

مطالعه رنگ بری پساب واحد دباغی صنایع چرم سازی به کمک قارچ

Aspergillus Niger به منظور حذف بیولوژیکی کروم

محمد نوری سپهر^{۱*}(M.Sc)، سیمین ناصری^۲(Ph.D)، مهناز مظاهری اسدی^۳(Ph.D)،

خسرو رستمی^۳(Ph.D)، محمود شریعت^۲(Ph.D)، کاظم ندافی^۲(Ph.D)

۱- دانشگاه علوم پزشکی سمنان، دانشکده پزشکی، بخش پزشکی اجتماعی

۲- دانشگاه علوم پزشکی تهران، دانشکده بهداشت، گروه مهندسی بهداشت محیط

۳- سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران، گروه بیوتکنولوژی

خلاصه

سابقه و هدف: رنگ یکی از آلاینده‌های منابع آب و محیط زیست است. در صنایع چرم‌سازی استفاده از نمک‌های کروم سه ظرفیتی باعث ایجاد پساب آبی رنگی می‌گردد که پس از دفع به محیط و تبدیل آن به کروم شش ظرفیتی، از نظر بهداشتی مخاطرات فراوانی برای انسان و محیط زیست ایجاد می‌نماید. تحقیقات انجام شده در سال‌های اخیر نشان داده‌اند که قارچ‌ها در شرایط مناسب رنگ فاضلاب‌ها را حذف می‌نمایند. هدف این مطالعه، بررسی رنگ‌بری پساب واحد دباغی صنایع چرم سازی به کمک قارچ اسپرژیلویس نیجر (*Aspergillus Niger*) به منظور حذف بیولوژیکی کروم می‌باشد.

مواد و روش‌ها: ابتدا کیفیت شیمیایی پساب واحد دباغی مورد بررسی قارچ‌گرفت. پس از تنظیم نسبت کربن به ازت در پساب، از محیط کشت قارچ *Aspergillus Niger* در مقادیر مختلف به نمونه‌هایی از پساب در رقت‌های مختل، تلقیح شد. نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در گرم‌خانه شیکردار قرار داده شدند. سپس میزان جذب رنگ در طول موج ۵۶۵ نانومتر و رشد توده سلول تعیین شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که قارچ *Aspergillus Niger* توانایی رشد در پساب واحد دباغی، با رقت ۱۰ تا ۲۰ درصد (میزان کروم ۱۲/۵ و ۲۴۵ میلی‌گرم در لیتر)، نسبت C/N برابر با ۱۰ و pH=۳/۵ را دارد و رنگ پساب را به ترتیب تا حد ۹۴/۵٪ و ۹۳/۴٪ کاهش می‌دهد. بهترین میزان تلقیح قارچ ۱۰ میلی‌لیتر تعیین شد. با افزایش نسبت وزن توده قارچ به غلظت کروم (۱/۷ تا ۲۳/۷ میلی‌گرم توده وزن خشک قارچ به میلی‌گرم کروم) درصد رنگ‌بری افزایش یافت. بالاترین درصد حذف ۹۴/۵٪ و در نسبت ۲۳/۷ mg/mg به دست آمد. این نتیجه با انجام آزمون همبستگی کاملاً معنی دار ($R=0/8836$) بوده است.

نتیجه‌گیری: قارچ *Aspergillus Niger* توانایی رشد در پساب دباغی را داشته و می‌توان با استفاده از آن میزان رنگ پساب را که ناشی از کروم سه ظرفیتی است، تا ۹۵٪ حذف نمود. بنابراین، بار رنگ‌بری می‌توان کروم را نیز حذف نمود.

واژه‌های کلیدی: رنگ‌بری، پساب واحد دباغی، قارچ اسپرژیلویس نیجر، کروم، حذف بیولوژیکی

زیست به شمار می‌رود. پساب بسیاری از صنایع مانند صنایع نساجی، رنگرزی و کاغذ سازی حاوی رنگ‌های

مقدمه

رنگ یکی از عوامل آلوده کننده منابع آب و محیط

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۲۶۱-۲۵۰۹۳۴۲، فاکس: ۰۲۱-۸۹۵۰۱۸۸

در حذف رنگ، فلزات سنگین، مواد آلی و ترکیبات سمی موثر باشد [۸، ۱۱، ۹]. انواع گوناگونی از قارچ‌ها وجود دارند که می‌توانند رنگ را حذف نمایند. قارچ‌های رشته ای خاک مانند فوزاریوم (Fusarium)، قارچ‌های عامل پوسیدگی سفید (White rot fungi) مانند هیپوکسیلون (Hypoxyton)، کتومیوم (Chaetomium)، پایولوسپورا (Papulospora)، کوریولیس (Coriolus)، پلاریا (Polaria) و فانروکیت (Phanerochate) از آن جمله هستند [۴]. بیشترین مطالعات روی قارچ‌های عامل پوسیدگی سفید مانند فانروکیت کرایزوسپوریوم (Phanerochate chrysosporium) صورت گرفته است [۴]. در سال ۱۹۸۵ از قارچ آسپرژیلوس اوریزا (Aspergillus oryza) و آسپرژیلوس فومیگاتوس (Aspergillus fumigatus) در رنگزدایی پساب نساجی استفاده شده است [۴]. قارچ آسپرژیلوس نیجر (Aspergillus niger) و رایزو پوس اوریزا (Rhizopus oryza) برای رنگبری از پساب صنایع نساجی استفاده شده است [۴]. همچنین در مطالعه ای که اخیراً در پژوهشکده بیوتکنولوژی سازمان پژوهش‌های علمی صنعتی ایران انجام شده است مشاهده گردید قارچ A.niger قادر است ۹۸ درصد رنگ پساب نساجی را در مدت زمان ۱۸ ساعت حذف نماید [۲].

با توجه به این که کاربرد قارچ‌ها در حذف رنگ از پساب صنایع چرمسازی مورد مطالعه قرار نگرفته است و از طرفی کارایی قارچ Aspergillus niger در حذف رنگ پساب دیگر صنایع به اثبات رسیده است، بنابراین بررسی میزان رنگبری این قارچ از پساب‌های دباغی، که همواره دفع آنها در محیط زیست با مشکلات فراوان مواجه بوده است، مورد توجه قرار گرفت. در این مقاله ابتدا به بررسی امکان سنجی رشد قارچ Aspergillus niger در پساب واحد دباغی، پرداخته شده و سپس میزان رنگبری آن نیز تعیین گردیده است.

مواد و روش‌ها

مراحل مختلف کار در انجام این مطالعه به شرح زیر

مختلفی است که علاوه بر برد منظره کردن منابع آبی باعث جلوگیری از ورود نور به اعماق آب‌های پذیرنده می‌گردد. از سوی دیگر به علت بالا بودن مقدار COD پساب‌های حاوی رنگ، تخلیه آنها موجب افت اکسیژن محلول آب‌هاگشته و زندگی آبزیان را نیز تهدید می‌کند [۱۰]. بسیاری از ترکیبات رنگی حاوی فلزات سنگین و مواد آلی خطرناک هستند که بقایای آنها در منابع آب برای سلامت انسان و محیط زیست تهدیدی جدی و خطرناک محسوب می‌گردد [۱۱].

در صنایع چرمسازی با کاربرد نمک‌های سه ظرفیتی کروم جهت دباغی پوست در شرایط اسیدی، مانند سولفات کروم، پساب آبی رنگی حاصل می‌شود که ناشی از کاتیون کروم سه ظرفیتی است [۱۲]. لذا دفع این پساب به محیط علاوه بر وجود رنگ، حاوی کروم فراوان نیز هست و می‌تواند در محیط تحت شرایط اکسیداسیون به کروم شش ظرفیتی که برای انسان خطرناک و سمی است، تبدیل گردد [۵]. کروم سه ظرفیتی به عنوان کروم ضروری بدن انسان مفید بوده و هیچ اثر سیستمیکی از آن گزارش نشده است [۵]. آبیاری زمین‌های کشاورزی با پساب‌های آلوده به کروم، غلظت آن را در محصولات کشاورزی افزایش می‌دهد [۵]. در مطالعه ای که در سال ۱۳۶۶ تا ۱۳۶۷ روی بررسی فلزات سنگین فاضلاب نهر فیروز آباد پس از آبیاری مزارع سبزیجات جنوب تهران صورت گرفت [۱]. میزان کروم در محصولات مانند جعفری، تره، شنگ، شاهی، اسفناج، تربچه قرمز، گل کلم و برگ کاهو به ترتیب معادل ۲/۳، ۷/۱، ۵/۵، ۲/۶، ۴/۶، ۶/۶، ۲/۱، ۲/۵، ۵/۶، ۴/۶ میلی گرم در هر کیلوگرم وزن خشک تعیین مقدار شد. روش‌های متداول تصفیه بیولوژیک فاضلاب قادر به حذف کامل رنگ از فاضلاب صنایع چرمسازی نبوده و روش‌های شیمیایی، به دلیل استفاده گسترده از مواد شیمیایی نیز مقرون به صرفه نیستند [۱۲]. دفع لجن حاصل از روش‌های شیمیایی تصفیه به محیط نیز مانند دفع فاضلاب خام، دارای مخاطرات بهداشتی و زیست محیطی است [۵]. مطالعات در سال‌های اخیر نشان داده است که قارچ‌ها می‌توانند

است:

۱ - نمونه برداری و آزمایش پساب. یک کارخانه چرمسازی واقع در چرمشهر ورامین انتخاب و از پساب واحد دباغی آن طی چهار مرحله نمونه برداری انجام شد. در هر مرحله پارامترهایی مانند pH، کل کربن آلی (Total organic carbon)، کل ازت کج‌لدال (Total Kjeldahl nitrogen, TKN) و فسفر تعیین مقدار شدند. برای تعیین مقدار کربن آلی ابتدا میزان کل جامدات نمونه تعیین و سپس میزان مواد فرار آن با استفاده از روش سوزاندن در کوره در دمای ۵۵۰ درجه سانتیگراد به مدت ۱۵ دقیقه تعیین گردید. کل ازت کج‌لدال با استفاده از روش تقطیر و جمع آوری در اسید بوریک تعیین گردید. فسفر نیز از روش وانادات، مولبیدات تعیین شد [۶].

۲ - تعیین طول موج غالب رنگ پساب. با استفاده از روش اسپکتروفتومتری و در کنار شاهد، ابتدا در دامنه ای از طول موج‌های مختلف (۶۵۰-۵۵۰ نانومتر) محدوده جذب طیف آبی مقادیر جذب نور تعیین شد. بیشترین مقدار جذب در طول موج ۵۶۵ نانومتر به دست آمد. در این طول موج، میزان جذب کل نمونه‌ها در کنار شاهد سنجیده شد [۶].

۳ - تهیه سویه *A.niger*. سویه قارچ از کلکسیون قارچ‌ها و باکتری‌های صنعتی و عفونی ایران مربوط به سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران تهیه شد و به مقدار مورد نیاز روی محیط مغذی و جامد Potato Dextrose Agar (PDA) به شکل خمیده کشت داده شد [۳]. سپس نمونه‌ها در یخچال نگهداری شدند.

۴ - تهیه محیط پیش کشت (Preculture). محیط پیش کشت محیطی غنی از مواد مغذی برای رشد قارچ است. یکی از این محیط‌ها، Potato Dextrose Broth (PDB) نام دارد که حاوی ترکیبات قندی و نشاسته‌ای است که برای رشد میسیلیوم‌های قارچ بسیار مناسب است [۳].

برای تهیه این محیط ابتدا، اسپوره‌های قارچ از روی محیط کشت جامد، با استفاده از آب مقطر استریل شستشو داده و جمع آوری گردید. حجم سوسپانسیون

اسپور ۱۰ میلی‌لیتر بود. سپس با استفاده از لام شمارش نشو بارو یا توما تعداد اسپور در هر میلی‌لیتر از سوسپانسیون، شمارش شد [۷]. با توجه به اینکه تعداد اسپور معادل $1/8 \times 10^7$ عدد تعیین شد (۱۰۸-۱۰۷ عدد مناسب است)، برای تلقیح به محیط PDB مناسب بود [۷]. ۲ تا ۵ میلی‌لیتر از سوسپانسیون اسپور به ۱۰۰ میلی‌لیتر محیط پیش کشت تلقیح شد. سپس در گرمخانه شیکردار با گردش ۱۵۰ دور در دقیقه در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲۴ تا ۴۸ ساعت قرار گرفت. بعد از این مدت میسیلیوم‌های قارچ به خوبی رشد کرده بودند و شکل کاملاً کروی (Pellet) را داشتند. از این محیط جهت تلقیح به پساب استفاده می‌شد. در تهیه محیط پیش کشت سعی می‌گردید وزن توده خشک قارچ در ۱۰ میلی‌لیتر از محیط، همواره ۰/۰۷ تا ۰/۰۸ گرم باشد.

۵ - آماده سازی پساب. تنظیم نسبت کربن به ازت از اهمیت خاصی برخوردار است. معمولاً این نسبت برای رشد قارچ‌ها ۱۰ تا ۱۲ می‌باشد [۸]. با توجه به اینکه نسبت کربن به ازت در پساب دباغی بیش از این مقدار بود، در کمبود ازت از طریق افزودن فسفات آمونیم و یا کلرور آمونیم، تأمین می‌گردید. مواد فوق در مقایسه با سایر منابع ازت، برای رشد قارچ مناسب‌تر بودند [۲]. چون غلظت کروم در پساب، بیش از ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود، بنابراین رنگ پساب آبی تیره نشان می‌داد. به منظور بررسی میزان رنگبری قارچ، رقت‌های مختلفی از پساب از ۱۰ تا ۶۰ درصد تهیه گردید. نمونه‌های پساب در حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر، پس از اضافه کردن منبع ازت با اتوکلاو کاملاً استریل گردیدند.

۶ - تلقیح قارچ به پساب. برای تلقیح قارچ به پساب می‌توان از اسپور و یا میسیلیوم آنها استفاده نمود [۴]. اما به منظور رشد مناسب، میسیلیوم قارچ به محیط کشت، تلقیح شد. تمام مراحل عملیات در شرایط کاملاً استریل انجام شد. به منظور تعیین بهترین اندازه تلقیح قارچ حجم‌های ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، میلی‌لیتر به پساب، با رقت‌های مختلف رنگ (غلظت‌های مختلف کروم) تلقیح گردید. سپس نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در

کرده، میزان جذب آنها قرائت شد. از تفاوت میزان جذب نمونه در قبل و بعد از تلقیح، درصد حذف رنگ در هر نمونه مشخص گردید [۴].

یافته‌ها

در جدول شماره ۱ نتایج آزمایشات کیفیت شیمیایی پساب، نشان داده شده است. همانگونه که ملاحظه می‌گردد، pH پساب اسیدی ($pH = 3/3 - 3/5$) می‌باشد و این شرایط در واحد دباغی به منظور تاثیر کروم بر پوست باید حفظ شود [۱۲]. با توجه به اینکه رقت‌های مختلفی از پساب تهیه می‌گردد لذا pH نمونه‌ها به حدود $3/5$ تا 4 می‌رسید. غلظت کروم در پساب همواره بیش از 1000 میلی‌گرم در لیتر و در محدوده 1100 تا 1300 میلی‌گرم در لیتر بوده است. میزان کربن در مقایسه با ازت (C/N) بسیار بالا بوده و در محدوده 28000 تا 32000 میلی‌گرم در لیتر ($TKN = 264 - 121 \text{ mg/l}$) برآورد شد. بقایای چربی‌های پوست، هیدروکربوها، اسیدهای آلی (مانند اسید فرمیک) و گلوبولین‌های پوست، آلبومین‌ها، پروتئینی پوست، کاربرد آنزیم‌ها قبل از آغاز فرایند دباغی مانند تریپسین، کموتریپسین و پروتازها همگی از منابع کربن و ازت در پساب واحد دباغی هستند. غلظت فسفر نیز در دامنه 65 تا 105 میلی‌گرم در لیتر بوده است. البته باید توجه داشت که واحد دباغی در صنایع چرمسازی، فقط 5 درصد از کل فاضلاب را تولید می‌کند.

گرماخانه شیکردار با گردش 150 دور در دقیقه و دمای 30 درجه سانتیگراد قرار داده شدند [۴،۹].

۷ - تعیین مقدار توده قارچ در پساب. به منظور تعیین مقدار توده قارچ، در محیط پیش کشت، 10 میلی‌لیتر از محیط طی سه نوبت صاف کرده و در فور در حرارت 50 تا 70 درجه سانتیگراد خشک شدند. از تفاوت وزن صافی، قبل و بعد از صاف کردن، وزن خشک قارچ در 10 میلی‌لیتر از محیط کشت تعیین می‌شد. سعی شد وزن توده قارچ در 10 میلی‌لیتر از محیط پیش کشت همواره در محدوده $0/07$ تا $0/08$ گرم، نگاه داشته شود. پس از تلقیح مقادیر مختلف محیط پیش کشت (5 ، 10 ، 15 ، 20 میلی‌لیتر) به رقت‌های مختلف پساب، به منظور تعیین مقدار بهینه تلقیح و انجام مدت زمان کافی انکوباسیون در گرماخانه شیکردار، وزن خشک توده قارچ رشد کرده در پساب تعیین گردید. نمونه‌ها کاملاً صاف می‌شدند و در فور 50 تا 70 درجه سانتیگراد به مدت 24 ساعت قرار گرفتند. پس از این مدت از تفاوت وزن خشک توده قارچ تلقیح شده اولیه و توده قارچ صاف شده پس از مدت زمان انکوباسیون، وزن توده قارچ رشد یافته به دست آمد [۴،۹].

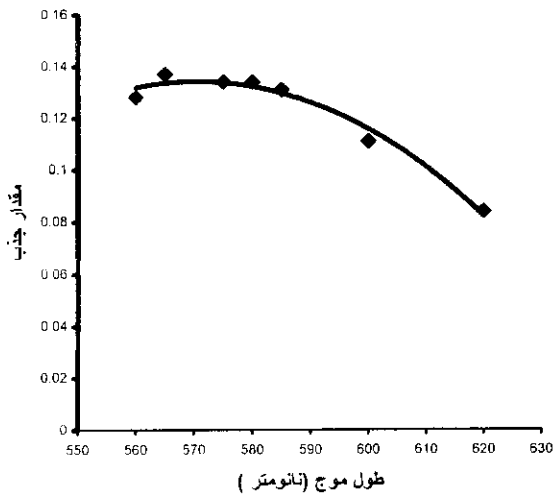
۸ - تعیین میزان رنگبری. میزان جذب پساب نمونه‌های پساب، که در رقت‌های 10 تا 60 درصد آماده شده بودند، در طول موج غالب (565 نانومتر) تعیین شد. سپس تلقیح قارچ صورت گرفت و پس از طی زمان انکوباسیون در شرایطی که ذکر شد، نمونه‌ها را صاف

جدول ۱. مشخصات کیفیت شیمیایی پساب واحد دباغی

C / N	پارامترهای مورد آزمایش (میلی گرم در لیتر)				pH	شماره نمونه‌ها
	Cr ⁺³	P	TKN	TOC		
۱۲۱	۱۲۲۵	۶۵	۲۴۸	۳۰۰۰۰	۳/۳	۱
۱۲۳	۱۳۰۰	۷۱	۲۲۸	۲۸۰۰۰	۳/۴	۲
۲۶۴	۱۳۰۰	۹۳	۲۱۰	۳۲۰۰۰	۳/۳	۳
۱۲۲	۱۱۰۰	۱۰۵	۲۹۵	۳۶۰۰۰	۳/۵	۴

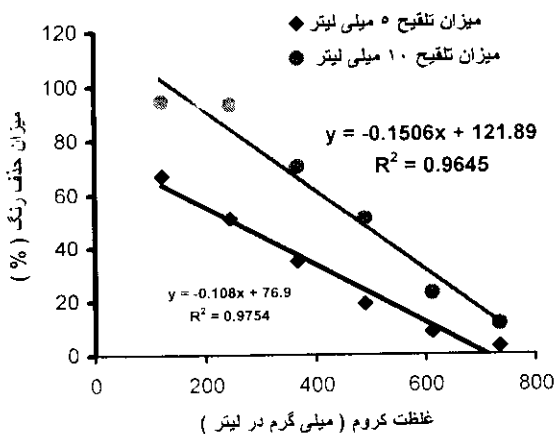
علت کاهش رشد قارچ در مقادیر تلقیح کمتر از ۱۰ میلی لیتر، کاهش تعداد میکروارگانیسم در مقابل غلظت ماده غذایی بوده و دلیل کاهش رشد در مقادیر تلقیح بالاتر، محدودیت ماده غذایی می باشد.

شکل ۳ مقادیر جذب نور در پساب را در طول موج های مختلف نشان داده است.



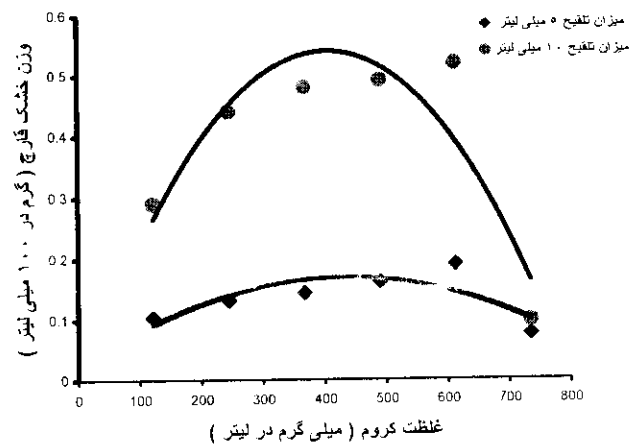
نمودار ۳. مقادیر جذب نور در پساب با طول موج های مختلف

بیشترین مقدار جذب در طول موج ۵۶۵ نانومتر تعیین گردیده است شکل ۴ و ۵، درصد رنگ بری پساب را در غلظت های مختلف رنگ (غلظت های مختلف کروم) پساب نشان می دهد. بیشترین مقدار رنگ بری در رقت های ۱۰ تا ۲۰ درصد ($Cr = 122/5 - 245 \text{ mg/l}$) و به ترتیب معادل ۹۴/۵ و ۹۳/۵ بوده که در میزان تلقیح ۱۰ میلی لیتر اتفاق افتاده است.

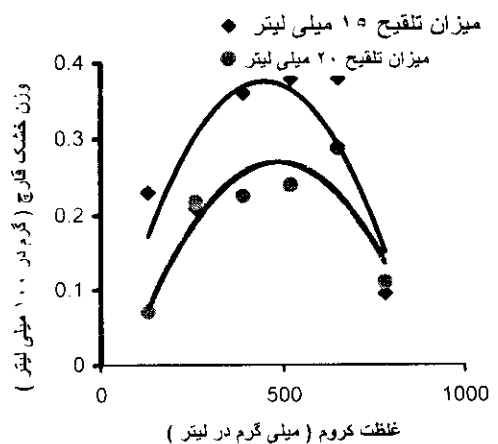


نمودار ۴. میزان رنگ بری قارچ A. niger در غلظت های مختلف کروم

شکل ۱ و ۲ میزان وزن خشک قارچ را در رقت های ۱۰ تا ۶۰ درصد پساب ($Cr = 122/5 - 735 \text{ mg/l}$) با توجه به مقادیر تلقیح قارچ (۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ میلی لیتر) نشان داده شده است. مطالعه این نتایج مشخص می نماید که وزن توده قارچ تا غلظت ۶۱۲/۵ میلی گرم در لیتر کروم (رقت پساب ۵۰٪) افزایش یافته و در رقت های بالاتر از آن به شدت کاهش یافته است. این مسئله به دلیل محدودیت رشد قارچ در غلظت های بالای کروم و یا رنگ حاصل از آن است. بیشترین مقدار توده قارچ رشد یافته در میزان تلقیح ۱۰ میلی لیتر از محیط کشت A.niger بوده است و در مقادیر تلقیح پایین تر و یا بالاتر از آن رشد قارچ کاهش یافته است.

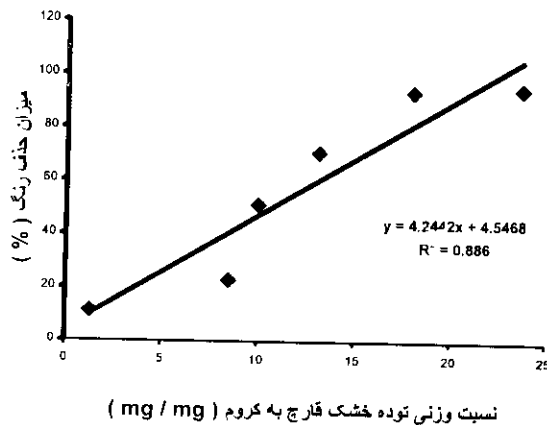


نمودار ۵. وزن خشک قارچ A. niger در غلظت های مختلف کروم



نمودار ۶. وزن خشک قارچ A. niger در غلظت های مختلف کروم

شکل ۷ رابطه نسبت وزنی توده خشک قارچ به کروم در پساب را در غلظت بهینه (۱۰ میلی لیتر) و در مقابل درصد رنگبری نشان می دهد. بیشترین درصد رنگبری در نسبت وزنی معادل ۲۳/۷ و ۱۸ میلی گرم توده خشک قارچ به ازای میلی گرم کروم برآورد شد که به ترتیب معادل ۹۴/۵٪ و ۹۳/۵٪ بود. با افزایش نسبت وزنی توده قارچ به غلظت کروم درصد حذف رنگ افزایش یافته است، این امر به علت کاهش غلظت کروم در پساب می باشد که افزایش آن رشد قارچ *A. niger* را محدود سازد. آزمون همبستگی نشان داد که با ۹۵ درصد اطمینان، ضریب همبستگی معادل $P=0/94$ است و در فاصله حد بالای ۰/۹۹ و حد پایین ۰/۵۳ قرار دارد. همبستگی فوق از نوع مستقیم و کامل بوده است.

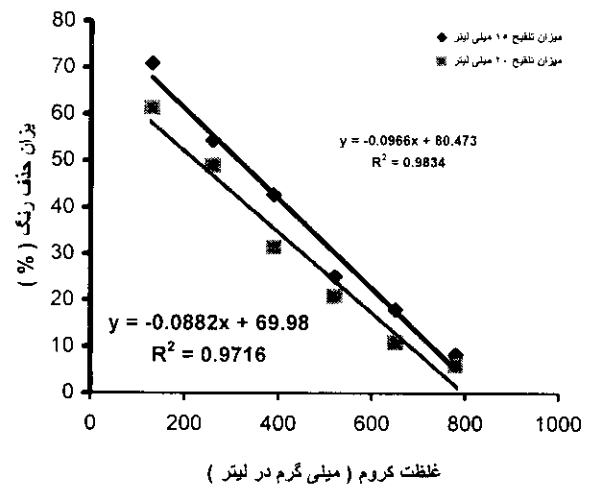


نمودار ۷. میزان رنگبری قارچ *A. niger* در نسبت های مختلف وزنی توده خشک قارچ به کروم (رقت پساب ۶۰-۱۰ درصد، غلظت کروم ۱۲۲/۵ میلی گرم در لیتر، میزان تلقیح ۱۰۰ میلی لیتر)

بحث

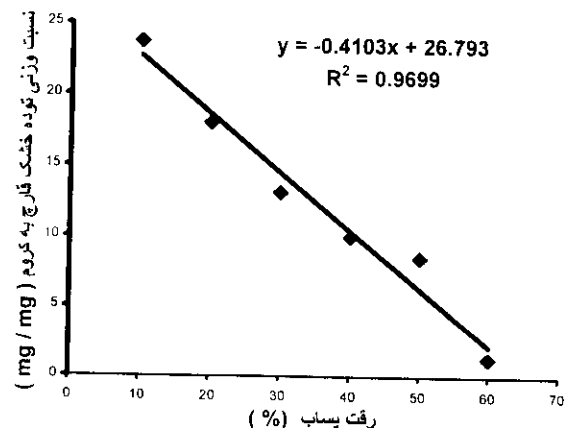
با توجه به این که منشأ رنگ در پساب دباغی کاتیون کروم سه ظرفیتی است، بنابراین حذف رنگ از پساب با کاهش غلظت کروم نیز همراه خواهد بود. یافته ها نشان داد که قارچ *A. niger* در پساب دباغی در رقت های ۱۰ و ۲۰ درصد (غلظت کروم ۱۲۲/۵ تا ۲۴۵ میلی گرم در

رابطه کاهش درصد رنگبری با افزایش غلظت رنگ (افزایش غلظت کروم) کاملاً معنی دار بوده است. ($R^2=0/9645$)



نمودار ۵. میزان رنگبری قارچ *A. niger* در غلظت های مختلف کروم

شکل ۶ رابطه بین نسبت وزنی توده خشک قارچ به کروم را در مقابل غلظت های مختلف کروم در پساب که کاملاً معنی دار نیز بوده است ($R^2=0/9645$) نشان می دهد. با ۹۵٪ اطمینان، ضریب همبستگی $P=-0/98$ تعیین گردید و در فاصله حد بالا ۰/۹۹ و حد پایین ۰/۸۲ قرار داشته و از نوع معکوس و کامل است. هر چه غلظت کروم رقت فاضلاب افزایش می یابد، از نسبت وزنی توده قارچ به کروم در پساب کاسته می شود. بیشترین نسبت وزنی در غلظت های ۱۲۲/۵ تا ۲۴۵ میلی گرم در لیتر کروم می باشد. محدودیت رشد قارچ در غلظت های بالاتر کروم عامل اصلی کاهش نسبت وزنی قارچ به کروم است.



نمودار ۶. نسبت وزنی توده خشک قارچ به کروم در رقت های مختلف پساب

دریایی قارچ *A.niger* به منظور حذف رنگ، چهارمین کنگره مهندسی شیمی ایران، دانشکده مهندسی شیمی دانشگاه صنعتی شریف، جلد سوم، ۱۳۷۷.

[۳] معظمی، ن. کلکسیون قارچ‌ها و باکتری‌های صنعتی و عفونی ایران، سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران، گروه بیوتکنولوژی، ویراست سوم، ۱۳۶۸.

[۴] مظاهری تهرانی، م. رنگ زدایی پساب کارخانجات نساجی توسط قارچ‌ها و انتخاب سویه مناسب، پایان کارشناسی ارشد میکروبیولوژی، دانشکده علوم، دانشگاه تهران، ۱۳۷۶.

[۵] نوری سپهر، م. رهنمودهای کیفیت آب آشامیدنی، انتشارات دانشگاه علوم پزشکی سمنان، ۱۳۷۳.

[6] APHA, AWWA, WEF., Standard methods for the examination of water and waste water, 1995.

[7] Becker J.M. and Caldwell, G.A., Biotechnology: A laboratory course, Academic Press, Inc., 1995, pp:195-198.

[8] Griffin, D.H., Fungal physiology, Wiley-Liss, Second Edition, Philadelphia, 1994, pp:130-195.

لیتر)، از نسبت رشد بالایی برخوردار است و نسبت وزنی توده خشک قارچ به کروم پساب به ترتیب معادل ۲۳/۷ و ۱۸ میلی‌گرم توده خشک قارچ بر میلی‌گرم کروم است و این به این مفهوم است که میزان رنگبری پساب نیز با کاهش رقت پساب افزایش یافته و معنی‌دار می‌باشد. با توجه با توانایی قارچ در حذف بالای رنگ و یا کروم، بدیهی است در مطالعات آینده می‌توان با روش‌هایی مانند آدپتاسیون قارچ در رقت‌های بالای پساب، میزان حذف کروم و یا رنگبری پساب را افزایش داد.

تشکر و قدردانی

در پایان از کلیه همکاران در آزمایشگاه شیمی میکروبیولوژی آب و فاضلاب دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران و بخش بیوتکنولوژی سازمان پژوهش‌های علمی صنعتی ایران تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

[۱] بازرگان، ن. بررسی فلزات سنگین فاضلاب نهر فیروزآباد، پس از آبیاری سبزیجات جنوب تهران، محله بهداشت ایران، سال بیست و سوم، ۱۳۷۳، ص ۱-۴.

[۲] جهانگیر، م.ر. اثر عوامل مختلف بر رشد سویه