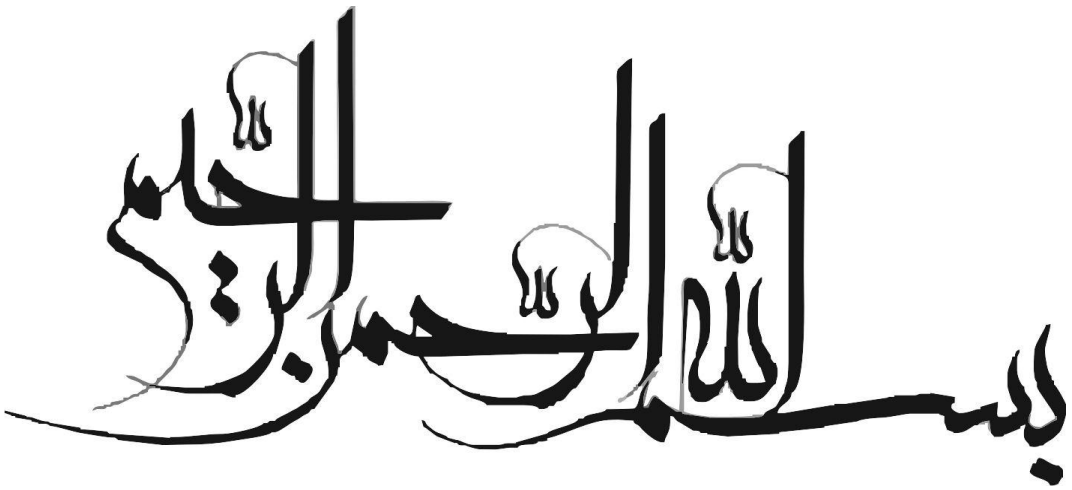


تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از
پایان‌نامه کارشناسی ارشد

خانم سمانه قدرتی شاتوری رشته **مهندسی بهداشت محیط** پایان‌نامه **کارشناسی ارشد** خود را با عنوان « **تجزیه بیولوژیکی ۲-کلروفنل موجود در فاضلاب با استفاده از راکتور بافل دار آنوکسیک** » در تاریخ **۹۲/۱۱/۱۲** ارائه کردند.

بدینوسیله اعضای هیات داوران نسخه نهایی این پایان‌نامه را از نظر فرم و محتوا تایید کرده و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد پیشنهاد می‌کنند.

نام و نام خانوادگی و امضاء اعضای هیأت داوران:

دکتر سید غلامرضا موسوی (استاد راهنما)

دکتر انوشیروان محسنی بندپی (استاد مشاور)

دکتر مهرداد فرخی (استاد ناظر)

دکتر عباس رضایی (استاد ناظر و نماینده تحصیلات تکمیلی)

آیین‌نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش‌های علمی

دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست های پژوهشی و فناوری 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 هیأت علمی، دانشجویان، دانش‌آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد زیر را رعایت نمایند:

ماده ۱- حق نشر و تکثیر پایان نامه/ رساله و درآمدهای حاصل از آنها متعلق به دانشگاه می باشد ولی حقوق معنوی پدید آورندگان محفوظ خواهد بود.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان‌نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و با تایید استاد راهنمای اصلی، یکی از اساتید راهنما، مشاور و یا دانشجوی مسئول مکاتبات مقاله باشد. ولی مسئولیت علمی مقاله مستخرج از پایان نامه و رساله به عهده اساتید راهنما و دانشجو می باشد.

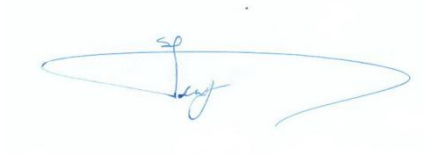
تبصره: در مقالاتی که پس از دانش‌آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب و یا نرم افزار و یا آثار ویژه (اثری هنری مانند فیلم، عکس، نقاشی و نمایشنامه) حاصل از نتایج پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی کلیه واحدهای دانشگاه اعم از دانشکده ها، مراکز تحقیقاتی، پژوهشکده ها، پارک علم و فناوری و دیگر واحدها باید با مجوز کتبی صادره از معاونت پژوهشی دانشگاه و براساس آئین‌نامه‌های مصوب انجام شود.

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

ماده ۵- این آیین‌نامه در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۸۷/۴/۱ در شورای پژوهشی و در تاریخ ۸۷/۴/۲۳ در هیأت رئیسه دانشگاه به تایید رسید و در جلسه مورخ ۸۷/۷/۱۵ شورای دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب در شورای دانشگاه لازم‌الاجرا است.

«اینجانب **سمانه قدرتی** دانشجوی رشته **مهندسی بهداشت محیط** ورودی سال تحصیلی **۹۱-۹۰**مقطع **کارشناسی ارشد** دانشکده **علوم پزشکی** متعهد می‌شوم کلیه نکات مندرج در آیین نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش های علمی دانشگاه تربیت مدرس را در انتشار یافته های علمی مستخرج از پایان نامه / رساله تحصیلی خود رعایت نمایم. در صورت تخلف از مفاد آیین نامه فوق الاشعار به دانشگاه وکالت و نمایندگی می دهم که از طرف اینجانب نسبت به لغو امتیاز اختراع بنام بنده و یا هرگونه امتیاز دیگر و تغییر آن به نام دانشگاه اقدام نماید. ضمناً نسبت به جبران فوری ضرر و زیان حاصله براساس برآورد دانشگاه اقدام خواهم نمود و بدینوسیله حق هرگونه اعتراض را از خود سلب نمودم ».



امضا

تاریخ

آئین‌نامه پایان‌نامه (رساله)های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان‌نامه (رساله)های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیت‌های علمی پژوهشی دانشگاه است. بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

ماده ۱ : در صورت اقدام به چاپ پایان‌نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به‌طور کتبی به دفتر "دفتر نشر آثار علمی" دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲ : در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه)، عبارت ذیل را چاپ کند:

" کتاب حاضر، حاصل **پایان‌نامه کارشناسی ارشد** نگارنده در رشته **مهندسی بهداشت محیط** است که در سال **۱۳۹۲** در دانشکده علوم پزشکی دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی **دکتر سید غلامرضا موسوی** ، مشاوره **دکتر انوشیروان محسنی بندپی** از آن دفاع شده است.

ماده ۳ : به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به "دفتر نشر آثار علمی" دانشگاه اهداء کند. دانشگاه می‌تواند 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 به‌عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرس، تادیه کند.

ماده ۵ : دانشجو تعهد و قبول می‌کند در صورت خودداری از پرداخت‌های بهای خسارت، دانشگاه مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند، به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶ : اینجانب **سمانه قدرتی** دانشجوی رشته **مهندسی بهداشت محیط** مقطع **کارشناسی ارشد** تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می‌شوم.

نام و نام خانوادگی

تاریخ و امضا

دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده علوم پزشکی

پایان‌نامه

دوره کارشناسی ارشد در رشته مهندسی بهداشت محیط

عنوان

تجزیه بیولوژیکی ۲-کلروفنل موجود در فاضلاب با استفاده از راکتور بافل‌دار آنوکسیک

نگارش

سمانه قدرتی

استاد راهنما

دکتر سید غلامرضا موسوی

استاد مشاور

دکتر انوشیروان محسنی بندپی

۱۳۹۲

تقدیم به:

مادر و پدر از جان بهترم که همیشه مرا با محبت ها و حمایت های بی دریغشان بیش از پیش مورد عنایت و لطف خویش قرار دادند و مایه دلگرمی و آرامش من در انجام و به پایان رسانیدن تحقیقم بودند،

و برادر و خواهرانم به پاس محبت های سرشارشان.

تشکر و قدردانی

حمد و سپاس رب العالمین، پروردگار هستی در آغاز به شکر توانی که به من بخشید برای تجربه فرصتی دیگر و فراگرفتن علمی نو در ساحت مقدس دانشگاه.

و بعد به اطاعت از فرموده مولایم امیرالمومنین:

"هر کس به من کلمه ای بیاموزد مرا بنده خویش ساخته"

از استاد فرهیخته ام جناب آقای دکتر سید غلامرضا موسوی به پاس دانشی که به من آموختند و با صبوری و سعه صدر خویش مرا در راستای تحقیقم راهنمایی کردند بی نهایت سپاسگزارم.

از جناب آقای دکتر انوشیروان محسنی که مشاوره تحقیق بنده را پذیرا شدند و

هم چنین از جناب آقای دکتر عباس رضایی (مدیر گروه محترم) کمال تشکر و قدردانی را دارم.

از همه دوستان و دانشجویان مقطع دکتری به ویژه آقای هیوا حسینی صمیمانه به پاس همه کمک های علمی و فنی شان در راستای حل مشکلات تحقیقم و نیز از کارشناس محترم گروه جناب آقای مهندس شکرالله زاده تشکر می کنم.

در نهایت از خداوند منان برای همه اساتید گرانقدر، دوستان و دانشجویان آرزوی سلامتی و کامیابی را دارم.

چکیده

کلروفنل‌ها مواد شیمیایی هستند که به طور وسیعی در صنعت جهت تولید حشره‌کش‌ها، علف‌کش‌ها، قارچ‌کش‌ها، رنگ‌ها، محافظ چوب و واحدهای نفت، پتروشیمی و زغال‌سنگ به‌کار رفته و به فراوانی در پساب صنایع کاغذ یافت می‌شوند. ۲-کلروفنل (2-CP) در بین ۱۲۹ آلاینده‌های آلی مقدم مرتبط با آب قرار دارد که در نتیجه شکستن حشره‌کش‌ها و ترکیبات آروماتیک کلرینه تولید می‌شود و بسیار سمی و مقاوم است.

در این تحقیق، تجزیه و معدنی‌سازی 2-CP فاضلاب با استفاده از راکتور بافل‌دار آنوکسیک (AnBR) مورد بررسی قرارگرفت. لجن فعال آورده شده از تصفیه‌خانه فاضلاب شهری به عنوان بذر میکروبی با ۴ بار تغذیه در طی۵۶ روز نسبت به 2-CP با غلظت ۱۰۰ mg/L خودهی و غنی‌سازی شد. AnBR در دوره راه‌اندازی به صورت پیوسته بهره‌برداری شد و غلظت ورودی 2-CP (HRT ۲۴ساعت) تا ۲۰۰ mg/L طی ۲۶ روز حذف کامل 2-CP و ٪۹۷/۶ COD به پایان رسید. سپس، تاثیر متغیرهای غلظت 2-CP (۵۰۰-۷۰۰ mg/L)، HRT (۲-۲۴ h)، شوری (۰/۵-۴۰ mg/L) و حذف نیترات طی ۱۴۶d بر روی عملکرد AnBR مطالعه شد. نتایج نشان داد که AnBR توانایی حذف به ترتیب بیش از ٪۹۹/۹ و ٪۹۲/۶ از 2-CP و COD را در غلظت 2-CP ورودی ۵۰۰ mg/L (COD ۸۰۰mg/L) در HRT ۲۴ ساعت داراست. در HRT ۴ ساعت، میزان بارگذاری 2-CP ۱/۲kg/m^3.d و راندمان حذف بیش از ٪۹۹ بود. این بالاترین میزان حذف 2-CP است که تاکنون گزارش شده است. هم‌چنین، AnBR توانست تا غلظت ۲۰g/L NaCl را تحمل کند و ٪ ۹۹ تجزیه بیولوژیکی 2-CP را به دست آورد. در نهایت، جهت اثبات رخداد تجزیه بیولوژیکی 2-CP در AnBR از طریق متابولیسم دنیتریفیکاسیون، نیترات از جریان تغذیه حذف شد که منجر به کاهش تجزیه بیولوژیکی 2-CP به زیر ٪۱۵ در طی ۳ روز از تغییر تغذیه شد و با اضافه کردن مجدد آن، تجزیه بیولوژیکی 2-CP طی ۲ روز به بالاتر از ٪۹۹ رسید.

کلمات کلیدی: فاضلاب; ۲- کلروفنل; راکتور بافل‌دار آنوکسیک; خودهی; شوری

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول : مقدمه ۱

۱-۱. پیشگفتار ۲

۱-۲. اهداف تحقیق ۷

۱-۲-۱. هدف کلی ۷

۱-۲-۲. اهداف جزئی ۷

۱-۳. مواد آلی در محیط زیست ۷

۱-۴. کلروفنل‌ها ۱۱

۱-۴-۲. کاربرد کلروفنل‌ها ۱۶

۱-۴-۳. میزان سمیت کلروفنل‌ها در محیط زیست ۱۷

۱-۴-۴. سمیت و اثرات بهداشتی کلروفنل‌ها ۱۷

۱-۴-۱. نحوه مواجهه با کلروفنل‌ها ۱۸

۱-۴-۵. روش‌های اندازه‌گیری نمونه‌های زیست محیطی کلروفنل‌ها ۱۹

۱-۴-۳. استانداردهای کلروفنل‌ها: ۲۰

۱-۵. مونوکلروفنل‌ها ۲۱

۱-۵- ۱. ۲-کلروفنل ۲۲

۱-۶. روش‌های حذف کلروفنل‌ها: ۲۶

۱-۶-۱. روش‌های فیزیکی: ۲۶

۱-۶-۲. روش‌های شیمیایی ۲۶

۱-۶-۳. روش‌های بیولوژیکی ۲۷

۱-۶-۴. تجزیه بیولوژیکی در سیستم‌های مهندسی ۳۵

۱-۷. راکتور بافل‌دار بی‌هوازی ۳۹

فصل دوم : مروری بر مطالعات گذشته ۴۴
۲-۱. مقدمه ۴۵
۲-۲. مطالعات در زمینه استفاده از روش‌های بیولوژیکی بی‌هوازی در حذف کلروفنل‌ها ۴۵
۲-۳. مطالعات در زمینه استفاده از روش‌های بیولوژیکی هوازی در حذف کلروفنل‌ها ۴۶
۲-۴. مطالعات انجام شده در مورد حذف ترکیبات فنلیک در شرایط آنوکسیک ۴۹
۲-۵. مطالعات انجام شده بر روی ABR و حذف همزمان نیتروژن و کربن ۵۱
۲-۵. مطالعات انجام شده در مورد کارایی راکتور بافل‌دار آنوکسیک ۵۳
فصل سوم : مواد و روش‌ها ۵۵
۳-۱. مقدمه و کلیات طرح ۵۶
۳-۲. بررسی منابع علمی و تعیین متغیرها ۵۷
۳-۳. بساط آزمایشی راکتور بافل‌دار آنوکسیک (AnBR) ۵۷
۳-۴. مراحل انجام تحقیق ۶۰
۳-۴-۱. خودهی بیومس و غنی‌سازی میکروارگانیسم‌های تجزیه کننده 2-CP ۶۰
۳-۴-۲. راه‌اندازی AnBR ۶۱
۳-۴-۳. بهره‌برداری از AnBR ۶۱
۳-۴-۴. روش آزمایشی ۶۳
۳-۵. روش آنالیز و سنجش پارامترهای آزمایش ۶۴
۳- ۵-۱. اندازه‌گیری 2-CP ۶۴
۳-۵-۲. اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD) ۶۴
۳-۵-۳. نیترات-N (NO^-_3-N) ۶۵
۳-۵-۴. نیتریت-N (NO^-_2-N) ۶۶
۳-۵-۵. کلراید (Cl^-) ۶۶
۳-۵-۶. کل جامدات معلق(TSS) و جامدات معلق فرار (VSS) ۶۶

۳-۵-۷. آزمایشات میکروسکوپی و عکس‌برداری ۶۷
۳-۵-۸. تعیین عملکرد AnBR ۶۷
۳-۵-۸. pH ۶۷
۳-۵-۹. کدورت ۶۸
۳-۶. مواد و ترکیبات شیمیایی مورد استفاده در تحقیق ۶۸
۳-۷. بهداشت و ایمنی ۶۸
فصل چهارم : یافته‌ها، بحث ، نتیجه گیری و پیشنهادها ۷۰
۴-۱. مقدمه ۷۱
۴-۲. نتایج و بحث ۷۲
۴-۲-۱. خودهی بیومس در حالت تغذیه بسته ۷۲
۴-۲-۲. راه اندازی AnBR ۷۶
۴-۲-۳. اثر غلظت 2-CP ۷۸
۴-۲-۱-۴. اثر زمان ماند هیدرولیکی بر عملکرد AnBR ۸۱
۴-۲-۶. تاثیر شوری بر تجزیه بیولوژیکی 2-CP در AnBR ۸۶
۴-۲-۷. عملکرد AnBR در غیاب نیترات به عنوان الکترون گیرنده ۸۸
۴-۲-۵. مورفولوژی بیومس در AnBR ۹۰
۴-۳. نتیجه‌گیری: ۹۲
۴-۴. پیشنهادها: ۹۳
فهرست منابع ۹۵
چکیده انگلیسی ۱۰۴

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۱. قابلیت انحلال کلروفنل‌ها در آب در دمای $20^{\circ}C$.....۱۳

جدول ۱-۲. غلظت ترکیبات کلروفنل در فاضلاب برخی از صنایع.....۱۷

جدول ۱-۳. روش‌های سنجش میزان کلروفنل‌ها در نمونه‌های زیست‌محیطی.....۲۱

جدول ۱-۴. مقررات و راهنمایی کاربردی برای کلروفنل ها در آب.....۲۲

جدول ۱-۵. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مونوکلروفنل‌ها.....۲۳

جدول ۱-۶. تجزیه کلروفنل‌ها در لجن فعال خودهی شده.....۲۶

جدول ۱-۷. مزایای AnBR.....۴۲

جدول ۳-۱. متغیرها، گستره مقادیر و مراحل آزمایشی مورد نظر در تحقیق.....۵۸

جدول ۳-۲. شرایط AnBR در طی ۱۱۱ روز بهره‌برداری با بارگذاری‌های مختلف.....۶۳

جدول ۳-۳. شرایط کاری AnBR طی تغییر غلظت NaCl در فاضلاب ورودی.....۶۴

جدول ۳-۴. مواد شیمیایی مصرفی به همراه فرمول شیمیایی.....۷۰

جدول ۴-۱. خلاصه اطلاعات دوره خودهی.....۷۷

فهرست شکل‌ها

عنوان صفحه

شکل ۱-۱. بعضی ترکیبات حلقوی اشاره شده در متن..... ۱۰

شکل ۱-۲. ساختار ایزومرهای مونوکلروفنل‌ها..... ۲۳

شکل ۱-۳. حذف کلراید از ترکیبات آلی به روش هوازی..... ۳۱

شکل ۱-۴. مسیر احتمالی تجزیه هوازی 2-CP..... ۳۲

شکل ۱-۵. مسیر معدنی‌سازی ۲،۴-دی‌کلروفنل..... ۳۴

شکل ۱-۶. مسیر تجزیه بی هوازی 2-CP..... ۳۸

شکل ۳-۱. تصویر سیستم AnBR..... ۵۹

شکل ۳-۲. شماتیک بساط آزمایشی AnBR مورد استفاده در تحقیق..... ۵۹

شکل ۳-۳. بساط آزمایشی AnBR مورد استفاده در آزمایشگاه..... ۶۰

شکل ۴-۱. خودهی لجن آنوکسیک جهت تجزیه 2-CP ۷۵

شکل ۴-۲. نمودار زمانی تجزیه 2-CP در غلظت‌های 2-CP ورودی مختلف..... ۷۹

شکل ۴-۳. نمودار زمانی حذف COD در غلظت‌های 2-CP ورودی مختلف..... ۸۰

شکل ۴-۴. متوسط عملکرد پایدار AnBR در تجزیه 2-CP و حذف COD با افزایش غلظت 2-CP ۸۲

شکل ۴-۵. نمودار زمانی تجزیه 2-CP در HRT های مختلف در AnBR..... ۸۴

شکل ۴-۶. نمودار زمانی حذف COD در HRT های مختلف در AnBR..... ۸۵

شکل ۴-۷. متوسط عملکرد پایدار AnBR در تجزیه 2-CP و حذف COD با کاهش HRT ۸۷

شکل ۴-۸. تجزیه بیولوژیکی 2-CP در AnBR در غلظت‌های مختلف NaCl ۸۹

شکل ۴-۹. عملکرد AnBR در شرایط حذف نیترات..... ۹۱

شکل ۴-۱۰. تصویر گرانول‌های آنوکسیک تشکیل شده در AnBR..... ۹۲

شکل ۴-۱۱. تشکیل گاز در طی فرایند دنیتریفیکاسیون در AnBR..... ۹۳

فصل اول

مقدمه

۱-۱. پیشگفتار

گسترش شهرنشینی و پدیده صنعتی شدن و سنتز و به کارگیری مواد شیمیایی متنوع صنعتی و مداخله انسان، دگرگونی عظیم و ناخواسته منابع طبیعی و در نهایت آلودگی محیط زیست و ورود این ترکیبات به چرخه‌های بیولوژیکی را در عصر حاضر به همراه داشته است. این مواد در طی تولید و کاربردشان، اغلب به محیط زیست تخلیه می‌شوند. تعداد زیادی از آن‌ها به آهستگی تجزیه شده و بر گیاهان و حیوانات اثرات سمی برجای می‌گذارند، در نتیجه در مقیاس وسیع باعث تخریب محیط زیست می‌شوند.

مواد شیمیایی تخلیه شده به محیط، ممکن است توسط ساکنین زیست‌بوم آبی آن، تحت تاثیر واکنش‌های آنزیماتیک و غیرآنزیماتیک قرار بگیرد. سرعت و میزان تجزیه بیولوژیکی ترکیبات شیمیایی تا حد زیادی به ساختار آن‌ها و محیط اطرافشان بستگی دارد، که در این میان، ترکیبات آلی حاوی هالوژن از لحاظ بیوشیمیایی مقاوم می‌باشند. ویژگی‌های شیمیایی و مقادیر ترکیبات مقاوم به تجزیه بیولوژیکی (زنوبیوتیک‌ها[1])، سمیت و دوام آن‌ها را در محیط تعیین می‌کند. تعامل این ترکیبات با ارگانیسم‌هایی که مورد هدف آن‌ها بوده یا نیست با ورود به زنجیره غذایی، اکوسیستم را تا حد زیادی دستخوش آسیب کرده است. نتیجه نهایی چنین امری، تجمع بیولوژیکی و تشدید میزان یا قدرت این ترکیبات در ارگانیسم‌های آبی و خاکی بوده است.

این استرس اکولوژیکی که در نتیجه مقادیر عظیم زنوبیوتیک‌ها اعمال می‌شود تا حدودی باعث کاهش جمعیت میکروبی می‌شود. هر چند ممکن است رقیق سازی این آلودگی توسط میکروب‌ها تا

حدودی قابل اطمینان باشد اما برای محافظت از بیوسفر در مقابل فعالیت‌های بی ملاحظه کشاورزی و صنعتی کافی نیست. این امر ممکن است به دلایل زیر باشد:

۱. زنوبیوتیک‌ها ترکیباتی نسبتا جدید برای بیوسفر می‌باشند.

۲. مقاومت شدید و ذاتی این ترکیبات در مقابل کاهش شدت سمیت به دلیل وجود باندهای شیمیایی یا گروه‌های عامل غیر معمول در ساختارشان است.

۳. میکروارگانیسم‌ها زمان کافی برای شکل‌دهی ابزارهای متابولیکی مناسب در برخورد با زنوبیوتیک‌ها نداشته‌اند.

۴. تنها تعداد کمی از میکروارگانیسم‌ها قابلیت بقا در شرایط اکولوژیکی نامطلوب را کسب کرده‌اند [۱] .

افزایش آگاهی‌های عمومی در مورد خطرات سمیت و ریسک‌های مرتبط با ترکیبات زنوبیوتیک، توسعه تکنولوژی‌های مقرون به صرفه را برای بی خطرسازی آن‌ها ترغیب نموده‌است.

کلروفنل‌ها گروهی از این ترکیبات هستند که درآن‌ها اتم کلر (بین یک تا پنج) به فنل اضافه شده است. فنل یک ترکیب آروماتیک مشتق از بنزن، ساده‌ترین هیدروکربن آروماتیک با جایگزینی یک گروه هیدروکسیل با هیدروژن متصل به کربن می‌باشد [۲]. فنل‌های کلرینه یک طبقه مهم از آلاینده‌ها را به دلیل استفاده گسترده‌اشان در فرایند تولید صنعتی آفت‌کش‌ها، علف‌کش‌ها، رنگ‌ها و رنگدانه‌ها، رزین‌های فنولیک و کاغذ به عنوان ترکیبات واسطه تشکیل می‌دهند [۳]. هم‌چنین تعدادی از کلروفنل‌ها به عنوان مواد دافع حشرات، قارچ‌کش‌ها، مواد نگهدارنده چوب، ضدعفونی‌کننده‌ها و گندزداها به‌کار می‌روند. فاضلاب صنایعی هم چون پالایشگاه نفت، دباغی، واحدهای پتروشیمیایی و ذغال‌سنگ [۴] و به ویژه صنایع کاغذ و آفت‌کش‌ها منابع اصلی تولید فاضلاب حاوی کلروفنل‌ها می‌باشند. در طی سفید کردن خمیر در تولید کاغذ، تعدادی از ترکیبات مشتق شده از کلر برای حذف لیگنین چوب و یا هر منبع گیاهی به کار می‌رود که در نتیجه تولید فاضلابی پر از ترکیبات آلی کلره و پساب‌های قهوه‌ای رنگ می‌کند [۵]. به عنوان مثال، غلظت‌های کلروفنل تا ۱۹۰ mg/l در فاضلاب کارخانه تهیه خمیر کاغذ یا فرایند کرافت گزارش شده است و در جریان پایین دست آب‌های زیرزمینی این صنایع تشخیص داده

شده است [۶]. مونوکلروفنل‌ها می‌توانند در طی کلرزنی فاضلاب و به عنوان نتیجه تخریب آفت‌کش‌ها و ترکیبات آروماتیک کلرینه شکل بگیرند. این ترکیبات به راحتی می‌توانند از طریق محیط‌های آبی مختلف مهاجرت کرده و از آن جایی که حلالیتشان در آب بسیار بالاست، آب‌های زیرزمینی را آلوده کنند [۷]. ترکیبات کلروفنلیک نسبت به تجزیه بیولوژیکی مقاوم هستند و بنابراین در محیط زیست ماندگار می‌باشند [۸]. مقاومت نسبت به تجزیه بیولوژیکی کلروفنل‌ها به دلیل اتصال کربن – هالوژن می‌باشد که با سختی فراوان شکسته می‌شود و ثبات ساختار آروماتیکی آن‌ها باعث تجمعشان در طبیعت می‌شود [۵]. به دلیل چربی دوست بودنشان، می‌توانند از غشای سلولی عبور کرده و در موجودات زنده به صورت بیولوژیکی تجمع پیدا کنند. کلروفنل‌ها می‌توانند در رسوبات رودخانه‌ها، آب‌های زیرزمینی و بافت موجودات زنده جمع شده و بنابراین در زنجیره غذایی تجمع پیدا کنند. این ترکیبات توسط سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا به عنوان آلاینده‌های زیست‌محیطی مقدم شناخته می‌شوند [۸].

۲-کلروفنل (2-CP[1]) یکی از این ترکیبات با فرمول شیمیایی (C_6H_5ClO) حاصل تجزیه آفت‌کش‌ها و ترکیبات آروماتیک کلره می‌باشد. این ترکیب در تولید رزین‌های فنولیک و در فرایند استخراج سولفور و ترکیبات نیتروژن از ذغال‌سنگ مصرف می‌شود و در شیرابه محل دفن زباله شهری نیز تشخیص داده شده است. این ترکیب بسیار سمی و مقاوم بوده و باعث مشکلات دستگاه گوارش، سوزش پوست و سرطان می‌شود. 2-CP به دلیل اثرات نامطلوب بر روی محیط زیست و میکروارگانیسم‌ها، به عنوان یک تهدید زیست‌محیطی توسط آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا، جزء آلاینده‌های مقدم در سال ۱۹۷۹ و ۱۹۹۰ شناخته شد [۹].

بنابراین حذف 2-CP به همراه دیگر کلروفنل‌ها از جریان‌های فاضلاب صنعتی قبل از تخلیه آن‌ها به پیکره آب‌های پذیرنده ضروری می‌باشد. فرایندهای متعارف برای حذف این آلاینده‌ها شامل روش‌های فیزیکی (جذب سطحی)، شیمیایی (اکسیداسیون شیمیایی و استخراج حلال)، الکتروشیمیایی و بیولوژیکی می‌باشد. روش‌های فیزیکی و شیمیایی هزینه بالا و احتمال آلودگی ثانویه را به دنبال خواهند

[1] 2-Chlorophenol

داشت [۴]. به طور کلی تصفیه بیولوژیکی فاضلاب‌های حاوی کلروفنل تبدیل کامل‌تری را انجام می‌دهد و نسبتا ارزان است و معمولا معدنی سازی کامل را باعث می‌شود.

متاسفانه کلروفنل‌ها ترکیبات سمی می‌باشند و از فعالیت باکتری‌ها حتی در غلظت‌های نسبتا کم نیز جلوگیری می‌کنند، به عنوان مثال، ۲و۴-دی‌کلروفنل و ۲و۴و۶-تری‌کلروفنل فعالیت *Pseudokirchneriella subcapitadia* را تا ٪۵۰ در غلظت‌های ۰/۸ تا ۴/۲ mg/l به ترتیب در فرایندهای هواری و بی‌هوازی مهار می‌کنند [۷].

هریک از سیستم‌های تصفیه‌ای متداول هوازی و بی‌هوازی، اغلب برای دستیابی به راندمانی رضایت‌بخش در تصفیه غلظت‌های بالای حاوی کلروفنل‌ها به دلیل سمیت یا اثر مهارکنندگی بر روی میکروارگانیسم‌ها با شکست می‌شوند، مگر این که سازگار و یا برای تجزیه چنین ترکیباتی انتخاب شوند. به طور کلی برای تصفیه فاضلاب‌های صنعتی با سمیت بالا فرایندهای بی‌هوازی به عنوان پیش تصفیه برای حذف درصد بالایی از اغلب آلاینده‌ها، تعدادی که در طی تصفیه هوازی کاملا مقاوم هستند به کار می‌رود [۱۰]. اگرچه کلروفنل‌ها دارای قابلیت تجزیه بیولوژیکی ضعیفی هستند و در محیط زیست مقاوم می‌باشند، چندین مطالعه نشان داده که تجزیه هوازی کلروفنل‌ها امکان پذیر می‌باشد. تجزیه هوازی کلروفنل‌ها توسط میکروارگانیسم‌ها، مشارکت آنزیم‌های اکسیژناز جهت ترکیب اکسیژن اتمسفریک با سوبسترای آن‌ها را نیاز دارد. برای شکافتن حلقه‌های بنزن، حلقه معمولا نخست به وسیله یک اکسیژناز دهیدروکسیله می‌شود که این روش به انرژی زیادی جهت هوادهی نیاز دارد [۱۱]. Annachhatre و Gheewala فرایند هوازی- بی‌هوازی را برای تصفیه بیولوژیکی فاضلاب برای دستیابی به معدنی‌سازی کامل کلروفنل‌ها پیشنهاد کردند [۱۲]. تحت شرایط بی‌هوازی ، باکتری‌ها می‌توانند کلروفنل‌های مختلف را جهت تولید فنل با کلر کمتر یا بدون کلر، کلرزدایی کنند. کلرزدایی کلروفنل‌ها معمولا به وسیله ترکیبات آلی خارجی که به عنوان الکترون‌دهنده عمل می‌کنند انجام می‌گیرد. در محیط کشت‌های بی‌هوازی مختلط، بیش از یک مسیر برای انتقال بیولوژیکی ترکیبات آروماتیک ممکن است دنبال گردد. به هر حال تجزیه بی‌هوازی کلروفنل‌ها طبق آن چیزی که در اغلب مطالعات گزارش گردیده، معمولا به وسیله کلرزدایی احیایی انجام می‌شود که به موجب آن کلر با هیدروژن جایگزین شده و بنابراین باعث

آزاد شدن کلر به داخل محلول می‌شود. میزان کلرزدایی ترکیبات آروماتیک چند کلرینه به درجه کلریناسیون بستگی دارد. این میزان به تدریج هر چه قدر ملکول‌های کلروفنل بیشتر کلرینه شوند افزایش پیدا می‌کند. میزان معدنی‌سازی مونوکلروفنل‌های تشکیل شده معمولا آهسته‌تر از سرعت کلرزدایی ترکیبات چند کلره می‌باشد و در نتیجه باعث تجمع مونوکلروفنل‌های واسطه در سیستم می‌شود. این معدنی‌سازی کامل مونوکلروفنل‌ها برای تخریب بیولوژیکی کامل کلروفنل‌های پلی کلرینه بسیار با اهمیت می‌باشد [۱۰].

تاکنون راکتورهای بیولوژیکی مختلفی جهت تصفیه این دسته از فاضلاب‌های صنعتی به کار رفته‌اند. به طور کلی راکتورهای با بستر چسبیده، هزینه سرمایه گذاری بالاتر و پیچیدگی بیشتری نسبت به لجن فعال دارند [۱۳]، این مشکلات هنگام تصفیه میزان بار آلی بالا جدی‌تر به نظر می‌آیند. بنابراین راکتورهای رشد معلق برای تصفیه غلظت‌های بالای آلاینده‌های سمی، ارجح می‌باشند. یکی از راکتورهای بیولوژیکی رشد معلق، راکتور بافل‌دار بی‌هوازی (ABR[1]) است. چندین محفظه کوچک در ABR وجود دارد که توسط یک سری بافل‌های عمودی جهت افزایش حفظ بیومس از هم جدا شده است [۱۴]. نوع جریان راکتور، تقریبا از نوع جریان پیستونی می‌باشد. علاوه بر این، ABR به دلیل مقاومت در برابر شوک بار آلی و هیدرولیکی و سمیت ترجیح داده می‌شود. برخی دیگر از ویژگی‌های آن عبارتست از سهولت راه‌اندازی و عدم وجود جریان‌های کوتاه، جریان‌های پرشی و برگشتی [۱۵ ,۱۶]، طراحی و ساخت آسان، نمونه برداری ارزان و آسان، کارایی بالا، تولید کم لجن و کاهش احتمال گرفتگی و زمان ماند سلولی بالا. یکی از مهم‌ترین مزیت های ABR، جداسازی فاز می‌باشد که حاصل گرادیان غلظتی جزء آلی از بخش اول تا آخر می‌باشد و امکان توالی جامعه فضایی را برای جمعیت های میکروبی مختلف ایجاد می‌کند [۱۷]. نظر به طراحی و ساخت آسان آن و نیز عملکرد بالا، استفاده از راکتورهای بافل‌دار در کشورهای در حال توسعه می‌تواند سودمند باشد. چون 2-CP برای متابولیسم بی‌هوازی باکتری‌ها بسیار سمی است و اثر بازدارندگی بر فعالیت میکروبی دارند، ABR عملکرد بالایی در حذف ترکیبات فنلی نخواهند داشت. از طرفی استفاده از راکتورهای هوازی علاوه بر مصرف انرژی زیاد برای هوادهی، بهره‌برداری و نگهداری

[1] Anaerobic baffled reactor

پیچیده و پرهزینه‌ای دارند و باعث انتشار ترکیبات فرار به هوا می‌شوند. لذا به نظر می‌رسد استفاده از متابولیسم آنوکسیک در راکتورهای بافل‌دار بتواند نارسایی‌های فوق را برطرف نموده و امکان دستیابی به عملکرد موثر در تجزیه کلروفنل‌ها و به ویژه 2-CP را فراهم آورد. بنابراین هدف از این مطالعه ، بررسی کارایی بیوراکتور بافل‌دار آنوکسیک (AnBR) در تجزیه 2-CP موجود در فاضلاب به منظور شناسایی عملکرد و اثر عوامل کاری مهم بر کارکرد آن است.

۱-۲. اهداف تحقیق

۱-۲-۱. هدف کلی

بررسی تجزیه پذیری بیولوژیکی 2-CP موجود در فاضلاب با استفاده از راکتور بافل‌دار آنوکسیک

۱-۲-۲. اهداف جزئی

۱- راه اندازی بیوراکتور بافل‌دار آنوکسیک (AnBR) برای تجزیه 2-CP

۲- تعیین اثر غلظت 2-CP بر کارایی فرایند AnBR

۳- تعیین اثر زمان ماند هیدرولیکی بر کارایی فرایند AnBR

۴- تعیین میزان حذف COD ترکیب 2-CP در AnBR در شرایط بارگذاری‌های مختلف

۵- تعیین میزان تجزیه پذیری بیولوژیکی ترکیب 2-CP در AnBR در غلظت‌های شوری مختلف

۶- تعیین عملکرد AnBR در شرایط بی‌هوازی از طریق حذف نیترات

۱-۳. مواد آلی در محیط زیست

در حال حاضر حدود پنج ملیون ماده آلی مشخص و به شکل ثبت شده وجود دارد که تعداد ۷۰۰۰۰ مورد از آن به شکل گسترده در تمام دنیا استفاده می‌شوند. تعداد دیگری ماده شیمیایی جدید نیز به طور تجاری تولید و سنتز شده و به این فهرست اضافه می شود. در طی تولید و کاربرد، این مواد شیمیایی اغلب به محیط زیست تخلیه می‌شوند [۱]. تعداد زیادی از آن‌ها کند تجزیه می‌شوند و اثرات سمی بر