٧٢١

١٠٢٣٠٢

دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی
گروه محیط زیست
پایان نامه کارشناسی ارشد

کاربرد روش پاسخ سطحی در سیستم جذب بیولوژیک فلزات سنگین (سرب، کادمیم و نیکل) توسط قارچ *Aspergillus niger* در محیط های آبی

استاد راهنما:

دکتر حبیب الله یونسی

استاد مشاور:

دکتر نادر بهرامی فر

نگارش:

ملیحه امینی

تابستان ۱۳۸۶

۱۳۸۷/۲/۵

۱۰۲۳۰۲

تأییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

اعضای هیئت داوران نسخه نهائی پایان نامه خانم ملیحه امینی

تحت عنوان:کاربرد روش پاسخ سطحی در سیستم جذب بیولوژیکی فلزات سنگین(سرب،کادمیم و نیکل)توسط قارچ ***Aspergillus*** **niger** در محیط هاي آبی

را از نظر فرم و محتوی بررسی نموده و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی‌ارشد پیشنهاد می‌کنند.

اعضای هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضا
۱- استاد راهنما	دکتر حبیب اله یونسی	استادیار	
۲- استاد مشاور	دکتر نادر بهرامی فر	استادیار	
۳-نماینده‌شورای‌تحصیلات‌تکمیلی	دکتر صابر خدابنده	استادیار	
۴- استاد ناظر	دکتر قاسم نجف پور	استاد	
۵- استاد ناظر	مهندس سید محمود قاسمپوری	مربی	

دستورالعمل حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهشهای علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیات علمی، دانشجویان، دانش آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد ذیل را رعایت نمایند:

ماده ۱- حقوق مادی و معنوی پایان نامه‌ها / رساله‌های مصوب دانشگاه متعلق به دانشگاه است و هرگونه بهره‌برداری از آن باید با ذکر نام دانشگاه و رعایت آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های مصوب دانشگاه باشد.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی می‌باید به نام دانشگاه بوده و استاد راهنما نویسنده مسئول مقاله باشند.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب حاصل از نتایج پایان نامه / رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی دانشگاه باید با مجوز کتبی صادره از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه و براساس آیین‌نامه‌های مصوب انجام می‌شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان نامه/ رساله و تمامی صرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این دستورالعمل در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۱۳۸۴/۴/۲۵ در شورای پژوهشی دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب لازم الاجرا است و هرگونه تخلف از مفاد این دستورالعمل، از طریق مراجع قانونی قابل پیگیری خواهد بود.

آیین نامه چاپ پایان نامه دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به این که چاپ و انتشار پایان نامه های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس, مبین بخشی از فعالیت های علمی – پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه, دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه خود, مراتب را به طور کتبی به دفتر نشر آثار علمی دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب عبارت ذیل را چاپ کند:
کتاب حاضر حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد در **رشته محیط زیست** است که در سال **۱۳۸۶** در **دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی** دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی **جناب آقای دکتر حبیب الله یونسی**, مشاور **جناب آقای دکتر نادر بهرامی فر** از آن دفاع شده است.

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه های انتشارات دانشگاه, تعداد یک درصد شمارگان کتاب را در هر نوبت چاپ به دفتر نشر آثار علمی دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.

ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳, ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرس تادیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت, دانشگاه می تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می دهد به منظور استیفای حق خود, از طریق دادگاه, معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتاب های عرضه شده نگارنده برای فروش, تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب **ملیحه امینی** دانشجوی **رشته محیط زیست** مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده, به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: ملیحه امینی
تاریخ و امضا: ۸۶/۷/۴ Amini

تقدیم به پدر و مادرم

که از نگاهشان عشق را حس کردم

و در وجودشان انسانیت را یافتم

تقدیر و تشکر

منت خدای را عزوجل که طاعتش موجب قربت است و به شکر اندرش مزید نعمت.

بر خود لازم می دانم از استاد محترم راهنما جناب آقای دکتر حبیب الله یونسی که با کمک های بی دریغ خویش در تمامی مراحل پایان نامه اینجانب را راهنمایی فرمودند نهایت تشکر و قدردانی را به جای آورم. همچنین از جناب آقای دکتر نادر بهرامی فر استاد محترم مشاور کمال تشکر را دارم.

از جناب آقای دکتر عباس اسماعیلی ریاست دانشکده و مدیر گروه محترم و آقایان دکتر فاضلی و مهندس قاسمپوری که با همفکری و راهنمایی های ارزنده شان در بهبود شرایط و امکانات برای انجام پایان نامه مساعدت فرمودند، سپاسگزارم.

از استادان گرامی آقایان دکتر قاسم نجف پور و مهندس سید محمود قاسمپوری که بر من منت نهاده و زحمت داوری پایان نامه اینجانب را تقبل فرمودند و جناب آقای دکتر صابر خدابنده مسئول محترم تحصیلات تکمیلی قدردانی می نمایم.

از کارشناس محترم آزمایشگاه محیط زیست سرکار خانم حقدوست که خالصانه در پیشرفت عملی پایان نامه یاری فرمودند، کمال امتنان را دارم.

در پایان از تمامی دوستان عزیز و مهربانم طیبه، زهرا، حلیمه، سعیده، نیلوفر، حوری، نرجس، فرشته، منیژه، مریم، الهام، فاطمه و آقایان فرشید قربانی، علی دانشی، آریا باباخانی، مسعود حیدری و رضا دهمرده که با کمک های بی دریغ خود خاطره ای خوش از دوره ای کوتاه را برایم به یادگار گذاشتند، ممنونم.

تابستان ۱۳۸۶

فهرست مطالب

		صفحه
	تقدیم	i
	سپاسگزاری	ii
	فهرست مطالب	iii
	فهرست جدول ها	V
	فهرست شکل ها	Vi
	فهرست نمودارها	Vii
	چکیده فارسی	Viii
	چکیده انگلیسی	Ix
۱-	مقدمه و کلیات	۱
۱-۱-	فلزات سنگین (HMs)	۱
۱-۲-	آلودگی زیستی فلزات سنگین	۱
۱-۳-	خطرات آلودگی فلزات سنگین	۲
۱-۴-	آلودگی کادمیوم (سمیت، منابع رهاسازی)	۲
۱-۵-	آلودگی سرب (سمیت، منابع رهاسازی)	۳
۱-۶-	آلودگی نیکل (سمیت، منابع رهاسازی)	۴
۱-۷-	روش های حذف فلزات سنگین	۴
۱-۸-	روش های حذف بیولوژیک فلزات سنگین	۵
۱-۹-	بیان مسئله	۸
۱-۱۰-	اهداف طرح	۹
۱-۱۱-	فرضیه‌ها / پیش فرض‌ها	۹
۲-	مروری بر منابع تحقیق	۱۰
۲-۱-	جاذب ها در حذف فلزات سنگین	۱۰
۲-۲-	جاذب های بیولوژیک فلزات سنگین	۱۳
۲-۳-	جذب بیولوژیکی با قارچ *Aspergillus niger*	۱۷
۲-۴-	اثر آماده سازی برای افزایش جذب	۱۸
۳-	مواد و روش ها	۲۲
۳-۱-	میکروارگانیسم	۲۲
۳-۲-	تهیه محیط کشت PDA (آگار مغذی)	۲۲
۳-۳-	انتقال قارچ (یخ خشک) به محیط کشت PDA	۲۴
۳-۴-	تهیه محیط کشت مایع برای رشد قارچ	۲۵
۳-۵-	جداسازی قارچ از محیط کشت	۲۶
۳-۶-	آماده سازی بیوماس *Aspergillus niger* با سود	۲۷
۳-۷-	تهیه منحنی کالیبراسیون جرم سلولی- جذب برای رشد قارچ در محیط کشت	۲۷
۳-۸-	تهیه منحنی کالیبراسیون مقدار قند بر حسب گلوکز	۲۹

۳-۹-	تهیه منحنی کالیبراسیون کل مقدار قندها در محیط کشت	۳۰
۳-۱۰-	منحنی های رشد قارچ و مصرف قند	۳۰
۳-۱۱-	تهیه محلول فلزات سنگین	۳۱
۳-۱۲-	انجام آزمایشات جذب بیولوژیک	۳۲
۳-۱۳-	تهیه منحنی استاندارد (AAS)	۳۲
۳-۱۴-	آنالیز اولیه داده ها در نرم افزار Excel	۳۴
۳-۱۵-	طراحی آزمایشات با استفاده از نرم افزار	۳۵
۳-۱۶-	تحلیل داده های آزمایشگاهی با استفاده از نرم افزار Design- Expert	۳۷
۳-۱۷-	تعیین شاخص های کیفی قارچ *Aspergillus niger*	۳۸
۳-۱۸-	مطالعه میکروسکوپی روبش الکترون *Aspergillus niger* آماده سازی شده	۳۹
۴-	نتایج	۴۰
۴-۱-	تاثیر رشد روی جذب زیستی قارچ	۴۰
۴-۲-	اثر آماده سازی بیوماس بر جذب زیستی	۴۰
۴-۳-	اثر pH در محلول بر روی میزان جذب فلز توسط قارچ	۴۲
۴-۴-	اثر غلظت اولیه یون فلزی بر روی میزان جذب فلز توسط قارچ	۴۴
۴-۵-	اثر غلظت بیوماس بر روی میزان جذب	۴۶
۴-۶-	بررسی درصد حذف فلزات پیش بینی شده توسط نرم افزار	۴۸
۴-۷-	تجزیه و تحلیل های آماری	۵۳
۴-۸-	معرفی مدل مناسب برای ایجاد شرایط بهینه	۵۵
۴-۹-	بهینه سازی جذب با استفاده از درجه مطلوبیت شرایط	۵۸
۵-	بحث و نتیجه گیری	۶۲
۵-۱-	منحنی های رشد قارچ و مصرف قند	۶۲
۵- ۲-	اثر آماده سازی بیوماس بر حذف یون های فلزی	۶۲
۵-۳-	اثر pH در محلول بر روی میزان جذب فلز توسط قارچ	۶۴
۵-۴-	اثر غلظت اولیه یون های فلزی بر روی میزان جذب فلز توسط قارچ	۶۸
۵-۵-	اثر غلظت بیوماس بر روی میزان جذب	۶۹
۵-۶-	فرآیند بهینه سازی با استفاده از درجه مطلوبیت	۷۰
۵-۷-	نتیجه گیری	۷۲
۵-۸-	پیشنهادات پژوهشی	۷۳
۵-۹-	پیشنهادات اجرایی	۷۴
	منابع	۷۵
	ضمایم	۸۱

فهرست جدول ها

صفحه

جدول ۲-۱- جذب فلزات سنگین توسط مواد بر حسب pH، غلظت یون های فلزی، مقدار بیوماس، ظرفیت جذب ۱۲

جدول۲-۲- جذب تعدادی از فلزات سنگین توسط میکروارگانیسم ها بر حسب pH، غلظت یون های فلزی، مقدار جذب بیوماس و درصد جذب فلزات ۱۵

جدول۲-۳- اثر متغیرهای pH محلول، غلظت اولیه فلز سنگین، غلظت اولیه بیوماس *Aspergillus niger* ، ظرفیت جذب بیوماس و مقدار حذف فلزات ۱۹

جدول۲-۴- انواع مختلف مواد درمان کننده، میکروارگانیسم مورد استفاده، ظرفیت جذب و درصد حذف فلزات ۲۰

جدول۳- ۱- مواد شیمیایی مورد استفاده در محیط کشت مایع ۲۵

جدول۳- ۲- رنج متغیرهای در نظر گرفته شده در آزمایشات ۳۶

جدول۳- ۳- مقادیر در نظر گرفته شده توسط نرم افزار برای سه متغیر مورد آزمایش در تعیین درصد حذف فلزات ۳۶

جدول۳- ۴- خصوصیات قارچ *Aspergillus niger* ۳۹

جدول۴-۱- مقادیر مشاهده شده و پیش بینی شده توسط نرم افزار و تعیین میزان اختلاف این دو داده برای هر تکرار آزمایشات حذف یون های کادمیم در محلول های آبی ۴۹

جدول۴-۲- مقادیر مشاهده شده و پیش بینی شده توسط نرم افزار و تعیین میزان اختلاف این دو داده برای هر تکرار آزمایشات حذف یون های نیکل در محلول های آبی ۵۰

جدول۴-۳- مقادیر مشاهده شده و پیش بینی شده توسط نرم افزار و تعیین میزان اختلاف این دو داده برای هر تکرار آزمایشات حذف یون های سرب در محلول های آبی ۵۱

جدول۴-۴- آنالیز واریانس (ANOVA) برای مدل جذب سطحی در بررسی میزان حذف کادمیم ۵۴

جدول۴-۵- آنالیز واریانس (ANOVA) برای مدل جذب سطحی در بررسی میزان حذف نیکل ۵۴

جدول۴-۶- آنالیز واریانس (ANOVA) برای مدل جذب سطحی در بررسی میزان حذف سرب ۵۴

جدول۴-۷- آنالیز رگرسیون در معادله طراحی شده برای حذف کادمیم از محلول های آبی ۵۶

جدول۴-۸- آنالیز رگرسیون در معادله طراحی شده برای حذف نیکل از محلول های آبی ۵۷

جدول۴-۹- آنالیز رگرسیون در معادله طراحی شده برای حذف سرب از محلول های آبی ۵۷

جدول۴-۱۰- داده های سه متغیر مورد نظر در آزمایشات برای کسب بالاترین توانایی جذب یون های فلز کادمیم ۵۸

جدول۴-۱۱- داده های سه متغیر مورد نظر در آزمایشات برای کسب بالاترین توانایی جذب یون های فلز نیکل ۵۹

جدول۴-۱۲- داده های سه متغیر مورد نظر در آزمایشات برای کسب بالاترین توانایی جذب یون های فلز سرب ۵۹

فهرست شکل ها

صفحه

شکل ۳- ۱-	منحنی کالیبراسیون جرم سلولی- جذب قارچ *Aspergillus niger*	۲۸
شکل۳- ۲-	منحنی کالیبراسیون مقدار قند بر حسب گلوکز	۲۹
شکل۳- ۳-	منحنی کالیبراسیون کل مقدار قندها در محیط کشت	۳۰
شکل۳-۴-	منحنی رشد قارچ *Aspergillus niger* و مقدار قند مصرفی در بازه زمانی ۱۳۲ ساعته	۳۱
شکل۳-۵-	منحنی کالیبراسیون اندازه گیری فلزات سنگین توسط دستگاه جذب اتمی کادمیم(a)، نیکل (b)، سرب (c)	۳۳
شکل۴-۱-	پلات های جذب سطحی برای بررسی اثر pH اولیه محلول و غلظت یون های فلزی (ppm) بر درصد حذف فلز کادمیم (a)، نیکل (b) و سرب (c)	۴۳
شکل۴-۲-	پلات های جذب سطحی برای بررسی اثر غلظت یون های فلزی (ppm) و مقدار بیوماس مورد استفاده (g/l) بر درصد حذف فلز کادمیم (a)، نیکل (b) و سرب (c)	۴۵
شکل۴-۳-	پلات های جذب سطحی برای بررسی اثر مقدار بیوماس مورد استفاده (g/l) و pH اولیه محلول بر درصد حذف فلز کادمیم (a)، نیکل (b) و سرب (c)	۴۷
شکل۴-۴-	مقادیر حاصل از کار عملی (داده های واقعی) و داده های پیش بینی شده در نرم افزار برای بررسی درصد حذف یون های فلز کادمیم (a)، نیکل (b) و سرب (c)	۵۲
شکل۴-۵-	مطلوب ترین شرایط برای حذف فلزات کادمیم (a)، نیکل (b) و سرب (c)	۶۱

فهرست تصویرها

صفحه

تصویر ۴-۱- ساختار کلی سلول های مرده قارچ *A. niger* با استفاده از روبش میکروسکوپ الکترونی (SEM) قبل از آماده سازی ۴۱

تصویر۴-۲- ساختار کلی سلول های مرده قارچ *A. niger* با استفاده از روبش میکروسکوپ الکترونی (SEM) بعد از آماده سازی ۴۲

چکیده

در این مطالعه بهینه سازی سه پارامتر (pH اولیه محلول، غلظت اولیه یون های کادمیم، نیکل، سرب و مقدار بیوماس قارچ *Aspergillus niger*) تحت تاثیر روش پاسخ سطحی (RSM) بررسی شدند. برای تعیین بالاترین میزان جذب یون های فلزی در محلول های آبی به وسیله *A. niger* ۲۰ آزمایش برای هر فلز مورد بررسی تنظیم و داده ها با توجه به مدل دارای معادله درجه دو تعیین گردیدند. توانایی *A. niger* به عنوان جاذب بیولوژیکی تحت تاثیر آماده سازی با سود ۰/۵ نرمال ارزیابی گردید و کمیت درصد حذف یون های فلزات سنگین (R) و سطوح مختلف سه متغیر مورد نظر برای بهینه سازی مقدار هر یک از این پارامترها با توجه به طراحی نقاط (2^3) بررسی شدند. آنالیز واریانس داده های به دست آمده دارای معنی داری بالایی بودند. بهترین محدوده تعیین شده برای سه فاکتور مورد نظر ۴/۱۲ تا ۷/۱۱ در مورد pH اولیه محلول ها، g/l ۱/۶ تا ۲/۸۶ مقدار بیوماس مورد استفاده و ppm ۳۰ در رابطه با غلظت اولیه یون های فلزی در محلول ها بودند. اشکال سه بعدی در مورد ارتباط درصد حذف یون های فلزی تحت تاثیر دو متغیر از سه متغیر مورد بررسی با ثابت ماندن فاکتور سوم در شرایط مطلوب چگونگی انجام فرایند جذب سطحی را در محیط کشت نا پیوسته مورد بررسی قرار دادند. مدل نشان داد که درصد حذف یون های فلزی از محلول های آبی تحت تاثیر هر سه فاکتور مورد نظر بودند. و حداکثر درصد جذب سطحی برای کادمیم، نیکل و سرب مقادیر ٪۹۸/۶۷، ٪۸۱/۲۵ و ٪۹۶/۲۱ با استفاده از جذب یون های فلزی تحت شرایط مطلوب به دست آمدند. بنابراین، روش جذب سطحی علاوه بر ارائه اطلاعاتی در مورد واکنش بین سه متغیر مورد نظر، مقادیر بهینه قابل استفاده این متغیرها را در شرایط محیط طبیعی را نیز تعیین می نماید.

کلمات کلیدی: روش جذب سطحی، *Aspergillus niger*، کادمیم، نیکل، سرب، حذف یون ها، اصلاح فاضلاب

فصل ۱

مقدمه و کلیات

۱-۱- فلزات سنگین (HMs)[1]

فلزات سنگین یا سمی عناصر کمیابی هستند که حداقل پنج برابر سنگین تر از آب می باشند. همچنین، آنها عناصری با پایداری بالا (غیر قابل تجزیه در بدن) و دارای توانایی تجمع زیستی در زنجیره غذایی بوده و قابلیت انتقال به انسان را دارند. عناصر کمیاب[2] شامل جیوه (Hg)، نیکل (Ni)، سرب (Pb)، آرسنیک (As)، کادمیوم (Cd)، آلومینیوم (Al)، پلاتین (Pt) و مس (Cu) می باشند. این فلزات وظیفه ای در بدن ندارند و بنابراین ایجاد سمیت می نمایند. بلع، استنشاق و جذب بر روی پوست راه های معمول ورود فلزات سنگین به بدن می باشند. آلودگی زیستی و تماس فلزات سنگین از قبیل جیوه، کادمیوم و سرب مشکلی جدی در سرتاسر جهان می باشند. آلودگی حاصل از این فلزات و تاثیر بر انسان از ۵۰ سال پیش شروع شده است که نتیجه افزایش چشمگیر استفاده از این مواد در محصولات و فرآیندهای صنعتی می باشد.

۱-۲- آلودگی زیستی فلزات سنگین

آلودگی یک محیط آبی باعث تغییرات فیزیکی (کدورت، رنگ، دما، گرانروی و کشش سطحی)، شیمیایی (میزان اکسیژن موجود در آب، pH، اسیدیته، قلیائیت، COD[3] ، مواد غذایی و میزان سمیت) و بیولوژیکی می شود که کیفیت آب را برای مصرف انسان نامناسب می سازد. از بین آلاینده های مختلف، فلزات سنگین به علت سمیت بالایشان برای ارگانیسم های مختلف حتی در غلظت های

1. Heavy metals
2. Trace elements
3. Chemical Oxygen Demand

کم (میلی یا میکرو گرم در لیتر) موجب آلودگی می گردند (Barros و همکاران، ۲۰۰۷). از طرفی به علت توسعه فعالیت های صنعتی، افزایش مقدار فلزات سنگین در جریان های رودخانه ای به وجود آمده و باعث تولید مقادیر بالایی آرسنیک، کادمیم، کروم، مس، جیوه، نیکل، سرب، وانادیم و روی شده است که روی سمیت آب اثر زیادی دارند (Ramirez و همکاران، ۲۰۰۷) و تهدیدی جدی برای حیوانات و انسان به علت سمیت، تجمع زیستی[1] در ارگانیسم های زنده، ماندگاری بالا در محیط زیست و اثرات بزرگنمایی زیستی[2] محسوب می شوند (Liu و همکاران، ۲۰۰۶).

۱-۳- خطرات آلودگی فلزات سنگین

فلزات سنگین حتی در غلظت های کم سمی، سرطان زا یا جهش زا هستند و بنابراین یک مشکل مهم و مورد توجه جامعه جهانی می باشند (Bahadir و همکاران، ۲۰۰۷). این فلزات در پسماند تعدادی از کارخانه های شیمیایی مانند خمیر کاغذ، پتروشیمی، پالایشگاه و کود سازی وجود دارند و باعث اثرات سمی قابل ملاحظه روی محیط دریافت کننده می شوند. مس، روی، سرب، کروم، کادمیم، کبالت، نیکل و جیوه دارای بیشترین فراوانی یافت شده از فلزات سنگین در فاضلاب کارخانه ها هستند (Pamukoglu و همکاران، ۲۰۰۶). در این مطالعه تحقیقاتی، توانایی جذب زیستی سه عنصر (کادمیم، نیکل و سرب) که در فاضلاب صنایع موجود می باشند، توسط قارچ *Aspergillus niger* مورد بررسی قرار گرفته است.

۱-۴- آلودگی کادمیوم (سمیت، منابع رهاسازی)

کادمیم جزو سمی ترین فلزات است و به علت همین سمیت بالا و متحرک بودن در طبیعت مورد توجه می باشد (Lebeau و همکاران، ۲۰۰۲). این فلز عامل پوکی استخوان، عدم کارایی ریه، صدمه

1. Bioaccumulation
2. Biomagnification

به کبد و ایجاد تنش بالا در انسان هاست. بر اساس این مضرات برای سلامتی انسان، این عنصر جزو آلاینده های درجه اول در لیست قرمز سازمان محیط زیست آمریکا قرار دارد. آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا[1] از آن به عنوان ماده ای سرطان زا نام برده است (Iqbal و همکاران، ۲۰۰۷). منابع اصلی کادمیم رها شده در فاضلاب شامل آبکاری، گداختن فلز، ساخت پلاستیک، رنگ سازی، باتری سازی، کود سازی، معدن کاوی و تصفیه فلزات است. بنابراین نیاز به توسعه روش های موثر و جدید برای انتقال کادمیم وجود دارد. استفاده از مواد بیولوژیکی خصوصا قارچ ها به عنوان تکنولوژی دوستدار طبیعت در سال های اخیر مورد توجه بوده است. با توجه به آزمایشات مشخص شده که ظرفیت جذب فلزی برای اکثر بیوماس های قارچی خیلی زیاد و قابل توجه است (Iqbal و همکاران، ۲۰۰۷) و نسبت به تکنیک های شیمیایی استفاده شده در گذشته برای بازیافت کادمیم از فاضلاب دارای محدودیت های کمتری هستند (Selantia و همکاران، ۲۰۰۴).

۱-۵- آلودگی سرب (سمیت، منابع رهاسازی)

سرب دارای سمیت شدید می باشد و بعلت ایجاد صدمه مغزی از عناصر خطرناک محسوب می گردد. تعدادی از مطالعات نشان می دهند که سمیت سرب می تواند باعث صدمه به سیستم عصبی، کلیه و دستگاه گوارش خصوصا در بچه ها گردد (Paul Chen و همکاران، ۲۰۰۷؛ Bahadir و همکاران، ۲۰۰۷). حتی سمیت معمول و کم سرب می تواند باعث کمبود هوش و رفتارهای عصبی شود، بنابراین در بسیاری از کشورها قوانینی در رابطه با میزان فلزات سنگین در فاضلاب های صنعتی قبل از رها سازی به طبیعت وضع شده است (Paul Chen و همکاران، ۲۰۰۷). صنایع زیادی مانند روکش سازی، خودروسازی، هوانوردی و استیل سازی مقادیر زیادی فاضلاب با غلظت های بالای سرب تولید می کنند. رسوب شیمیایی سرب باعث تولید لجن سمی می شود و تخمیر بی هوازی هم فاضلاب نیمه جامد تولید می کند که با سوزاندن دفع می گردد (Selatina و همکاران، ۲۰۰۴). این فلز به طور

1. US Enviroment Protection Agency

وسیعی در کارخانه های مختلف استفاده می شود و حد قابل قبول آن در آب آشامیدنی ۵ میکرو گرم در هر لیتر است. حضور سرب در آب آشامیدنی بالاتر از حد مجاز باعث بیماری هایی مانند آنمی، آنسفالی، هپاتیت و سندروم نفروتیک می گردد و باید قبل از تخلیه فاضلاب صنایع، حذف شود (Waihung و همکاران، ۱۹۹۹).

۱-۶- آلودگی نیکل (سمیت، منابع رهاسازی)

نیکل نیز توسط فرآیندهای زیادی از جمله آبکاری، چرم سازی، حفاظت چوب، ساخت خمیر کاغذ، ساخت استیل، ساخت پلاستیک، معدن کاوی و متالوژی در طبیعت رها می شود و فلزی سرطان زاست . با توجه به اثرات سمی این فلز، وارد شدن آن از فاضلاب کارخانه ها به طبیعت با محدودیت هایی روبرو است (Congeevaram و همکاران، ۲۰۰۷؛ Selatina و همکاران، ۲۰۰۴). این فلز به علت استفاده گسترده اش در کشورهای توسعه یافته و طبیعت زوال ناپذیرش بسیار مهم است (Congeevaram و همکاران، ۲۰۰۷).

۱-۷- روش های حذف فلزات سنگین

روش هایی برای اصلاح جریان های فاضلاب حاوی فلزات سنگین در سال های اخیر توسعه یافته است که باعث کاهش مقدار فاضلاب تولیدی و بهبود کیفیت جریان آبی خروجی می گردد. از بین آنها رسوب شیمیایی[۱]، انعقاد[۲]، شناور شدن[۳]، تعویض یونی[۴]، فیلتراسیون غشایی[۵]، جذب سطحی[۶] و استخراج[۷] برای حذف فلزات سنگین از فاضلاب های آلوده قابل استفاده هستند، که البته دارای

1. Precipitation
2. Coaqutalion
3. Flotation
4. Ion exchange
5. Membrane filteration
6. Adsorption
7. Extraction

سودمندی و همچنین محدودیت هایی در حالت کاربردی می باشند (Kurniawan و همکاران، ۲۰۰۶). برای مثال روش های شیمیایی مانند رسوب کردن، جذب، تعویض یونی و استخراج حلال به هزینه بالا نیاز دارند و موجب تولید حجم زیادی پسماند و لجن سمی می گردند (Pamukoglu و همکاران، ۲۰۰۶). علاوه بر آن فرآیندهای تعویض یونی به علت قیمت بالای رزین های سنتزی، غیر اقتصادی هستند (Mameri و همکاران، ۱۹۹۹). بنابراین روش های حذف شیمیایی برای فاضلاب های صنعتی نه تنها خیلی موثر نیستند بلکه صرفه اقتصادی نیز ندارند (Çabuk و همکاران، ۲۰۰۷). توسعه روش های اقتصادی و تکنولوژیکی خالص سازی پسماند کارخانه ها، یکی از مسایل خیلی مهم در قرن حاضر است. بهترین راه حل جلوگیری از ورود فلزات سنگین به اکوسیستم، استفاده از تکنیک های جدید است (Chubar و همکاران، ۲۰۰۴). شکل های مختلف مواد گیاهی ارزان قیمت مانند شلتوک برنج، خاک اره و پوست کاج به طور وسیعی به عنوان جاذب فلزات سنگین استفاده شده اند (Nuhoglu و Oguz، ۲۰۰۳). همچنین به علت توانایی بازیافت فلزات سنگین خطرناک به وسیله بیوماس میکروبی، این مواد برای سم زدایی و بازیافت عناصر مهمی مانند طلا و نقره استفاده می شوند (Ozdemir و همکاران، ۲۰۰۴).

۱-۸- روش های بیولوژیکی حذف فلزات سنگین

جذب سطحی، فرآیندی مطلوب به علت قابلیت اجرا با هزینه و شرایط خوب است که از مواد دارای توانایی بیولوژیکی برای حذف و جدا نمودن فلزات سنگین از محلول های آبی استفاده می نماید (Çabuk و همکاران، ۲۰۰۷). تعدادی از میکروارگانیسم ها که برای بازیافت فلزات سنگین و جذب موثر آنها قابل استفاده هستند شامل جلبک[1]، مخمر[2]، قارچ[3] و باکتری[4] می باشند (Selantia و

1. Algae
2. Yeast
3. Fungus
4. Bacteria

همکاران، ۲۰۰۴؛ Pamukoglu و همکاران، ۲۰۰۶). جذب فلزات به وسیله بیوماس با سرعت خیلی بالا (چندین دقیقه) طی فرایند جذب بیولوژیکی قابل انجام است. جذب منحصرا برای غلظت های فلزی به وسیله بیوماس غیر زنده بدون فعالیت متابولیکی است که شرایط مناسبی را برای تجمع فلزات در خارج سلول فراهم می کند (Soylak و همکاران، ۲۰۰۶). جمعیت های میکروبی در محیط های آلوده به فلزات، سازگار به غلظت های بالای این فلزات هستند و گونه های *Aspregillus* به عنوان کاهنده نیکل و کروم گزارش شده اند (Congeevaram و همکاران، ۲۰۰۷). تکنولوژی جالب توجه جذب بیولوژیکی برای بازیافت فلزات سنگین از محلول های آبی علاوه بر سلول های زنده، توسط سلول های مرده نیز قابل انجام است. سودمندی های جذب سطحی برای بازیافت یون های فلزات سنگین شامل موارد زیر هستند:

صرفه اقتصادی، در دسترس بودن آسان، ظرفیت جذب بالا به علت سطح تماس زیاد، جذب سطحی انتخابی یون های فلزی، توانایی استفاده از مواد بیولوژیکی و شرایط زیست محیطی، عدم تولید ترکیبات ثانویه احتمالا سمی، استفاده از گونه خاص برای فلز مورد نظر، بازیافت فلزات سنگین از جریان های سمی (Mungasavalli و همکاران، ۲۰۰۷؛ Esposite و همکاران، ۲۰۰۲؛ Pamukoglu و همکاران، ۲۰۰۶). جذب یون های فلزات سنگین به وسیله میکروارگانیسم های قارچی یک روش جدید برای بازیافت فلزات از فاضلاب است (Barros و همکاران، ۲۰۰۳). قارچ ها به طور فراوان در فرآیند تخمیر در صنایع بزرگ استفاده می گردند و بعد از استخراج آنزیم و تغییرات بیوشیمیایی، بیوماس موادی زاید هستند(Svecova و همکاران، ۲۰۰۶) و می توانند به عنوان یک منبع اقتصادی و پایدار برای کاربرد بیوماس در بازیافت یون های فلزی مورد استفاده قرار گیرند (Barros و همکاران، ۲۰۰۳؛ Waihung و همکاران، ۱۹۹۹)

گونه ها ی *Aspergillus* توانایی جذب خوب فلزاتی مانند مس، روی، کادمیم، سرب، آهن، نیکل، نقره، تیتانیم، رادن و اورانیم را از خود نشان می دهند (Mungasavalli و همکاران، ۲۰۰۷). *A. niger* برای

تولید آنزیم و همچنین بازیافت فلزات سنگین استفاده می شود (Dursun ، ۲۰۰۶؛ Liu و همکاران، ۲۰۰۶) و یکی از جاذب های نسبتا ارزان و مناسب برای بازیافت فلزات و دارای توانایی تخمیر در صنایع مختلف است. فرایند جذب بر اساس توانایی میکروارگانیسم ها برای جذب سطحی یون های فلزی در محلول با انجام یک سری فرایندهای فیزیکوشیمیایی در دیواره سلولی است. این فرایندها همیشه با متابولیسم فعال بیوماس همراه نیست چون ممکن است بیوماس غیر زنده باشد (Ramirez و همکاران، ۲۰۰۷). به عبارت دیگر، جذب سطحی، مجموع واکنش های مثبت دیواره سلول و یون های فلزی را نشان می دهد. این واکنش ها به صورت تعویض یونی با گروه های عاملی در سطح سلول و واکنش های پیچیده سطحی است. مکان های قرارگیری فلزات سنگین شامل گروه های کربوکسیلیک، فسفات، سولفات، آمین، هیدروکسیل و آمید مستقر شده بر روی چربی ها، پروتئین ها و قندها در دیواره سلولی هستند (Selantia و همکاران، ۲۰۰۴ ؛ Esposito و همکاران، ۲۰۰۲).

استفاده از سلول های مرده مزایایی نسبت به سلول های زنده دارند: ۱) عدم محدودیت در بازیافت فلز به علت سمیت ۲) عدم نیاز به تجهیزات برای رشد محیط کشت ۳) سهولت بازجذب یون های فلزی و استفاده دوباره از بیوماس مرده (Selantia و همکاران، ۲۰۰۴).

در رابطه با آماده سازی بیوماس، قابل ذکر است که روش های آماده سازی فیزیکی مانند گرم کردن، اتو کلاو، یخ خشک و جوشاندن و آماده سازی شیمیایی مانند استفاده از اسیدها، بازها و مواد آلی، تغییراتی کاهشی یا افزایشی را در جذب فلزات بسته به گونه مورد نظر و آماده سازی نشان می دهند (Mukhopadhyay و همکاران،۲۰۰۷؛ Selantia و همکاران، ۲۰۰۴). بیوماس آماده سازی شده قارچ در جذب فلزات از فاضلاب صنایع قابلیت استفاده دارد و کاربرد آن از نظر تکنولوژیکی نیز به علت سادگی و در دسترس بودن بسیار مطلوب است (Mungasavalli و همکاران، ۲۰۰۷). بنابراین، مطالعه حاضر بر روی جذب فلزات سنگین با بیوماس آماده سازی شده قارچ *A. niger* متمرکز شده است.