مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی سمنان- جلد ۶، شماره ۱، پائیز ۱۳۸۳

کاربرد سلول‌های زنده قارچ *Phanerocate chrysosporium* در حذف بیولوژیکی کروم از فاضلاب صنایع چرم‌سازی در مقیاس آزمایشگاهی

محمد نوری‌سپهر [*۱] (Ph.D)، سیمین ناصری [۲] (Ph.D)، مهناز مظاهری [۳] (Ph.D)

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

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

۳- سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران، بخش بیوتکنولوژی

چکیده

سابقه و هدف: دفع فاضلاب صنایع چرم‌سازی به محیط به دلیل غلظت‌های بالای کروم ۳ ظرفیتی و تبدیل آن به کروم ۶ ظرفیتی اثرات زیست محیطی خطرناکی را بر جای می‌گذارد. امروزه در مطالعات آزمایشگاهی از قارچ‌ها در بیوتکنولوژی محیط زیست استفاده شده است. هدف از این پژوهش که از نوع بنیادی کاربردی می‌باشد، تعیین حد تحمل قارچ فانروکیت کرایزوسپوریوم در پساب چرم‌سازی و پتانسیل آن در حذف کروم در مقیاس آزمایشگاهی است.

مواد و روش‌ها: ابتدا نمونه‌برداری از پساب واحد کروم زنی یک کارخانه چرم‌سازی منتخب، به منظور تعیین مقدار pH ، کل کربن آلی، کل ازت کجلدال، کروم (۳+) و فسفر انجام شد؛ سپس نسبت کربن به ازت در محدوده ۱۰ تا ۱۲ تنظیم گردید. سوش قارچ *P. chrysosporium* تهیه و در مقادیر ۲/۱٪ - ۰/۳۵٪ (وزن خشک قارچ) به پساب کروم‌دار استریل شده در غلظت‌های mg/l ۱۰۸۰ – ۱۲۰ تلقیح شد. نمونه‌ها در انکوباتور شیکر قرار داده شدند. میزان رشد قارچ و حذف کروم در این مرحله تعیین و نمونه‌ای از پساب که کم‌ترین کروم باقی‌مانده را داشتند، به نمونه بهینه برای تعیین شرایط محیطی مانند pH ، دما، دور شیکر، نوع و غلظت مواد مغذی ازت‌دار و زمان ماند، انتخاب گردید. در این مرحله نیز میزان رشد قارچ و حذف کروم تعیین شد.

یافته‌ها: بیش‌ترین میزان رشد قارچ و حذف کروم در نمونه پساب با غلظت کروم mg/l ۲۴۰ و میزان تلقیح قارچ ۰/۰۷٪ (وزن خشک) اتفاق می‌افتد و به ترتیب معادل ۰/۴۸۳۲٪ (وزن خشک) و ۷۶/۷٪ است. در شرایط بهینه و پس از ۲۶ ساعت، رشد قارچ به تعادل رسیده و میزان توده سلولی رشد یافته ۰/۲۹۳۴٪ (وزن خشک) و میزان حذف کروم ۹۵/۸٪ شد. مطالعات آماری نشان داد با ۹۵٪ اطمینان می‌توان گفت، رقت پساب و میزان تلقیح قارچ و هر یک از عوامل محیطی به تنهایی و در کنار هم بر میزان رشد قارچ و حذف کروم تأثیر معنی‌دار داشته‌اند (P< 0.001)

نتیجه‌گیری: بیش‌ترین میزان رشد قارچ و حذف کروم در غلظت کروم mg/l ۲۴۰ است، که به‌ترتیب معادل ۰/۴۸٪ (وزن خشک) و ۷۶/۷٪ بوده است. بررسی‌ها نشان داد با بهینه کردن شرایط محیطی میزان رشد و حذف کروم پس از ۲۶ ساعت معادل ۰/۲۹٪ و ۹۵/۸٪ می‌شود.

واژه‌های کلیدی: پساب دباغی، فانروکیت کرایزوسپوریوم، حذف بیولوژیکی کروم (۳+)

[*] نویسنده مسئول. تلفن: ۴۴۵۰۶۶۴ -۰۲۳۱، نمابر: ۴۴۴۰۲۲۵ -۰۲۳۱، E- mail: n_sepehr2000@yahoo.com

تاریخ دریافت:۱۳۸۲/۱۱/۱۷؛ تاریخ پذیرش: ۸۳/۴/۲۸

[Downloaded from koomeshjournal.semums.ac.ir on 2024-07-31]

مقدمه

از نمك‌های کروم سه ظرفیتی بـه وفـور در صـنعت دبـاغی پوست استفاده می‌گردد. به همین دلیل فاضلاب صـنایع دبـاغی حاوی ۳۰۰۰ –۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر کروم است [۵]. سولفات کروم ۳ ظرفیتی از نمك‌های رایج در دباغی پوسـت مـی‌باشـد. کروم ۳ و ۶ ظرفیتی هر دو در محـیط وجـود دارنـد، امـا فقـط شکل ۳ ظرفیتی آن پایدار است، زیرا کروم شش ظرفیتی خیلی راحت به وسیله برخی از میکروارگانیسم‌هـا احیـاء مـی‌گـردد [۱۱]. کروم ۳ ظرفیتی یك عنصر اساسـی بـرای حیـات انـسان است، درحـالی‌کـه کـروم ۶ ظـرفیتی کـاملاً سمـی اسـت [۱۱]. مطالعات نشان داده‌اند، جذب کـروم ۶ ظـرفیتی در موجـودات زنده بیش از ۹ برابر کروم ۳ ظرفیتی است. از عوارض کـروم ۶ ظرفیتی می‌توان سیروز کبدی، نفریت و سـرطان‌هـای دسـتگاه گوارش را نام برد [۱۱].

روش‌های متداول تصفیه بیولوژیك فاضـلاب تنـها مقـادیر ناچیزی از کروم را حذف می‌نمایند، که آن هم مشروط بـر ایـن است که غظت کروم ا ز ۴۰ میلی‌گرم در لیتر تجاوز ننمایـد [۸]. هم‌چنین در روش‌های تـصفیه شـیمیایی، مقـادیر زیـادی دارو استفاده می‌گردد که اقتصادی نبوده و از طرفی علاوه بـر حجـم بالای لجن تولیدی، خود برای محیط‌زیست مشکلات عدیـده‌ای را ایجاد می‌نمایند [۸،۵].

در دهه اخیر، مطالعـات زیـادی در خـصوص جـایگزینی فن‌آوری‌های زیستی به جـای روش‌هـای شـیمیایی، صـورت گرفته است. در بین این روش‌ها، از قارچ‌ها در حـذف فلـزات سـنگین در مطالعـات آزمایـشگاهی و بـر روی پـساب‌هـای ساختگی، استفاده شده است. قـارچ‌هـا قادرنـد بـا توجـه بـه ویژگی‌های فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی خاص خود، مقـادیر زیادی از فلزات را جذب نماینـد [۹،۶،۱۰]. گـروه قـارچ‌هـای عامل پوسیدگی سفید از جمله قارچ‌هایی هستند که بیش‌تـر در حذف ترکیبات پیچیده آلی مانند لیگنین و تانن، مـورد اسـتفاده قرار گرفته‌اند و مطالعات کمـی در خـصوص رفتـار آن‌هـا در حذف فلزات، به انجام رسیده است. یکی از این قارچ‌ها کـه در این مطالعه استفاده شده است؛ قارچ فانروکیـت کرایزوسـپوری *Phanerocate Chrysosporium* اسـت. ایـن قـارچ از خانواده بازیدومیست‌ها بوده کـه عامـل پوسـیدگی سـفید نیـز خوانده می‌شود [۴]. در مرحله اول این تحقیق هدف تعیین حـد تحمل قارچ در مقابل غلظـت‌هـای مختلـف کـروم در پـساب و میزان حذف کروم توسط آن، در مقیاس آزمایشگاهی است. در نظر است در مراحل بعد، کاربرد قارچ فوق در مقیاس پـایلوت و سپس استفاده از سلول‌های مرده آن مورد مطالعه قرار گیرد. از ویژگی‌های ممتاز این تحقیق در مقایسه بـا تحقیقـات مـشابه، استفاده از فاضلاب واقعی است، درحالی‌که اکثر مطالعات انجـام شده در سطح دنیا، از پساب‌های ساختگی استفاده شـده اسـت [۹،۶،۱۰].

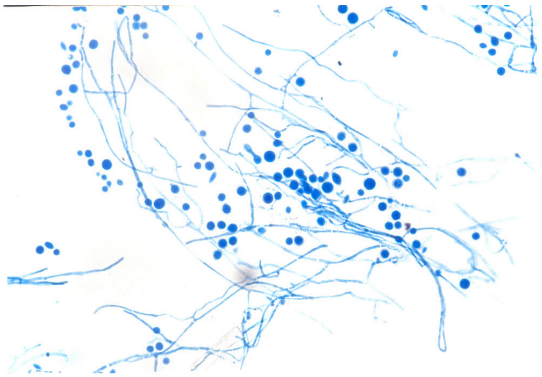
مواد و روش‌ها

این تحقیق از نـوع بنیـادی کـاربردی اسـت کـه در گـروه مهندسی بهداشـت محـیط دانـشکده بهداشـت دانـشگاه علـوم پزشکی تهـران و بـا همکـاری بخـش بیوتکنولـوژی سـازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران انجام شد. مراحل تحقیـق بـه شرح زیر بود:

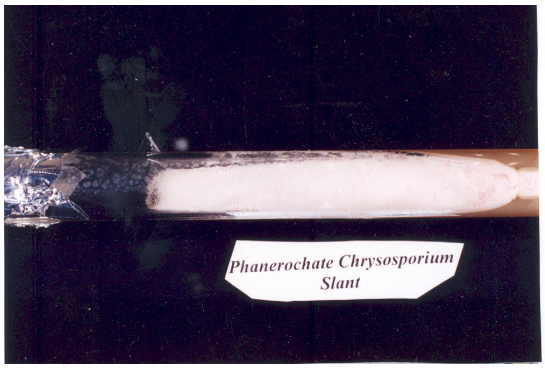
۱ـ تهیه و آزمـایش پـساب. ابتـدا از پـساب واحـد کـروم‌زنی یـك کارخانـه چـرم واقـع در چـرم‌شـهر ورامـین نمونـه‌بـرداری در ۶ نوبـت و در زمـان‌هـای مختلـف انجـام و پارامترهـایی ماننـد pH، کـل کـربن آلی (TOC)، کـل ازت کجلدال (TKN)، کروم (۳+) و فـسفر (PO_4^{3-}) بـا توجـه بـه آخرین دستورالعمل استانداردهای آب و فاضـلاب [۲]، مـورد آزمایش قرار گرفت. محدوده نسبت کربن به ازت که عامل مهـم در رشد قارچ‌ها است، مشخص شد.

۲– تهیه سوش قارچ. سوش *P. chrysosporium* از کلکسیون قارچ‌ها و بـاکتری‌هـای صـنعتی ایـران، وابـسته بـه پژوهش‌گاه بیوتکنولوژی مربوط به سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران تهیه و به میزان مورد نیاز بر روی محـیط کـشت جامد خمیده پوتیتودکستروز آگار کـشت داده شـد و در دمـای ۴° c به مدت ۷ – ۵ روز نگه‌داری شد (شکل ۱و۲) [۱].

[Downloaded from koomeshjournal.semums.ac.ir on 2024-07-31]



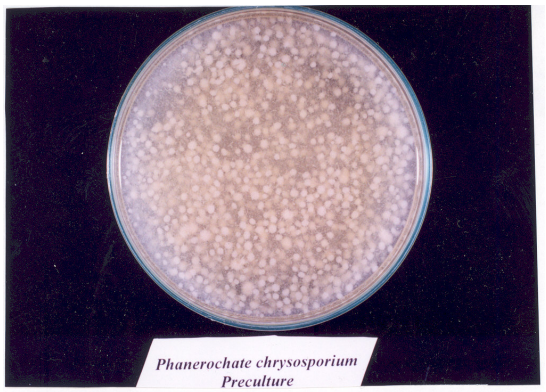
شکل ۱. ساختمان میکروسکوپی قارچ *Phanerocate Chrysosporium*.



شکل ۲. کشت قارچ *Phanerocate Chrysosporium* روی محیط کشت خمیده پوتیتودکستروز آگار

۳- تهیه محیط پیش کشت. با استفاده از آب مقطر استریل و سوش‌های قارچی آماده، سوسپانسیونی از اسپور تهیه گردید. سپس با استفاده از لام شمارش توما تعداد اسپورها در هر میلی‌لیتر از سوسپانسیون شمارش شد. این تعداد باید $10^8 - 10^7$ عدد باشد. ۵ میلی‌لیتر از سوسپانسیون فوق را به ۱۰۰ میلی‌لیتر از محیط مائی‌پوتیتودکستروز برات تلقیح و سپس در انکوباتور شیکردار به مدت ۲۴ تا ۴۸ ساعت، در دمای $30^{\circ}c$ و دور شیکر ۱۵۰ rpm قرار گرفت. پس از طی این مدت میزان وزن خشک توده سلولی رشد یافته (توده‌های میسیلیومی کروی به قطر ۱ μ – ۰/۵) تعیین شد (شکل ۳) [۳].

۴- آماده سازی پساب. نسبت کربن به ازت در پساب با استفاده از کلرورآمونیوم تنظیم و در محدوده ۱۲ – ۱۰ تثبیت شد؛ سپس نمونه‌هایی از پساب با غلظت‌های مختلف کروم ۱۲۰–۱۰۸۰mg/l به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر تهیه و استریل گردیدند.



شکل ۳. محیط پیش‌کشت از قارچ *Phanerocate Chrysosporium* با میسلیوم‌های کروی

۵- تلقیح میسیلیوم‌ها. توده‌های سلولی زنده قارچ در مقادیر ۲/۱ ٪ – ۰/۳۵٪ (وزن خشک) به نمونه‌های مختلف پساب با غلظت‌های مختلف کروم در شرایط استریل تلقیح شد. نمونه‌ها به مدت ۴۸–۲۴ ساعت در انکوباتور شیکردار، ۲۴ تا ۴۸ ساعت در دمای $30^{\circ}c$ و دور شیکر ۱۵۰ rpm قرار داده شد. پس از طی این مدت میزان رشد توده سلولی و حذف کروم از پساب، تعیین شد و حد تحمل قارچ و پتانسیل حذف کروم در آن به دست آمد.

۶- بررسی تأثیر عوامل محیطی. اثر PH=۳ – ۸، $T=10-45^{\circ}c$، دور شیکر ۲۵۰ـ۵۰ rpm نوع و مقدار مواد مغذی ازت دار (کلرور و سولفات‌آمونیوم، نیترات و نیتریت سدیم، اوره و دی هیدروژن فسفات‌آمونیوم) در مقادیر ۲ – ۰ درصد وزنی بر میزان رشد قارچ و حذف کروم از نمونه‌هایی از پساب که در مراحل قبل بیش‌ترین مقدار رشد و حذف کروم را داشتند، بررسی شد. پس از تثبیت PH، دما، دور شیکر، نوع و مقدار ماده مغذی، تأثیر زمان ماند در محدوده ۳۸ – ۰/۵ ساعت، بر رشد توده سلولی و میزان حذف کروم به منظور تعیین زمان ماند بهینه بررسی شد.

۷- مطالعات آماری. تأثیر عوامل مختلف مانند مقدار تلقیح، غلظت کروم در پساب، PH، دما، دور شیکر، نوع و مقدار ماده مغذی و تأثیر زمان ماند به تفکیک وهمچنین اثرات

[Downloaded from koomeshjournal.semums.ac.ir on 2024-07-31]

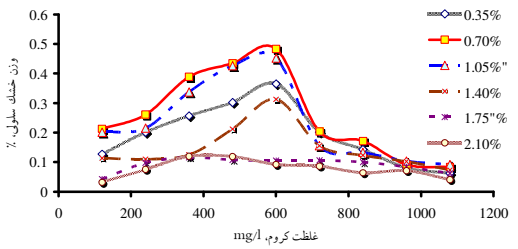
متقابل آن‌ها از طریق آنالیز واریانس یك و دو طرفه بررسی و معنی‌دار بودن عوامل اثر، از طریق تعیین ضریب P به‌دست آمد. با انجام مقایسه چندگانه (Multiple comparision)، گروه‌هایی از شرایط محیطی مختلف که اختلاف معنی‌داری نداشتند تعیین شدند [٧].

جدول ١. ویژگی‌های کیفی پساب دباغی

دامنه تغییرات	پارامتر مورد آزمایش
٣-٣/٣	**PH**
٢٩٠٠٠-٣٣٠٠٠	**TOC (mg/l)**
٢٢٢-٢٧١	**TKN (mg/l)**
٧٨-١٠٠	**$P(PO_4)^{3-}$(mg/l)**
١٢٠٠-١٢٢٠	**Cr^{3+} (mg/l)**
١٠٧-١٣٧/٣	**C/N**

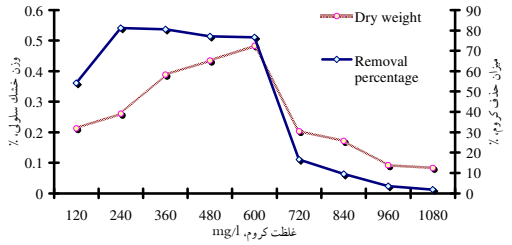
نتایج

١ـ کیفیت پساب. رنگ پساب، آبی تیره بود و هرچه از غلظت کروم آن کاسته می‌شد، تیرگی آن کم‌تر می‌گردید. pH پساب کاملاً اسیدی و در محدوده ٣/٣ – ٣ قرار داشت. این امر به دلیل مصرف اسید سولفوریك به منظور دباغی پوست و تأثیر کروم بر آن است. کل کربن آلی در پساب ٣٢٠٠٠ mg/l - ٢٩٠٠٠ ، ازت کجلدال ٢٧٢ mg/l – ٢٣٣، کروم (+٣) در محدوده ١٢٢٠mg/l–١٢٠٠ و فسفر ١٠٠mg/l– ٧٨ بود (جدول ١). با توجه به میزان کربن و ازت در پساب، نسبت C/N در محدوده ١٣٧/٣ – ١٠٧ به‌دست آمد، که نشان می‌دهد سهم کربن چندین برابر ازت در پساب است.



نمودار ١. تأثیر غلظت کروم در پساب و میزان تلقیح قارچ بر رشد سلولی

٢ـ اثر میزان تلقیح قارچ و غلظت کروم. هنگامی که میزان غلظت کروم در پساب ٦٠٠mg/l – ١٢٠ بود در تمامی مقادیر تلقیح (٢/١ ٪ ـ ٠/٣٥٪ وزن خشك قارچ) رشد توده سلولی و میزان حذف کروم افزایش یافت. اما وقتی میزان تلقیح قارچ از ٠/٠٧٪ بیش‌تر و یا کم‌تر می‌گردید، رشد سلولی و میزان حذف کروم کاهش می‌یافت (نمودار ١ و ٢). بهترین میزان تلقیح قارچ ٠/٠٧٪ و بیش‌ترین میزان حذف کروم و رشد سلولی در غلظت کروم ٢٤٠ mg/l به‌دست آمد. میزان رشد توده سلولی و حذف کروم در پساب به ترتیب معادل ٠/٤٨٣٢٪ (وزن خشك) و ٧٦/٧ ٪ بود (نمودار ٢). مبنای بررسی تأثیر عوامل محیطی بر روی رشد قارچ و میزان حذف کروم نمونه‌هایی از پساب با مقدار کروم ٢٤٠ mg/l و میزان تلقیح ٠/٠٧٪ بود. مطالعات آماری آنالیز واریانس با ٩٥٪ اطمینان نشان داد، میزان غلظت کروم در پساب و تلقیح قارچ به طور جداگانه و با یك‌دیگر اثر معنی‌داری بر رشد قارچ و حذف کروم دارند ($P < 0.001$).

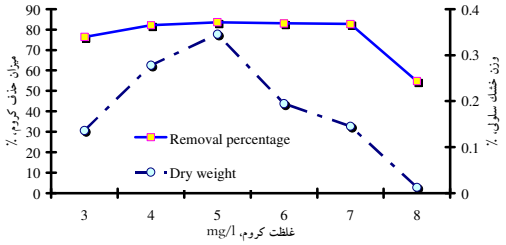


نمودار ٢. تأثیر میزان بهینه تلقیح بر میزان رشده توده سلولی و حذف کروم

٣ـ تأثیر عوامل محیطی بر میزان رشد قارچ و حذف کروم. یافته‌های حاصل از تأثیر عوامل محیطی مانند pH، دما، دور شیکر، نوع و مقدار مواد مغذی و زمان ماند به شرح زیر است:

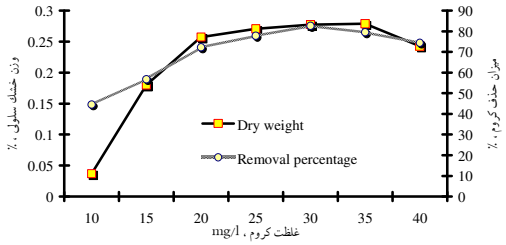
الف) اثر pH. بیش‌ترین میزان رشد توده سلولی و حذف کروم در pH=٥ بود و به ترتیب معادل ٠/٣٤٥٥٪ (وزن خشك) و ٨٣/٦ ٪ به‌دست آمد (نمودار ٣).

[Downloaded from koomeshjournal.semums.ac.ir on 2024-07-31]



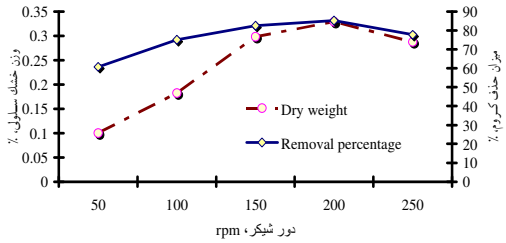
نمودار ۳. تأثیر pH بر میزان رشد سلولی و حذف کروم در تلقیح بهینه

ب) اثر دما. رشد قارچ در پسابی که pH آن روی ۵ تثبیت شده بود، در دمای بالای ۳۰ و پایین‌تر از آن محدود شد و میزان توده سلولی و حذف کروم در دمای فوق به ترتیب معادل ۰/۲۷۷۴٪ (وزن خشک) و ۸۲/۶٪ بود (نمودار ۴).



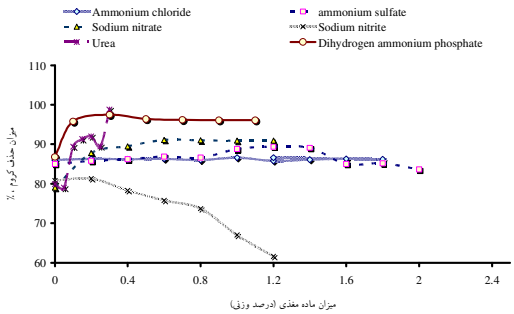
نمودار ۴. تأثیر دما بر میزان رشد سلولی و حذف کروم در تلقیح بهینه

ج) دور شیکر. میزان رشد توده سلولی در دور ۲۰۰ rpm معادل ۳۲۹۳٪ و میزان حذف کروم نیز معادل ۸۵/۳٪ بود. با افزایش و کاهش دور شیکر، میزان رشد قارچ و حذف کروم کاهش می‌یابد (نمودار ۵).



نمودار ۵. تأثیر دور شیکر بر میزان رشد سلولی و حذف کروم در تلقیح بهینه

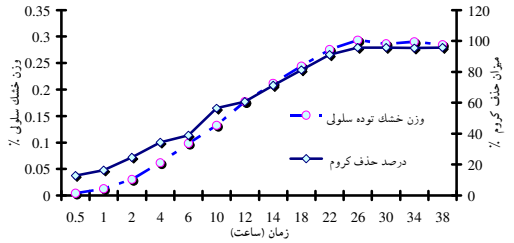
د) تأثیر نوع و مقدار مواد مغذی. بیش‌ترین میزان رشد قارچ و حذف کروم به ترتیب نوع ماده غذایی مربوط به دهیدروژن فسفات‌آمونیوم، اوره، نیترات سدیم، کلرور و سولفات‌آمونیوم بود. نیتریت سدیم برای قارچ، کاملاً سمی بود و هیچ‌گونه رشدی ملاحظه نشد. هنگامی که دهیدروژن فسفات آمونیوم به پساب تزریق شد، پس از طی زمان انکوباسیون، میزان حذف کروم ۹۷/۵٪ به‌دست آمد (نمودار ۶).



نمودار ۶. تأثیر مواد مغذی بر میزان حذف کروم در تلقیح بهینه

۴– اثر زمان ماند. منحنی رشد سلولی نشان داد که پس از ۲۶ ساعت میزان رشد ثابت شده و حدود ۰/۲۹۳۴٪ (وزن خشک) می‌گردد. میزان حذف کروم پس از طی این مدت به ۹۵/۸٪ رسید (نمودار ۷).

۵ – تجزیه رنگ. چنان‌چه نمونه پساب پس از رسیدن به رشد تعادلی، برای ۷–۲ روز نگه‌داری می‌گردید، مشاهده می‌شد گویچه‌های میسیلیومی که رنگ آبی تیره پساب را که ناشی از وجود کاتیون کروم (۳+) بود، به خود جذب کرده بودند؛ پس از طی این مدت کاملاً بی‌رنگ و سفید می‌شوند.



نمودار ۷. تأثیر زمان بر میزان رشد سلولی و حذف کروم در شرایط بهینه

بحث و نتیجه‌گیری

قارچ *P. chrysosporium* توانایی رشد در پساب واحد کروم‌زنی تا غلظت ۶۰۰ mg/l را داشت و از آن بیش‌تر، رشد قارچ به سرعت کاهش یافت. آنالیزهای آماری نشان داد با ۹۵٪ اطمینان، غلظت کروم در پساب بر رشد قارچ و در نتیجه میزان حذف کروم کاملاً مؤثر است؛ بنابراین می‌توان گفت که

[Downloaded from koomeshjournal.semums.ac.ir on 2024-07-31]

کروم در غلظت‌های ۱۰۸۰mg/l–۶۰۰ عامل بازدارنده رشد قارچ می‌باشد (P<0.001). بیش‌ترین مقدار حذف کروم در زمانی اتفاق افتاد که غلظت کروم در پساب ۲۴۰mg/l و میزان تلقیح قارچ ۰/۰۷٪ (وزن خشك) بود. میزان حذف کروم در این حالت ۷۶/۷٪ تعیین شد. افزایش و کاهش میزان تلقیح قارچ از یك حد، میزان رشد را کم می‌کند. این امر به دلیل رابطه بین دانسیته میکروبی با مقدار ماده غذایی است. تلقیح بیش‌تر، دانسیته میکروبی بیش‌تری را ایجاد می‌کند و لذا سلول‌های قارچ با محدودیت مقدار مواد غذایی مواجه می‌گردند. ادامه مطالعات نشان داد وقتی عوامل محیطی بهینه تثبیت شد، میزان حذف کروم به ۹۵/۸٪ رسید. مطالعات آماری، تأثیر عوامل فوق را بر رشد قارچ و حذف کروم ثابت نمودند. افزایش pH بیش از ۵ رشد قارچ را محدود کرد و این به دلیل توانایی رشد قارچ در شرایط اسیدی است. هم‌چنین عامل دما در محدوده $30^{\circ}c$ رشد قارچ را افزایش داد و بیش از آن و یا کم‌تر، فعالیت میکروارگانیسم کاهش یافت. دلیل این امر ویژگی کل قارچ‌ها در مقابل تغییرات دما است که فعالیت آنزیم‌ها را مختل می‌سازد. دور شیکر عامل اساسی در تأمین اکسیژن لازم برای رشد قارچ‌ها در مقیاس آزمایشگاهی است، بنابراین انتظار می‌رود با افزایش دور، میزان رشد افزایش یابد. رشد قارچ *P. chrysosporium* در دور بیش از ۲۰۰ rpm کاملاً متوقف و کم‌تر از آن بسیارکم است، زیرا افزایش دور، امکان اکسیژن‌گیری را به دلیل سرعت دورانی بالا و عدم انتقال جرم، از میکروب سلب می‌کند. از طرفی سرعت‌های پایین، اکسیژن کم‌تری را در اختیار قارچ قرار می‌دهند. علت آن‌که ماده غذایی دهیدروژن فسفات‌آمونیوم برای رشد قارچ مؤثر بوده است می‌تواند به علت وجود عنصر فسفر جهت تأمین انرژی و نیتروژن جهت ساختن آنزیم‌ها و پروتئین‌های سلولی باشد. البته این قارچ نیاز کمی به نیتروژن دارد و به‌همین علت است که روی تنه درختان که ازت کمی دارند به خوبی رشد می‌کند. علت تجزیه رنگ توسط قارچ فوق به دلیل ویژگی‌های فیزیولوژیکی آن است. رنگ به عنوان سوبسترای اصلی قارچ مورد استفاده قرار می‌گیرد و آنزیم‌های تولید شده توسط قارچ پیوندهای مولکولی رنگ را شکسته و آن را تجزیه می‌کنند. این آنزیم‌های برون سلولی که از گروه پراکسیدازها هستند شامل لیگنین پراکسیداز، منگنز پراکسیداز و لاکاز می‌باشند. مطالعات آزمایشگاهی نشان داد که قارچ *P. chrysosporium* قادر به رشد در محیط فاضلاب دباغی است و می‌تواند در شرایط محیطی بهینه درصد قابل توجهی از کروم را جذب و حذف نموده و حتی رنگ ناشی از کروم را تجزیه نماید.

منابع

[۱] معظمی نسرین. کلکسیون قارچ‌ها و باکتری‌های صنعتی و عفونی ایران. چاپ سوم، تهران: سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران. ۱۳۶۸.

[2] APHA, AWWA, WEF. Standard methods for the examination of water and wastewater. 19th ed. Washington D.C: American Public Health Association Publication. 1995. p. 3-59, 4-95, 4-112, 5-10.

[3] Becker JM, Caldwell GA, Zachgo EA. Biotechnology: A laboratory course. 1st ed. New York: Academic Press, Inc. 1990. p. 195- 198.

[4] Griffin DH. Fungal physiology. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons Inc. 1994. p. 23-63.

[5] Nemerow NL. Liquid waste of industry, theories, practices and treatment. 7th ed. New York: Addison Vesley, 1995. p. 409-415.

[6] Pillichshammer M, Pumple T, Eller K, Klima J, Schinner F. Biosorption of chromium to fungi. J Biometals, 1995; 8: 117-121.

[7] Rosner B. Fundamental of biostatistics. 5th ed. California: Duxbury Thomson, Learning Publications, 2000. p. 527- 532.

[8] Sell NJ. Industrial polluton control issues and techniques. 2th ed. New York: John Wiley & Sons Inc. 1992. p.324-343.

[9] Tobin J, Roux J. Mucor biosorbent for chromium removal from tannery effluent. J Water Res, 1998; 32: 1407-1416.

[10] Venkobachear C. Metal removal by waste biomass to upgrade wastewater treatment plant. J Water Sci Technol, 1990; 22(7-8): 319-320.

[11] World Health Organization. WHO guidelines for drinking water quality, recommendation. 2nd ed. Genova: WHO, 1997. p. 254-259.

[Downloaded from koomeshjournal.semums.ac.ir on 2024-07-31]