

Decolorization of Reactive Red 152 Dye by Native Bacteria Isolated from Kashan Textile Wastewater

ARTICLE INFO

Article Type

Original Research

Authors

Seyedi Z.S.¹ MSc,
Zahraei Z.^{*1} PhD,
Jookar Kashi F.¹ PhD

How to cite this article

Seyedi Z S, Zahraei Z, Jookar Kashi F. Decolorization of Reactive Red 152 Dye by Native Bacteria Isolated from Kashan Textile Wastewater. Modares Journal of Biotechnology. 2019;10(1):77-83.

¹Cell & Molecular Biology Department, Chemistry Faculty, University of Kashan, Kashan, Iran

*Correspondence

Address: Cell & Molecular Biology Department, Chemistry Faculty, University of Kashan, 6Kilometer of Ghotbe Ravandi Boulevard, Kashan, Iran. Postal Code: 8731753153
Phone: +98 (31) 55912396
Fax: +98 (31) 55912397
zahraei@kashanu.ac.ir

Article History

Received: February 25, 2017
Accepted: June 12, 2017
ePublished: March 16, 2019

ABSTRACT

Aims The dyes are high usage chemical compounds in textile industry. Discharge of colored effluent to the water sources, effect on the unpleasant appearance and the solubility of gases. The dyes reduce light penetration to the lower layers of water and photosynthetic activity. They caused cancers and variety of mutations. In this research, the decolorization ability of Reactive Red 152 dye by isolated strains from textile wastewater was measured, also environmental conditions were optimized.

Materials & Methods In this experimental study, the bacterial strains were isolated from samples collected from different parts of textile wastewater. The dye decolorizing bacteria were screened. The decolorization ability of the strains was evaluated under different conditions such as incubation time from 0 to 72 hours, pH 6 to 9, different dye concentrations from 50 to 400mg/l and different carbon sources.

Findings Ten strains were isolated from Kashan textile wastewater that 4 strains showed high ability in decolorization. The highest decolorization was observed after 48 hours, pH=9, 50mg/l concentration of dye and glucose as carbon source.

Conclusion Textile wastewater contains bacterial strains which have high decolorization ability. Therefore, we can use these bacteria for decolorization of wastewater dyes.

Keywords Bacteria; Azo dye; Reactive Red; Wastewater

CITATION LINKS

[1] Industrial effluents as major source of water pollution in Nigeria ... [2] Production, characterization and treatment of textile effluents: A critical ... [3] TiO₂ mediated photocatalytic degradation studies of reactive red 198 by UV ... [4] Photocatalytic degradation of AZO dyes by supported TiO₂ + UV in aqueous ... [5] Isolation, identification and screening of dye decolorizing ... [6] Decolorization of C.I. Acid Blue 9 solution by UV/Nano-TiO₂, Fenton, Fenton-like, electro-Fenton and electrocoagulation processes ... [7] Batch kinetic and equilibrium studies of adsorption of reactive ... [8] Technical facts & figures of reactive dyes used ... [9] Decolorization of anthraquinonic dyes from textile effluent using horseradish peroxidase ... [10] Some aerobic bacterial degradation and decolorization of different ... [11] Biodecolorization of textile dye effluent by biosorption on ... [12] Decolorization of the textile dyes by newly isolated bacterial ... [13] Decolorization of textile azo dyes by newly isolated halophilic and halotolerant ... [14] Dyestuff wastewater treatment using chemical oxidation, physical adsorption and fixed bed ... [15] Decolorization of water soluble azo dyes by bacterial cultures, isolated from dye house ... [16] Bacterial influence on textile wastewater ... [17] Biodecolorization of textile dye effluent by *Pseudomonas putida* ... [18] Isolation and screening of reactive dye decolorizing bacterial ... [19] Decolorization of alizarin red s dye by bacterial strains isolated from industrial ... [20] Bergey's manual of systematic ... [21] Microbial cyanide and nitrile ... [22] Treatment of metal cyanide bearing wastewater by ... [23] Degradation of synthetic reactive azo dyes and treatment ... [24] Microbial decolorization of reactive azo dyes under aerobic ... [25] Potential commercial applications of microbial ... [26] Decolorization and degradation of C. I. reactive red 195 by *Enterobacter* ... [27] Bacterial decolorization and degradation of azo dyes ... [28] Treatment of dyeing wastewater in two SBR ... [29] Biodegradation and decolorization of reactive dye red ME4BL by ... [30] Biotransformation of malachite green by the fungus ... [31] Decolorization of various azo dyes by bacterial ... [32] Decolorization of synthetic dye reactive blue 4 by ... [33] Experimental study on non sporulating *Escherichia* ... [34] Isolation and identification of bacterial culture ... [35] Microbial decolorization of textile-dyecontaining ... [36] *Alishewanella solinquinati* sp. nov., isolated from soil ... [37] Isolation, identification and antibacterial activity of marine ... [38] Isolation, identification and characterisation of ...

رنگ‌بری رنگ راکتیو رد ۱۵۲ توسط باکتری‌های بومی جداشده از پساب نساجی کاشان

زینب سادات سیدی MSc

گروه زیست‌شناسی سلولی و مولکولی، دانشکده شیمی، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران

زهره زهرائی* PhD

گروه زیست‌شناسی سلولی و مولکولی، دانشکده شیمی، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران

فرشته جوکارکاشی PhD

گروه زیست‌شناسی سلولی و مولکولی، دانشکده شیمی، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران

چکیده

اهداف: رنگ‌زاهای ترکیب‌های شیمیایی پرکاربرد در صنعت نساجی هستند. ورود فاضلاب‌های رنگی به منابع آبی علاوه بر ایجاد ظاهری نامطلوب، کاهش نفوذ نور به لایه‌های زیرین آب و جلوگیری از فتوسنتز یا کاهش آن، باعث ایجاد سرطان و انواع جهش‌ها می‌شوند. در این پژوهش توانایی رنگ‌بری سویه‌های جداشده از پساب نساجی برای رنگ راکتیو رد ۱۵۲ اندازه‌گیری و شرایط محیطی بهینه‌سازی شد.

مواد و روش‌ها: در مطالعه تجربی حاضر پس از نمونه‌برداری از قسمت‌های مختلف پساب نساجی، سویه‌های رنگ‌بر جداسازی و غربالگری شدند. اثر فاکتورهای مختلف بر رنگ‌بری سویه‌های رنگ‌بر ارزیابی شد. توانایی رنگ‌بری سویه‌ها در محدوده زمانی صفر تا ۷۲ ساعت و گستره pH برابر ۶ تا ۹، غلظت‌های مختلف رنگ از ۵۰ تا ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و حضور منابع کربنی متفاوت مورد سنجش قرار گرفت.

یافته‌ها: از میان ۱۰ سویه بومی جداشده از پساب کارخانه نساجی کاشان، ۴ سویه توانایی بالاتری در رنگ‌بری نشان دادند. در بهینه‌سازی شرایط محیطی، بیشترین رنگ‌بری پس از ۴۸ ساعت مشاهده شد. همچنین بالاترین رنگ‌بری، در حضور منبع کربنی گلوکز، pH برابر ۹ و غلظت رنگ ۵۰ میلی‌گرم در لیتر انجام شد.

نتیجه‌گیری: پساب نساجی حاوی سویه‌هایی است که توانایی رنگ‌بری بالایی دارند، بنابراین می‌توان از این سویه‌ها برای رنگ‌بری رنگ‌های موجود در پساب استفاده نمود.

کلیدواژه‌ها: باکتری، رنگ آزو، راکتیو قرمز، پساب

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۲/۰۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۳/۲۲

*نویسنده مسئول: zahraei@kashanu.ac.ir

۱- مقدمه

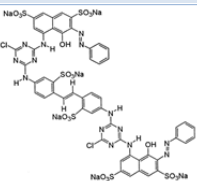
فاضلاب‌های صنعتی یا پساب‌ها یکی از مهم‌ترین علل آلودگی منابع آبی هستند^[1]. صنایع نساجی از انواع مواد شیمیایی و مقادیر زیادی آب در طول فرآیندهای تولیدی خود استفاده می‌کنند، به‌گونه‌ای که ۲۰۰ لیتر آب برای رنگ‌کردن هر کیلوگرم پارچه مصرف می‌شود^[2]. صنایع نساجی به‌علت تنوع روش‌های تولید، رنگ و مواد شیمیایی مصرفی، پساب‌هایی با کمیت و کیفیت بسیار متفاوت تولید می‌کنند^[3]. پساب‌های تولیدی این صنعت دارای اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی (BOD) و اکسیژن‌خواهی شیمیایی (COD) بالا و انواع رنگ‌های مصنوعی است^[4]. تجزیه رنگ‌های موجود در پساب کارخانه‌های نساجی یکی از مهم‌ترین و بحث‌برانگیزترین مشکلات محیط زیستی به شمار می‌رود^[5]. طبق برآوردی که در سال ۲۰۰۹ میلادی انجام شده است، مصرف رنگ در صنایع نساجی دنیا بیش از ده هزار تن در سال تخمین زده می‌شود^[6]. رنگ‌زاهای راکتیو از جمله رنگ‌های محلول در آب هستند که به‌دلیل تکنیک‌های کاربردی آسان و مصرف انرژی پایین در صنعت نساجی به میزان زیادی استفاده می‌شوند^[7]، همچنین

این رنگ‌زاهای به‌دلیل تشکیل پیوند کووالانسی با پارچه و در نتیجه ایجاد ثبات شست‌وشو، از پرمصرف‌ترین رنگ‌ها در این صنعت هستند. مقررات زیست‌محیطی سبب شده است که به مواد زاید موجود در پساب حاصل از رنگ‌رزی پارچه با رنگ‌زاهای راکتیو توجه بیشتری شود^[8]. تقریباً حدود ۵۰٪ از رنگ‌های مورد استفاده در صنعت نساجی وارد پساب می‌شوند و این رنگ‌ها پس از شکسته‌شدن به آمین‌های آروماتیک سمی‌تری تبدیل می‌شوند^[9].^[10] با توجه به وجود دامنه وسیعی از رنگ‌ها با ساختارهای مختلف، فاضلاب عمدتاً می‌تواند ترکیب‌های بسیار متغیری داشته باشد. تخلیه فاضلاب‌های رنگی حاصل از صنایع نساجی بر آب و محیط زیست اثر سوء دارد^[11]. در حال حاضر سیستم‌های تصفیه متداولی برای حذف رنگ‌ها در دسترس است که به اصول فیزیکی و شیمیایی وابسته است. در این روش‌ها به‌دلیل به‌کاربردن مقادیر بالای مواد شیمیایی، میزان زیادی لجن تولید می‌شود و رنگ‌ها به‌طور کامل از بین نمی‌روند. بنابراین روش‌های ذکرشده از لحاظ اجرایی سخت و پرهزینه هستند^[11, 12]. استفاده از تکنیک‌هایی که بر پایه حضور یک ارگانیزم زنده در مقابله با آلودگی باشد، جزء تحقیقات کلیدی در شاخه علوم محیطی است^[13]. روش‌های زیستی اغلب در مقایسه با سایر روش‌های تصفیه موثرتر و کارآمدتر هستند. روش‌های زیستی از لحاظ کاربرد نیز ساده و ارزان بوده و برای حذف رنگ و مواد آلی از فاضلاب نساجی به کار می‌روند^[14]. تاکنون مطالعات وسیعی در خصوص حذف آلاینده‌ها از جمله رنگ‌ها با استفاده از روش‌های زیستی صورت گرفته است. در سال ۲۰۱۰، پژوهشگرانی با هدف جداسازی باکتری‌های رنگ‌بر از پساب، موفق به جداسازی ۷ سویه گرم مثبت شدند که یک سویه توانایی رنگ‌بری رنگ راکتیو رد ۱۹۵ را به میزان ۹۷٪ طی زمان ۷۲ ساعت داشت^[15]. همچنین در سال ۲۰۱۲ محققانی با جداسازی ۱۰ سویه رنگ‌بر از پساب رنگی و بهینه‌سازی شرایط رنگ‌بری باکتری‌های مذکور، از سویه‌ها برای رنگ‌بری رنگ‌های آزو استفاده کردند^[16]. محققانی در سال ۲۰۱۲ موفق به تصفیه پساب نساجی در شرایط آزمایشگاهی توسط باکتری‌های جداشده از پساب شدند. این باکتری‌ها توانایی رنگ‌بری ۳۰۰ ppm از رنگ ریمازول بلک را به میزان ۹۷٪ داشته و همچنین باکتری‌های مذکور، ۱۰۰۰ ppm از این رنگ را تحمل کرده و قابلیت رشد داشتند^[17]. در پژوهش دیگری، حدود ۳۷ سویه باکتریایی از پساب آلوده به رنگ جدا شد که ۱۶ سویه توانایی رنگ‌بری رنگ راکتیو را داشت و ۵ سویه از میان سویه‌های رنگ‌بر توانایی رنگ‌بری به میزان ۶۰٪ را داشتند^[18]. همچنین در سال ۲۰۱۶ جداسازی دو سویه رنگ‌بر سودوموناس (*Pseudomonas sp.*) و *شریشیا کلی* (*Escherichia coli*) از پساب‌های آلوده به رنگ صورت گرفت و با بهینه‌سازی شرایط رنگ‌بری از قبیل منبع کربن و نیتروژن، دما، pH و غلظت رنگ، سویه‌های مذکور توانستند رنگ آلیزارین‌رد را به میزان ۶۰ الی ۷۰٪ تجزیه کنند^[19].

این تحقیق با هدف جداسازی باکتری‌های بومی از پساب نساجی با توانایی رنگ‌بری از رنگ راکتیو رد ۱۵۲ صورت پذیرفت و سپس اثر فاکتورهای محیطی مختلف بر توانایی رنگ‌بری سویه‌های منتخب بررسی شد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- رنگ: در مطالعه تجربی حاضر رنگ راکتیو رد ۱۵۲ (RR152) به‌عنوان رنگ‌زا (الوان ثابت؛ ایران) به کار رفت (جدول ۱).

نام علمی	ساختار مولکولی	وزن مولکولی	فرمول مولکولی	ساختار شیمیایی
Reactive Red 152	دی آزو	۱۷۵۲/۱۱	$C_{52}H_{30}Cl_2N_{14}Na_6O_{20}S_6$	

۲-۲- نمونه‌برداری: نمونه‌برداری از قسمت‌های مختلف پساب کارخانه نساجی کاشان صورت گرفت. نمونه‌ها در ظروف استریل جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل شدند. میزان pH هر یک از نمونه‌ها اندازه‌گیری و ثبت شد.

۳-۲- غربالگری و شناسایی بیوشیمیایی سویه‌های رنگ‌بر: به‌منظور جداسازی سویه‌های رنگ‌بر، نمونه‌های جمع‌آوری‌شده غربالگری شدند. ابتدا ۵ میلی‌لیتر از نمونه پساب، به ۵۰ میلی‌لیتر از محیط نوترینت‌براث (یک‌گرم بر لیتر عصار گوشت، ۲ گرم بر لیتر عصاره مخمر، ۵ گرم بر لیتر پپتون و ۵ گرم بر لیتر نمک سدیم‌کلرید) در ارلن‌های ۲۵۰ میلی‌لیتر افزوده و در دمای $37^{\circ}C$ روی شیکر با دور ۱۵۰ rpm گرماداری شد. پس از یک هفته، این نمونه‌ها روی پلیت‌های نوترینت‌آگار کشت داده شدند. در مرحله بعد کلنی‌هایی با ریخت‌شناسی متفاوت جداسازی شدند. برای اطمینان از خالص بودن جدایه‌ها، کشت‌های متوالی انجام شد و برای شناسایی اولیه سویه‌ها، رنگ‌آمیزی گرم و آزمایش‌های اکسیداز، کاتالاز و پتاسیم‌هیدروکسید ۳٪ صورت گرفت. برای شناسایی بیشتر، سویه‌های منتخب در محیط‌های کشت سیمون‌سیترات، تریپل‌شوگر‌آیرون‌آگار، سولفیدایندول‌موتیلیتی، سالمونلا شینگلا آگار و مک‌کانگی کشت داده شدند. برای بررسی حضور آنزیم‌های پروتئاز، لیپاز، آمیلاز و اوره‌آز، سویه‌ها در محیط‌های کشت کازئین، توفین ۸۰، استارچ‌آگار، اوره، دکسی‌ریبونوکلئاز آگار و ژلاتیناز تلقیح شدند. همچنین سویه‌های منتخب از لحاظ توانایی مصرف آمینواسید آلانین و قندهای مختلف گلوکز، فروکتوز، سوکروز، لاکتوز، گزیلوز، گالاکتوز، آرابینوز، مانوز و ریبوز بررسی شدند [20].

در مرحله بعد برای تعیین باکتری‌های رنگ‌بر، به لوله‌های آزمایش حاوی ۱۰ میلی‌لیتر از محیط کشت رنگ‌بری (متشکل از ۱٪ گلوکز، ۳۰ گرم بر لیتر محیط کشت نوترینت‌براث و ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر رنگ راکتیو رد ۱۵۲)، ۱٪ مایه تلقیح (از کدورت ۰/۵ مک‌فارلند باکتری) افزوده و در دمای $37^{\circ}C$ گرماداری شدند.

۴-۲- تعیین درصد رنگ‌بری با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر: طیف جذبی رنگ در محدوده ۲۰۰ تا ۸۰۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر ماورای بنفش مریبی تعیین شد تا بیشینه طول موج جذبی رنگ مشخص شود. برای تعیین میزان رنگ‌بری، فاز جامد (شامل باکتری) و فاز مایع نمونه‌های کشت، به‌وسیله سانتریفوژ با دور ۵۰۰۰ rpm به‌مدت ۱۰ دقیقه جدا شدند. سپس در زمان‌های ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت، میزان رنگ‌بری محلول رویی، در طول موج بیشینه (λ_{max}) مربوط به رنگ (۵۵۴ نانومتر) با روش اسپکتروفتومتری در مقایسه با شاهد (محیط بدون باکتری) اندازه‌گیری شد.

درصد رنگ‌زدایی مطابق با فرمول زیر محاسبه شد [13]:

$$D(\%) = (A_0 - A) / A_0 \times 100$$

A_0 = جذب محیط شاهد

A = جذب محیط پس از رنگ‌بری

D = درصد رنگ‌بری

۵-۲- بررسی اثر فاکتورهای مختلف بر میزان رنگ‌بری رنگ راکتیو رد ۱۵۲ توسط سویه‌های باکتریایی: تاثیر فاکتورهای مختلف، شامل زمان، pH، غلظت‌های مختلف رنگ و منابع مختلف کربنی بر میزان رنگ‌بری سویه‌های مختلف بررسی شد.

۶-۲- مطالعه اثر زمان بر رنگ‌بری: رنگ‌بری رنگ راکتیو رد ۱۵۲، در فواصل زمانی صفر تا ۷۲ ساعت اندازه‌گیری شد. در بازه زمانی صفر، ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت، مقدار یک‌میلی‌لیتر از نمونه برداشته و به‌مدت ۱۰ دقیقه با دور ۵۰۰۰ rpm سانتریفوژ و میزان رنگ‌بری به روش اسپکتروفتومتری تعیین شد.

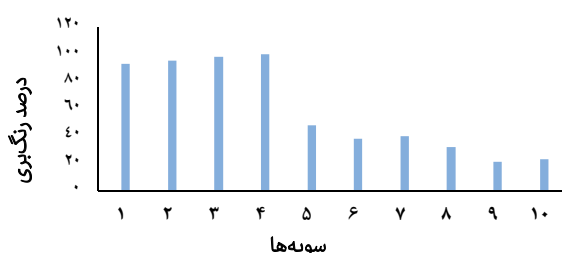
۷-۲- مطالعه اثر pH بر رنگ‌بری: برای بررسی تاثیر pH بر رنگ‌بری رنگ مورد مطالعه، با استفاده از pH متر و با افزودن هیدروکلریک‌اسید و سدیم‌هیدروکسید به محیط کشت نوترینت‌براث، pH های ۶، ۷، ۸ و ۹ آماده شد. به مقدار یک‌میلی‌لیتر از نمونه برداشته و به‌مدت ۱۰ دقیقه با دور ۵۰۰۰ rpm سانتریفوژ و میزان رنگ‌بری به روش اسپکتروفتومتری تعیین شد.

۸-۲- مطالعه اثر غلظت رنگ بر رنگ‌بری: برای تعیین اثر غلظت رنگ بر میزان رنگ‌بری توسط سویه‌های منتخب، غلظت‌های مختلف ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر از رنگ تهیه و میزان رنگ باقی‌مانده در زمان‌های ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت بعد از تلقیح باکتری به محیط کشت با روش‌های مذکور اندازه‌گیری شد.

۹-۲- مطالعه اثر منبع کربن بر رنگ‌بری: گلوکز، لاکتوز، سوکروز، گزیلوز و فروکتوز به میزان ۱٪ به‌عنوان منبع کربن، هر کدام جداگانه به محیط کشت نوترینت‌براث حاوی باکتری و رنگ افزوده و میزان رنگ‌بری به کمک دستگاه اسپکتروفتومتر تعیین شد.

۳- یافته‌ها

۱-۳- جداسازی سویه‌های رنگ‌بر: نتایج نشان داد از میان ۱۰ سویه بومی جدا شده از پساب کارخانه نساجی با pH برابر با ۸ تا ۱۲، چهار سویه توانایی بالایی در رنگ‌بری رنگ راکتیو رد ۱۵۲ دارند. انتخاب این چهار سویه براساس میزان و سرعت رنگ‌بری بود (نمودار ۱). با توجه به نتایج جدول ۲ که حاصل از آزمون‌های بیوشیمیایی است، سویه‌های منتخب ۱، ۲، ۳ و ۴ احتمالاً به‌ترتیب متعلق به جنس‌های آلیشوانلا (Alishewanella)، هالوموناس (Halomonase)، جونسیا (Jonesia) و سودوموناس هستند [20].

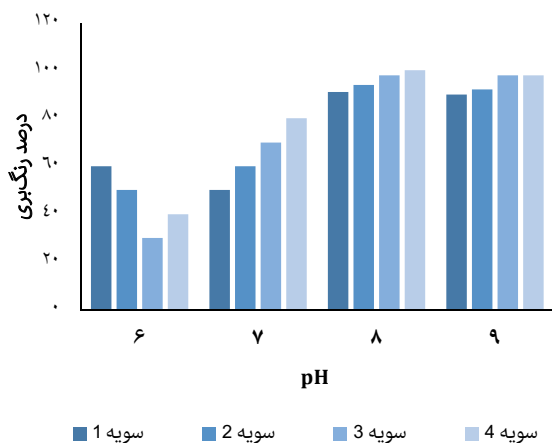


نمودار ۱) رنگ‌بری ۱۰ سویه باکتریایی در زمان ۴۸ ساعت

جدول ۲) صفات ریخت‌شناسی و بیوشیمیایی سویه‌های منتخب

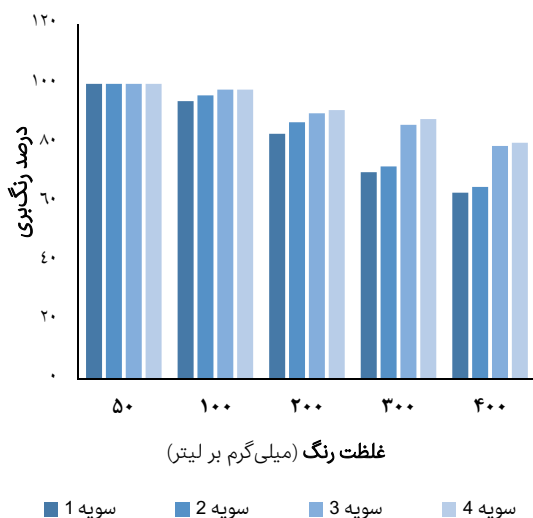
آزمون‌های بیوشیمیایی	سویه‌های باکتریایی			
	سویه ۱	سویه ۲	سویه ۳	سویه ۴
کاتالاز	-	+	+	+
اکسیداز	+	+	-	+
پتاسیم هیدروکسید	+	+	-	+
رنگ آمیزی گرم	-	-	+	-
سیمون سیترات	-	-	-	-
تریپل شوگر آبیرون آگار	K/K	A/A	K/A ^b	K ^a /K
سولفید، ایندول، موتیلیتی	+	-	+	+
سالمونلا شیگلا آگار	-	-	-	-
کازئین	+	+	+	-
توین ۸۰	-	-	-	-
استارچ آگار	+	+	-	+
اوره	-	-	-	-
دزوکسی ریبونوکلاز آگار	-	-	-	-
ژلاتیناز	-	-	-	-
مک کانگی	+	-	+	-
گلوکز	+	+	+	+
فروکتوز	-	+	+	-
سوکروز	-	+	+	-
لاکتوز	-	+	+	-
گزیلوز	-	+	+	-
گالاکتوز	-	+	+	-
آرابینوز	-	+	+	-
آلانین	-	+	+	-
مانوز	-	+	+	-
ریبوز	-	+	+	-

(a) قلیایی؛ (b) اسیدی



نمودار ۳) اثر pH بر رنگ‌بری

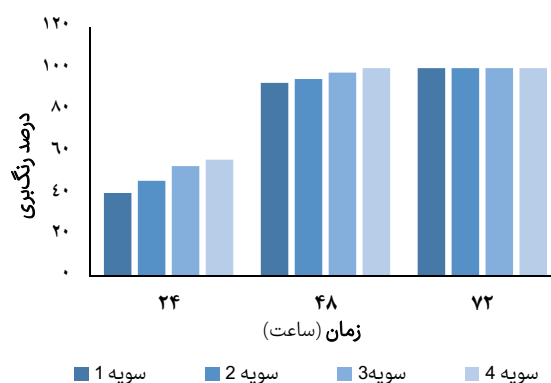
۳-۴- تاثیر غلظت‌های مختلف رنگ بر میزان رنگ‌بری: میزان رنگ‌بری رنگ راکتیو رد ۱۵۲ توسط سویه‌های منتخب، در غلظت‌های مختلف رنگ (۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) بررسی شد. نتایج نشان داد تمام سویه‌ها در غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر رنگ، به میزان ۱۰۰٪ توانایی رنگ‌بری داشتند و در غلظت‌های ۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر، میزان رنگ‌بری تا حدودی کاهش می‌یابد (نمودار ۴). همان‌طور که در نمودار ۴ مشاهده می‌شود سویه‌های ۳ و ۴ در غلظت‌های مذکور رنگ‌بری بیشتری در مقایسه با سویه‌های ۱ و ۲ دارد.



نمودار ۴) اثر غلظت‌های مختلف رنگ بر رنگ‌بری

۳-۵- تاثیر منابع کربنی مختلف بر میزان رنگ‌بری: به منظور بررسی اثر نوع منبع کربن بر رنگ‌بری، منابع مختلف شامل گلوکز، فروکتوز، لاکتوز، سوکروز و گزیلوز هر یک به میزان ۱٪ استفاده شدند. همان‌طور که در نمودار ۵ نشان داده شده، منابع کربنی فروکتوز، لاکتوز، سوکروز و گزیلوز اثر چندانی بر میزان رنگ‌بری ندارند و فقط گلوکز در همه سویه‌ها به میزان بیشتری در رنگ‌بری تاثیر دارد (نمودار ۵). سویه ۱ در حضور منابع کربنی گلوکز و گزیلوز بیشترین رنگ‌بری را داشته و در حضور ساکارز کمترین میزان رنگ‌بری را نشان داد. در حالی که سویه‌های ۲، ۳ و ۴ بیشترین میزان رنگ‌بری را در حضور گلوکز نشان دادند.

۳-۲- تاثیر زمان بر رنگ‌بری: نتایج نشان داد که میزان رنگ‌بری از زمان صفر تا ۴۸ ساعت، به‌طور تصاعدی افزایش می‌یابد و در ۴۸ ساعت میزان رنگ‌بری به ۹۰ الی ۱۰۰٪ می‌رسد. از زمان ۴۸ تا ۷۲ ساعت تغییر محسوسی در میزان رنگ‌بری مشاهده نمی‌شود. لازم به ذکر است که این میزان رنگ‌بری با غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر رنگ اندازه‌گیری شد (نمودار ۲). زمان بهینه برای رنگ‌بری این رنگ توسط سویه‌های منتخب ۴۸ ساعت بود.



نمودار ۲) اثر زمان‌های مختلف بر رنگ‌بری

۳-۳- تاثیر pH بر رنگ‌بری: فاکتور pH از مهم‌ترین پارامترهایی است که بر فرآیند رنگ‌بری تاثیرگذار است. داده‌های حاصل از مطالعه تاثیر pH نشان دادند که با افزایش pH، میزان رنگ‌بری افزایش می‌یابد. میزان pH بهینه برای رنگ‌بری توسط سویه‌های منتخب در محدوده ۸ تا ۹ است (نمودار ۳).

افزایش غلظت رنگ، به دلیل اثر سمیت رنگ برای میکروارگانیسم‌ها است زیرا رنگ‌ها با ساختارهای متفاوت، جایگاه‌های فعال آنزیم‌های مسئول در رنگ‌بری را مسدود می‌کنند [31]. منابع کربنی به دلیل منبع انرژی برای رشد میکروارگانیسم‌ها و به عنوان الکترون‌دهنده برای شکستن باندهای آزو در رنگ‌بری اهمیت دارند [23, 32]. بررسی نتایج حاصل از تاثیر منابع کربنی متفاوت در رنگ‌بری نشان داد، گلوکز در همه سویه‌ها به میزان بیشتری در رنگ‌بری موثر است. احتمالاً به دلیل ورود آسان گلوکز به داخل سلول، این منبع کربنی نسبت به سایر منابع کربنی برای رنگ‌بری موثرتر است [33]. گلوکز به دلیل کمک به رشد باکتری‌ها، به عنوان کوسوبسترا برای فعالیت آنزیم‌های مسئول در رنگ‌بری و همچنین فراهم کردن الکترون کافی برای کاهش باندهای آزو باعث افزایش رنگ‌بری می‌شود [34, 35]. یک نوع از باکتری متعلق به جنس آیشوانلا طی تحقیقاتی در سال ۲۰۱۳ از خاک‌های آلوده به پساب جدا شد، که این جنس از لحاظ آزمون‌های بیوشیمیایی کاملاً مطابق با سویه یک در این پژوهش است [36]. پس می‌توان انتظار داشت که به احتمال زیاد سویه یک به این نوع از جنس باکتری تعلق دارد. طبق تحقیقات سد و همکاران در سال ۲۰۰۷، باکتری از جنس هالوموناس از پساب کارخانجات نساجی جدا شد که از نظر آزمون‌های بیوشیمیایی مشابه سویه ۲ در این پژوهش است [13]. پژوهشگرانی در سال ۲۰۱۲، موفق به جداسازی و شناسایی سویه‌هایی از خاک شدند که یکی از آن سویه‌ها از نظر برخی از آزمون‌های بیوشیمیایی مشابه با سویه ۳ این پژوهش و متعلق به جنس جونسیا است [37]. پس می‌توان انتظار داشت که به احتمال زیاد سویه ۳ به این نوع از جنس باکتری تعلق دارد. سویه ۴ این پژوهش از لحاظ تست‌های بیوشیمیایی مشابه جنس سودوموناس است. این جنس از باکتری، توسط پژوهشگرانی در سال ۲۰۱۳ از پساب‌های نساجی جدا شد [38]. با توجه به این که سویه‌های جداسازی شده در این پژوهش، توانایی رنگ‌بری پساب نساجی را دارند و با بهینه‌سازی شرایط محیطی، میزان رنگ‌بری آنها افزایش می‌یابد، می‌توان امیدوار بود با تحقیقات بیشتر، استفاده از ابزارها و تکنیک‌های مناسب، بتوان از این باکتری‌ها در رنگ‌بری زیستی پساب‌های حاوی رنگ‌های صنعتی استفاده کرد و کمک موثری به جلوگیری از آلودگی محیط زیست نمود.

از محدودیت‌های مطالعه حاضر، استفاده از سویه‌های منتخب فقط برای رنگ‌بری راکتیو رد ۱۵۲ است، در حالی که پساب صنایع نساجی حاوی مخلوطی از رنگ‌های مختلف است، بنابراین پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده، توان رنگ‌بری سویه‌ها برای پساب نساجی نیز ارزیابی شود.

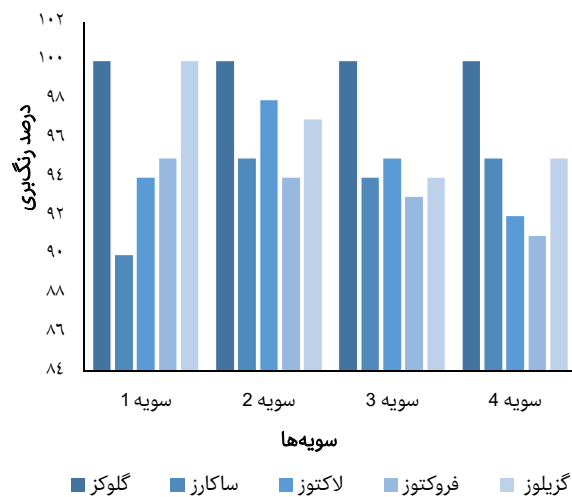
نتیجه‌گیری

پساب نساجی حاوی سویه‌هایی است که توانایی رنگ‌بری بالایی دارند، بنابراین می‌توان از این سویه‌ها برای رنگ‌بری رنگ‌های موجود در پساب استفاده نمود.

تشکر و قدردانی: مقاله حاضر بخشی از پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد بیوشیمی مصوب دانشگاه کاشان است که نویسندگان از حمایت‌های آنها تشکر می‌نمایند.

تأییدیه اخلاقی: کلیه محتویات علمی، نام و ترتیب نویسندگان، مورد تأیید و قبول همه تهیه‌کنندگان این مقاله است.

تعارض منافع: نویسندگان اعلام می‌دارند هیچ‌گونه تعارض منافی



نمودار ۵) اثر منابع مختلف کربن بر رنگ‌بری

۴- بحث

روش‌های زیادی برای تصفیه پساب وجود دارد که گران‌قیمت، نیازمند تجهیزات بالا و از لحاظ زیست محیطی بسیار مشکل‌ساز هستند. به همین دلیل، ایجاد روشی جایگزین که توانایی بالا در حذف آلودگی و هزینه پایین داشته باشد بسیار ضروری به نظر می‌رسد. روش تصفیه زیستی یک جایگزین خوب و سازگار با محیط زیست است که متکی به توانایی میکروارگانیسم‌های بومی است [21, 22]. بنابراین میکروارگانیسم‌هایی که با سموم موجود در پساب‌های نساجی سازگاری پیدا کرده‌اند، قادرند سموم شیمیایی را به موادی تبدیل کنند که کمتر مضر و سمی هستند که این سویه‌های مقاوم را می‌توان برای مقاصد گوناگون از جمله تجزیه رنگ‌ها به کار برد [23, 24]. در فرآیند حذف رنگ‌های نساجی توسط باکتری‌ها با بهینه‌کردن عوامل مختلف محیطی، می‌توان فرآیند رنگ‌بری را کارآمدتر و سریع‌تر کرد [25]. در این پژوهش با بهینه‌کردن شرایط محیطی درصد رنگ‌بری، افزایش یافت. نتایج حاصل از این گزارش با تحقیق حیران‌زریپان و همکاران نیز در سال ۲۰۰۷ مطابقت دارد. آنها نشان دادند باکتری انتروباکتر (*Enterobacter* sp.) طی دو روز گرماگذاری قادر به رنگ‌بری رنگ راکتیو رد ۱۹۵ به میزان ۹۰٪ است [26]. pH یکی از پارامترهای مهم در رنگ‌بری زیستی است. به دلیل وجود یون‌های فلزی در پساب‌های رنگی، میکروارگانیسم‌های موجود در پساب‌های مذکور دارای نوسانات pH هستند [27, 28]. نتایج حاصل از این گزارش با تحقیق ول‌مورگان و همکاران در سال ۲۰۱۴ نیز مطابقت دارد. این محققین نشان دادند باکتری *باسیلوس سوبتیلیس* (*Bacillus subtilis*) قادر به رنگ‌بری رنگ راکتیو رد ME4BL در pH بهینه ۸ به میزان ۹۳٪ است [29]. تحقیقی که در سال ۲۰۰۱ انجام شد نشان داد که pH بهینه برای رنگ‌بری، معمولاً بین ۶ تا ۱۰ است و حذف رنگ در pH بهینه با سرعت بیشتری انجام می‌شود [30]. باکتری‌های جداسده در این تحقیق نیز در pHهای قلیایی، بهترین رنگ‌بری را داشتند که احتمالاً به دلیل افزایش رشد باکتری‌ها در pHهای بالاتر است، زیرا سویه‌های مذکور، از نمونه‌های پساب با pH در محدوده ۸ تا ۱۲ جدا شده‌اند و با این شرایط سازگاری بیشتری دارند. طبق نتایج به‌دست‌آمده، تمام سویه‌ها در غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر رنگ، به میزان ۱۰۰٪ توانایی رنگ‌بری داشتند و با افزایش غلظت رنگ، میزان رنگ‌بری تا حدودی کاهش می‌یابد. کاهش درصد رنگ‌بری با

wastewater decolorization. J Environ Prot. 2012;3(8A):889-901.

17- Garg SK, Tripathi M, Singh SK, Tiwari JK. Biodecolorization of textile dye effluent by *Pseudomonas putida* SKG-1 (MTCC 10510) under the conditions optimized for monoazo dye orange II color removal in simulated minimal salt medium. Int Biodeterior Biodegrad. 2012;74:24-35.

18- Walaa Salah El-Din Mohamed. Isolation and screening of reactive dye decolorizing bacterial isolates from textile industry effluent. Int J Microbiol Res. 2016;7(1):01-08.

19- Illakkiam D, Subha D, Ahila V, Geetha N. Decolorization of alizarin red s dye by bacterial strains isolated from industrial effluents. Int J Plant Anim Environ Sci. 2016;6(1):268-75.

20- Garrity GM, Bernner DJ, Krig NR, Stalery, editors. Bergey's manual of systematic bacteriology. 2nd Volume. New York: Springer; 2005. pp. 1-399.

21- Harris RE, Bunch AW, Knowles CJ. Microbial cyanide and nitrile metabolism. Sci Prog. 1987;71(2):293-304.

22- Dash RR, Balomajumder C, Kumar A. Treatment of metal cyanide bearing wastewater by Simultaneous Adsorption and Biodegradation (SAB). J Hazard Mater. 2008;152(1):387-96.

23- Yang Q, Li C, Li H, Li Y, Yu N. Degradation of synthetic reactive azo dyes and treatment of textile wastewater by a fungi consortium reactor. Biochem Eng J. 2009;43(3):225-30.

24- Kodam KM, Soojhawon I, Lokhande PD, Gawai KR. Microbial decolorization of reactive azo dyes under aerobic conditions. World J Microbiol Biotechnol. 2005;21(3):367-70.

25- Banat IM, Makkar RS, Cameotra SS. Potential commercial applications of microbial surfactants. Appl Microbiol Biotechnol. 2000;53(5):495-508.

26- Jirasripongpun K, Nasanit R, Niruntasook J, Chotikasatien B. Decolorization and degradation of C. I. reactive red 195 by *Enterobacter* sp. Thammasat Int J Sci Technol. 2007;12(4):6-11.

27- Saratale RG, Saratale GD, Chang JS, Govindwar SP. Bacterial decolorization and degradation of azo dyes: A review. J Taiwan Inst Chem Eng. 2011;42(1):138-57.

28- Fu L, Wen X, Lu Q, Qian Y. Treatment of dyeing wastewater in two SBR systems. Process Biochem. 2001;36(11):1111-8.

29- Velmurugan S, Ravikumar R. Biodegradation and decolorization of reactive dye red ME4BL by *Bacillus subtilis*. Int J Environ Bioremediat Biodegrad. 2014;2(6):250-5.

30- Cha CJ, Doerge DR, Cerniglia CE. Biotransformation of malachite green by the fungus *Cunninghamella elegans*. Appl Environ Microbiol. 2001;67(9):4358-60.

31- Khehra MS, Saini HS, Sharma DK, Chadha BS, Chimni SS. Decolorization of various azo dyes by bacterial consortium. Dyes Pigments. 2005;67(1):55-61.

32- Yemendzhiev H, Alexieva Z, Krastanov A. Decolorization of synthetic dye reactive blue 4 by mycelial culture of white-rot fungi *Trametes versicolor* 1. Biotechnol Biotechnol Equip. 2014;23(3):1337-9.

33- Balraj B, Hussain Z, King K. Experimental study on non sporulating *Escherichia coli* bacteria in removing methylene blue. Int J Pharm Bio Sci. 2016;7(1):629-37.

34- Duggirala SM, Suhagi D P, Rakesh S, Bhatt N. Isolation and identification of bacterial culture for azo dye degrading capability. Int J Res Chem Environ.

وجود ندارد.

سهم نویسندگان: زینب سادات سیدی (نویسنده اول)، نگارنده مقدمه/پژوهشگر اصلی (۳۳/۳۴٪)؛ زهره زهرائی (نویسنده دوم)، روش شناس/پژوهشگر اصلی/نگارنده بحث (۳۳/۳۴٪)؛ فرشته جویکارکاشی (نویسنده سوم)، پژوهشگر اصلی (۳۳/۳۲٪)

منابع مالی: پژوهش حاضر تحت حمایت مالی دانشگاه کاشان بوده است.

منابع

1- Ado A, Gumel S M, Garba J. Industrial effluents as major source of water pollution in Nigeria: An overview. Am J Chem Appl. 2014;1(5):45-50.

2- Ghaly AE, Ananthashankar R, Alhattab M, Ramakrishnan VV. Production, characterization and treatment of textile effluents: A critical review. J Chem Eng Process Technol. 2014;5(1):1000182.

3- Kaur S, Singh V. TiO₂ mediated photocatalytic degradation studies of reactive red 198 by UV irradiation. J Hazard Mater. 2007;141(1):230-6.

4- Zhu C, Wang L, Kong L, Yang X, Wang L, Zheng S, et al. Photocatalytic degradation of AZO dyes by supported TiO₂ + UV in aqueous solution. Chemosphere. 2000;41(3):303-9.

5- Shah MP, Patel KA, Nair SS, Darji AM. Isolation, identification and screening of dye decolorizing bacteria. Am J Microbiol Res. 2013;1(4):62-70.

6- Khataee AR, Vatanpour V, Amani Ghadim AR. Decolorization of C.I. Acid Blue 9 solution by UV/Nano-TiO₂(2), Fenton, Fenton-like, electro-Fenton and electrocoagulation processes: A comparative study. J Hazard Mater. 2009;161(2-3):1225-33.

7- Demirbas E, Nas MZ. Batch kinetic and equilibrium studies of adsorption of reactive blue 21 by fly ash and sepiolite. Desalination. 2009;243(1-3):8-21.

8- Chinta SK, Vijay Kumar Sh. Technical facts & figures of reactive dyes used in textiles. Int J Eng Manag Sci. 2013;4(3):308-12.

9- Šekuljica NŽ, Prlainović NŽ, Stefanović AB, Žuža MG, Čičkarić DŽ, Mijin DŽ, et al. Decolorization of anthraquinonic dyes from textile effluent using horseradish peroxidase: Optimization and kinetic study. Sci World J. 2015;2015:371625.

10- Al Ahmed SGK. Some aerobic bacterial degradation and decolorization of different azo dyes. J Boil Agric Healthc. 2014;4(2):72-81.

11- Kabbout R, Taha S. Biodecolorization of textile dye effluent by biosorption on fungal biomass materials. Phys Procedia. 2014;55:437-44.

12- Chen KC, Wu JY, Liou DJ, Hwang SC. Decolorization of the textile dyes by newly isolated bacterial strains. J Biotechnol. 2003;101(1):57-68.

13- Asad S, Amoozegar MA, Pourbabaee AA, Sarbolouki MN, Dastgheib SMM. Decolorization of textile azo dyes by newly isolated halophilic and halotolerant bacteria. Bioresour Technol. 2007;98(11):2082-8.

14- Ahn DH, Chang WS, Yoon TI. Dyestuff wastewater treatment using chemical oxidation, physical adsorption and fixed bed biofilm process. Process Biochem. 1999;34(5):429-39.

15- Modi HA, Rajput G, Ambasana C. Decolorization of water soluble azo dyes by bacterial cultures, isolated from dye house effluent. Bioresour Technol. 2010;101(16):6580-3.

16- Alalewi A, Jiang C. Bacterial influence on textile

identification and antibacterial activity of marine actinomycetes isolated from saltpan region. Res J Sci Technol. 2012;4(2):70-3.

38- Karthikeyan A, Anbusaravanan N. Isolation, identification and characterisation of dye-adapted bacteria from textile effluents mixed with sewage released into the river Amaravathy, Karur, Tamilnadu, India. IOSR J Environ Sci Toxicol Food Technol. 2013;7(2):51-7.

2012;2(4):69-70.

35- Banat IM, Nigam P, Singh D, Marchant R. Microbial decolorization of textile-dyecontaining effluents: A review. Bioresour Technol. 1996;58(3):217-27.

36- Kolekar YM, Pawar SP, Adav SS, Zheng LQ, Li WJ, Shouche YS, et al. Alishewanella solinquinati sp. nov., isolated from soil contaminated with textile dyes. Curr Microbiol. 2013;67(4):454-9.

37- Deepa S, Kanimozhi K, Panneerselvam A. Isolation,