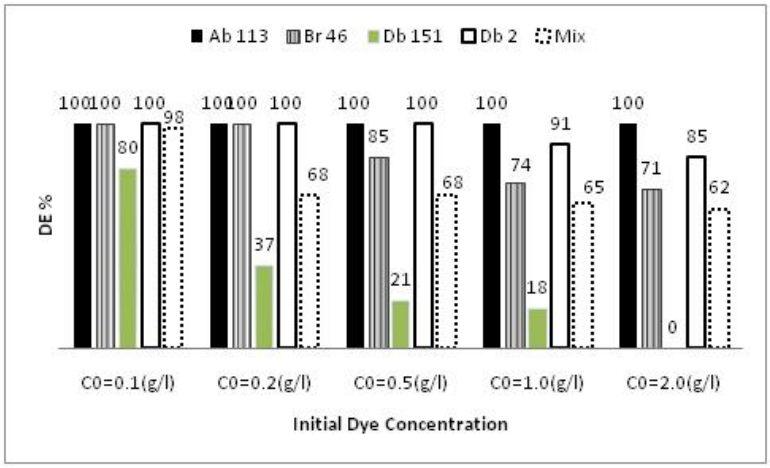


شکل شماره ۹. تجزیه رنگ مخلوط توسط سودوموناس آئروژنوزا

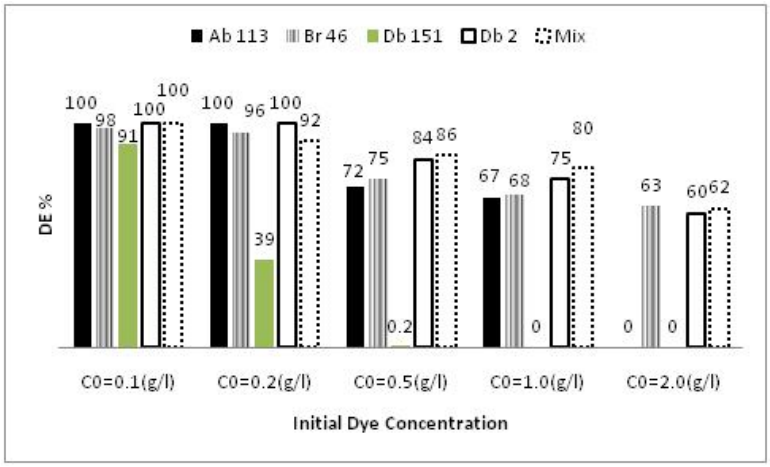
[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-09]



شکل شماره ۱۰. تجزیه رنگ مخلوط توسط سودوموناس پوتیدا



شکل شماره ۱۱. درصد تجزیه ۵ رنگ با غلظت های متفاوت توسط سودوموناس آئروژنوزا



شکل شماره ۱۲. درصد تجزیه ۵ رنگ با غلظت های متفاوت توسط سودوموناس پوتیدا

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-09]

بحث و نتیجه گیری

تجزیه رنگ AB-113 با غلظت ۲۰ میلی گرم بر لیتر طی ۲۴ ساعت توسط باکتری های Bacillus cereus، Pseudomonas putida، Pseudomonas fluorescen، Stenotrophomonas acidaminiph-ila گزارش شده است. هم چنین، این رنگ با غلظت ۶۰ میلی گرم بر لیتر در مدت ۲۴ ساعت توسط مخلوط باکتریایی کاملا حذف شده است،(۲۱،۲۲). نتایج حاصل نشان داد که سویه سودوموناس پوتیدا نسبت به سودوموناس آئروژنوزا در مقابل غلظت های متفاوت این رنگ حساس تر است؛ بنا بر این استفاده از سودوموناس آئروژنوزا برای تجزیه زیستیAB-113 پیشنهاد می شود.

باتوجه به این که در تجزیه رنگ ها غلظت های بالا اهمیت بیشتری دارند، باید سویه باکتریایی انتخاب شود که علاوه بر غلظت های پایین، توانایی تجزیه غلظت های بالا را نیز داشته باشد. بنا بر این تجزیه BR-46 توسط سودوموناس آئروژنوزا ارزشمندتر است؛ زیرا سودوموناس پوتیدا قابلیت تجزیه غلظت های بالا را به خوبی نداشته است.

قابلیت دو سویه موردنظر در مواجه با غلظت های بالای رنگ DB-151 بسیار کم بوده است، که این می تواند به دلیل وزن مولکولی بالای رنگ و ساختار پیچیده آن باشد. این عامل سبب می شود تا سلول میکروبی توانایی جذب مولکول به داخل سلول را نداشته باشد و تجزیه آن توسط آنزیم های داخل سلولی انجام نگیرد.(۱)

ناتوانی در حذف غلظت های بالای رنگ DB-2 برای سودوموناس آئروژنوزا و سودوموناس پوتیدا تقریباً مشابه بوده است. مطالعات دیگر نیز تجزیه ناپذیری این رنگ را توسط باکتری ها تائید کرده اند.(۲۳،۲۴)

غلظت های بالای رنگ بر اساس ساختار آن ها می تواند تاثیرگذار باشد. هرچه ساختار پیچیده تر همراه با پیوندهای چندگانه باشد، بازدارندگی میکروبی آن ها نیز بیشتر خواهد بود. بنا بر این افزایش بازده رنگزدایی بر اساس عملکرد و تاثیر آنزیم ها بر ساختار رنگ تعریف می شود و الزاماً غلظت های پایین به راحتی تجزیه نمی شوند،(۱۳). در تجزیه زیستی رنگ، افزایش سرعت رنگزدایی در ابتدا مشاهده می شود که پس از مدتی کاهش می یابد، در حالی که سیستم های غیرزیستی از سرعت یکنواختی در طول رنگزدایی بهره می برند.(۱۵،۲۵)

تجزیه پذیری رنگ های آزو توسط باکتری ها متفاوت است،(۲۶). رنگ ها با ساختار ساده تر و وزن مولکولی کمتر راحت تر و با سرعت بیشتری نسبت به رنگ های پیچیده با وزن مولکولی بالا ازبین می روند،(۲۷)، که این به دلیل ورود رنگ های کوچک تر به داخل سلول است،(۲). علاوه بر این، تعداد پیوندهای آزو در تجزیه پذیری اهمیت بالایی دارد، به طوری که رنگ ها با یک پیوند آزو سریع تر از رنگ ها با چند پیوند آزو تجزیه می شوند.(۲۸)

نتایج سینتیکی تجزیه زیستی پساب های نساجی و رنگ G Black RL با نتایج حاصل در این مطالعه تطابق دارد،(۲۹،۳۰). نتایج نشان داد تجزیه رنگ ها در غلظت های پایین سریع تر از غلظت های بالا اتفاق افتاده است. در کل، رنگ AB-113 سریع تر از دیگر رنگ ها تجزیه شد. توانایی رنگزدایی دو سویه متفاوت بود. سودوموناس آئروژنوزا رنگ BR-46، DB-151، و DB-2 را سریع تر از بین برد. اگر چه سودوموناس پوتیدا AB-113 و مخلوط رنگ ها را با سرعت بالاتری تجزیه کرد.

به طور کلی انجام این مطالعه نشان داد که توانایی های دو سویه سودوموناس آئروژنوزا و سودوموناس پوتیدا برای تجزیه چهار رنگ مختلف آزو و مخلوط آن ها متفاوت است. سینتیک واکنش ها با محاسبه ثوابت سرعت انجام شد. ثابت های سرعت در غلظت های پایین بسیار بیشتر از غلظت های بالا بود که نشان دهنده سرعت تجزیه بالا در این غلظت هاست. نتایج نشان داد که سرعت تجزیه تابعی از غلظت، وزن مولکولی و تعداد پیوندهای آزو در

رنگ های آزو بوده است. در میان رنگ های مطالعه شده، AB-113 سریع تر از دیگر رنگ ها توسط سودوموناس آئروژنوزا تجزیه گردید. از طرفی، سودوموناس پوتیدا بازده بیشتری در تجزیه مخلوط رنگ ها داشته است. شرایط بهینه برای طراحی راکتورهای تصفیه بر اساس سینتیک رنگزدایی

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-09]

پیشنهاد شد. بنا بر این، رنگزدایی توسط دوسویه مورد مطالعه می تواند برای تجزیه پساب های نساجی استفاده شود.

سپاسگزاری

بدین وسیله از حمایت مالی دانشگاه صنعتی اصفهان و شهرک علمی و تحقیقاتی اصفهان قدردانی می گردد.

References

1-Fu Y, Viraraghavan T. Fungal decolourization of dye wastewater: a review. Bioresource Technol 2001;79:251-62.

2-Robinson T, McMullan G, Marchant R, Nigam P. Remediation of dyes in textile effluent: a critical review on current treatment technologies with a proposed alternative. Bioresource Technol 2001;77:247-55.

3-McMullan G, Meehan C, Conneely A, Kirby N, Robinson T, Nigam P, et al. Microbial decolourisation and degradation of textile dyes. Appl Microbiol Biot 2001;56: 81-7.

4-Clarke EA, Anliker R. Organic dyes and pigments. Hand-book of environmental chemistry, anthropogenic compounds. Part A, Vol. 3. New York: Springer; 1980.P. 181-215.

5-O'Neill C, Hawkes FR, Hawkes DL, Lourenco ND, Pinheiro HM, Del´ee W. Colour in textile effluents-sources, measurement, discharge consents and simulation: a review. J Chem Technol Biot 1999;74: 1009-18.

6-Hao OJ, Kim H, Chiang PC. Decolorization of wastewater. Crit Rev Env Sci Tec 2000;30:449-505.

7-Lewis DM. Coloration for the next century. Rev Prog Color Relat Topics 1999; 29:23-8.

8-Carliell CM, Barclay SJ, Naidoo N, Buckley CA, Mulholland DA, Senior E. Microbial decolourisation of a reactive azo dye under anaerobic conditions. Water SA 1995;21:61-9.

9-Banat IM, Nigam P, Singh D, Marchant R. Microbial decolorization of textile- dye-containing effluents: a review. Bioresource Technol 1996;58:217-27.

10-Coughlin MF, Kinkle BK, Tepper A, Bishop PL. Characterization of aerobic azo dye degrading bacteria and their activity in biofilms. Water SA 1997;36:215-20.

11-Moosvi S, Keharia H, Madamwar D. Decolourization of Textile dye reactive violet 5 by a newly isolated bacterial consortium RVM 11.1. World J Microb Biot 2005;21:667-72.

12-Chen KC, Wu JY, Liou DJ, Hwang SJ. Decolorization of textile dyes by newly isolated bacterial strains. J Biotechnol 2003;10:57-68.

13-Pearce CI, Lloyd JR, Guthrie JT. The removal of colour from textile wastewater using whole bacterial cells: a review. Dyes Pigments 2003;58:179-96.

14-Zissi U, Lyberatos G. Azo-dye biodegradation under anoxic conditions. Water SA 1996;34:495-500.

15-Wuhrmann K, Mechsner K, Kappeler T. Investigations on rate determining factors in the microbial reduction of azo dyes. Eur J Appl Microbiol Biot 1980;9:325-38.

16-Nigam P, Banat IM, Singh D, Marchant R. Microbial process for the decolorization of textile effluent containing azo, diazo and reactive dyes. Process Biochem 1996;31: 435-42.

17-Gingell R, Walker R. Mechanisms of azo reduction by Streptococcus faecalis. II. The role of soluble flavins. Xenobiotica 1971;1:231-9.

18-Bhatt N, Patel KC, Keharia H, Madamwar D. Decolorization of diazo-dye Reactive Blue 172 by Pseudomonas aeruginosa NBAR12. J Basic Microbiol 2005; 45:407-18.

19-Khalid A, Arshad M, Crowley DE. Decolorization of azo dyes by Shewanella sp. Un-der saline conditions. Appl Microbiol Biot 2008;79:1053-9.

20-Liu GF, Zhou JT, Wang J, Song ZY, Qv YY. Bacterial decolorization of azo dyes by Rhodopseudomonas palustris. World J Microb Biot 2006;22:1069-74.

21-Khehra MS, Saini HS, Sharma DK, Chadha BS, Chimni SS. Comparative studies on potential of consortium and constit-

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-09]

uent pure bacterial isolates to decolorize azo dyes. Water Res 2005;39:5135-41.
22-Khehra MS, Saini HS, Sharma DK, Chadha BS, Chimni SS. Decolorization of various azo dyes by bacterial consortium. Dyes and Pigments 2005;67:55-61.
23-Hsueh CC, Chen BY. Comparative study on reaction selectivity of azo dye decolorization by Pseudomonas luteola. J Hazard Mater 2007;141:842-9.
24-Gopinath KP, Sahib HAM, Muthukumar K, Velan M. Improved biodegradation of Congored by using Bacillus sp. Bioresource Technol 2009;100:670-5.
25-Dubin P, Wright KL. Reduction of azo food dyes in cultures of Proteus vulgaris. Xenobiotica 1975;5:563-71.
26-Bras R, Ferra IA, Pinheiro HM, Goncalves IC. Batch tests for assessing decolourisation of azo dyes by methanogenic and mixed cultures. J Biotechnol 2001;89:155-62.
27-Sani RK, Banerjee UC. Decolorization of triphenyl-methane dyes and textile and dye-stuff effluent by Kurthia sp. Enzyme Microb Tech 1999;24:433-7.
28-Hu TL. Kinetics of azoreductase and assessment of toxicity of metabolic products from azo dyes by Pseudomonas luteola. Water SA 2001;43:261-9.
29-Sandhya S, Sarayu K, Swaminathan K. Determination of kinetic constants of hybrid textile wastewater treatment system. Bioresource Technol 2008;99:5793-7.
30-Aksu Z, Karabayır G. Comparison of biosorption properties of different kinds of fungi for the removal of Gryfalan Black RL metal-complex dye. Bioresource Technol 2008;99:7730-41.

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-09]

Comparative and Kinetic Studies on Microbial Decolorization of Azo Dyes By Pseudomonas Aeruginosa and Pseudomonas Putida

Heidari keshel S[1], Rezaei tavirani M[1], Chackoshian khorasani A[2], Rahnema Falavarjani E[2], Pakzad I[3]*

(Received: 29 Aprl. 2013 Accepted: 4 Aug. 2013)

Abstract

Introduction: Microbial decolorization in removing chromophores is investigated as an effective and potential method to be applied in textile industries. The type of dyes and degraders determines efficiency of the process. Biodegraders such as bacteria are environmentally biocompatible and cost effective which their application in decolorization is extending day to day. Pseudomonas bacteria are known as one of the most powerful degrader bacteria that can be applied to decolorize textile wastewater.

Materials & Methods: In this study, four different azo dyes including Acid Blue 113 (AB-113), Basic Red 46 (BR-46), Direct Blue 151 (DB-151), Direct Brown 2 (DB-2), and a mixture of the four dyes (Mix) were subjected to biodegradation using Pseudomonas aeruginosa (P. aeruginosa), and Pseudomonas putida (P. putida) at pH 7.2 and 30 °C condition.

Findings: P. aeruginosa completely decolorized AB-113 in all initial dye concentrations, BR-46 in the concentrations of 0.1 and 0.2 g/L and DB-2 in the concentrations of 0.1, 0.2 and 0.5 g/L. P. putida completely decolorized AB-113 in the concentrations of 0.1 and 0.2 g/L, DB-2 in the concentrations of 0.1 and 0.2 g/L. The mixture of four dyes was also completely decolorized in the concentration of 0.1 g/L by P. putida. Decolorization processes followed first and second order kinetics with respect to dye concentration. The higher calculated rate constants of first and second order were observed in low dye concentrations.

Discussion & Conclusion: Results of the study represented that various strains of Pseudomonas are differently able to degrade azo dyes in different concentrations that can be used based on the components and concentrations of dyes.

Keywords: azo dyes, decolorization, pseudomonas aeruginosa, pseudomonas putida, kinetics

1. Proteomics Research Center, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran
2. Dept of Chemical and Petroleum Engineering, Sharif University of Technology, Tehran, Iran
3. Dept of Clinical Microbiology, Faculty of Medicine, Ilam University of Medical Sciences, Ilam, Iran
4.Dept of Environmental Health ،Faculty of Health، Ilam University of Medical Health
**(corresponding author)*

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-09]