بسم الله الرحمن الرحيم
الحمد لله رب العالمين الرحمن الرحيم مالك يوم الدين
اهدنا الصراط المستقيم صراط الذين
انعمت عليهم غير المغضوب عليهم
ولا الضالين

بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از رساله دکتری

خانم اشرف السادات حاتمیان رساله ۲٤ واحدی خود را با عنوان تجزیه زیستی آلاینده های بسیار خطرناک (PCB PBB)با استفاده از میکروالگانیسم های بومی در تاریخ ۱۳۸۸/۱۲/۱۱ ارائه کردند.

اعضای هیات داوران نسخه نهایی این رساله را از نظر فرم و محتوا تایید کرده و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه دکتری مهندسی شیمی - بیوتکنولوژی پیشنهاد می کنند.

عضو هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضا
استاد راهنما	دکتر سید عباس شجاع الساداتی	استاد	
استاد مشاور	دکتر سامان حسینخانی	~~استادیار~~ دانشیار	
استاد مشاور	دکتر ابراهیم واشقانی فراهانی	استاد	
استاد ناظر	دکتر سمیره هاشمی نجف آبادی	استادیار	
استاد ناظر	دکتر محسن نصرتی	استادیار	
استاد ناظر	دکتر سهیلا یغمایی	دانشیار	
استاد ناظر	دکتر - صراف زاده	دانشیار	
نماینده شورای تحصیلات تکمیلی	دکتر محسن نصرتی	استادیار	

آیین نامه چاپ پایان‌نامه (رساله)های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (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 پایان نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اطلاع دهد.

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

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد/ رساله دکتری نگارنده در رشته مهندسی شیمی-بیوتکنولوژی است که در سال ۱۳۸۸ در دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی سرکار خانم/جناب آقای دکتر سید عباس شجاع الساداتی ، مشاوره سرکار خانم/جناب آقای دکتر سامان حسینخانی و مشاوره سرکار خانم/جناب آقای دکتر ابراهیم واشقانی فراهانی از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت‌چاپ) را به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر درمعرض فروش قرار دهد.

ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده رابه عنوان خسارت به دانشگاه تربیت‌مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواندخسارت 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 شده‌نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب اشرف السادات حاتمیان زارمی دانشجوی رشته مهندسی شیمی- بیوتکنولوژی مقطع دکتری

تعهد فوق وضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: اشرف السادات حاتمیان

تاریخ و امضا: ۱۳۸۸/۱۲/۱۰

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 که 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 باید به نام دانشگاه بوده و استاد راهنما مسئول مکاتبات مقاله باشد.

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 بر اساس آئین نامه های مصوب انجام می‌شود.

ماده ٤- 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 طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ٥- این دستورالعمل در ٥ ماده و یک تبصره در تاریخ ۱۳۸٤/٤/۲٥ 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 می شود.

نام و نام خانوادگی

اشرف السادات حاتمیان زارمی

امضاء

دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده فنی و مهندسی

رساله دوره دکتری مهندسی شیمی-بیوتکنولوژی

تجزیه زیستی آلاینده خطرناک پلی کلرو بی فنیل (PCB) با استفاده از میکروارگانیزم های بومی

اشرف السادات حاتمیان زارمی

استاد راهنما:

دکتر سید عباس شجاع الساداتی

استادان مشاور:

دکتر سامان حسینخانی و دکتر ابراهیم واشقانی فراهانی

اسفند ۱۳۸۸

تقدیم به:

- روح پاک خالص ترین و عاشق ترین انسانها...

پدر و مادرم که چون شمع سوختند تا راه کسب علم بر من آسان شود

و با رفتشان شور و شوق زندگی هم رفت.

- همسرم

که با تشویق ها و دلگرمیهایش راه تلاش را بر من هموار نمود.

- **دختر عزیزم، مهراوه**

که با وجودش سختی کار بر ایم آسان شد.

تقدیر و تشکر

حال که به یاری خداوند منان، این پژوهش به پایان رسید، لازم می دانم از استاد فرزانه ام ، جناب آقای دکتر شجاع السادات که راهنمایی این رساله را به عهده داشتند و در طول این مدت چون پدری مهربان با توصیه ها و حمایت های فراوان خود ، در به پایان رساندن این پژوهش یاریم نمودند، تشکر و قدردانی نمایم. همچنین از اساتید گرامیم ، جناب آقای دکتر حسینخانی و جناب آقای دکتر واشقانی که مشاوره این رساله را بر عهده داشتند و دیگر اساتید بخش مهندسی شیمی؛ آقای امام زاده وکلیه عزیزانی که در طول این پژوهش یاریم کردند، کمال تشکر را دارم. در پایان لازم می دانم از کارشناس آزمایشگاه بیوتکنولوژی ، سرکار خانم تیموری که با کمک های بی دریغ و دلسوزانه خود در تمام سالهای تحصیلم همراهم بودند، سپاسگزاری نمایم.

چکیده

استفاده از روش های زیست پالایی برای پالایش آلودگی های خاک می تواند بهترین جایگزین برای روش های پاکسازی مرسوم مثل سوزاندن باشد. با توجه به طبیعت مقاوم برخی ترکیبات سمی و سرطانزا مانند ترکیبات پلی کلرو بی فنیل (PCB) ، حذف یا کاهش غلظت آنها از محیط زیست از اهمیت خاصی برخوردار است. جداسازی باکتری های ایران از مناطق آلوده به این ترکیبات و بررسی قابلیت تخریب پذیری آلاینده توسط آنها هدف اصلی این پژوهش بوده است. نمونه های خاک آلوده از اطراف نیروگاه بندرعباس واقع در جنوب ایران با آب و هوای گرم و مرطوب بدست آمد. از دو منبع کربنی آسکارل و بی فنیل خالص برای غنی سازی استفاده شدو به ترتیب ۱۵و ۹ کلنی خالص حاصل شد. از میان ۱۵ باکتری ،۳ باکتری با بالاترین درصد تجزیه پذیری با استفاده از کیت API 20 A و مشخصات مورفولوژیکی به نام های *سودوموناس آئروژینوزا* (AS-٥٦)، *پانتوآ اگلومرنس*(AS-٢٢) و *سودوموناس پوتیدا* (AS-٤) شناسایی شدند. جنس و گونه سویه AS-٥٦ ، با روشS rDNA ١٦ دقیق تر شناسایی شده و تحت نام، *سودوموناس آئروژینوزا* TMU٥٦ نامگذاری شد. نتیجه شناسایی بهترین باکتری بدست آمده از میان ۹ کلنی خالص حاصل از جداسازی با منبع کربنی بی فنیل ، *آلکالیجنس لاتوس*(B-٧) بود.

در کشت مخلوط باکتری های حاصل از غنی‌سازی با منبع کربنی آسکارل تجزیه‌پذیری روغن ترانسفورماتور تا پایان گرمخانه گذاری در انتهای روز هشتم به ٦٩٪ رسید. مقدار تجزیه پذیری ترکیبات PCB موجود در روغن ترانسفورماتور برای کشت مخلوط باکتریهای حاصل از غنی‌سازی با منبع کربنی بی‌فنیل در مدت هشت روز ۳۹٪ بود. رشد و قابلیت تجزیه پذیری روغن ترانسفورماتور در هر دو کشت مخلوط با دو نوع از سورفاکتانت های غیر یونی توئین– ۸۰ و تریتون X-۱۰۰ بررسی شد. در انتهای روز هشتم با تریتون X–۱۰۰ و توئین– ۸۰ به ترتیب ۷۲/۵٪ و ۷۸/۵٪ از ترکیبات PCB موجود در روغن ترانسفورماتور حذف شد. در کشت مخلوط بدست آمده از غنی‌سازی با بی‌فنیل در روز هشتم به ترتیب ٤١٪ و ٤٦/٥٪ از PCB در حضور تریتون X-۱۰۰ و توئین– ۸۰ در محیط کشت حاوی روغن ترانسفورماتور تجزیه شد. با افزودن گلیسرول به عنوان سوبسترای همراه به محیط کشت مخلوط باکتری های غنی سازی شده با آسکارل و بی‌فنیل ، به ترتیب۸۲٪ و ٤٣٪ از ایزومرهای PCB موجود در روغن ترانسفورماتور تجزیه شدند.

مقایسه منحنی‌های رشد این ٤ سویه نشان داد که سویه AS–٥٦ بر روی تمام ترکیبات مونوکلرو بی‌فنیل و بعضی از دی کلرو بی‌فنیل‌های آزمایش شده به جز ۳,٥–diCB، رشد خوبی داشته است. بعلاوه، این سویه قادر به استفاده از ٢,٤,٤′–triCB ٥,٥′–tetra CB ٢,٢′و hexa CB–٢,٢′,٤,٤′,٥,٥′ بعنوان تنها منبع کربنی بود ولی

روی ٣,٤,٣,٤′ -tetraCB رشد نکرد. بعلاوه این باکتری قادر به استفاده از برخی ترکیبات حلقوی معطر(PAH) بود. سویه باکتری AS-٢٢ روی تمام مونوکلروبی‌فنیل‌ها، ٢,٤- دی کلروبی‌فنیل و ٢,٥- دی کلروبی‌فنیل رشد کرد و در محیط حاوی ٣,٥-diCB; ٤,٤′-diCB ; ٢,٢-diCB تترا و هگزا کلرو بی فنیل‌ها بعنوان تنها منبع کربنی رشدی مشاهده نشد. سویهAS-٤ بعنوان دیگر باکتری منتخب نیز می‌تواند بر روی بی‌فنیل، بنزوات، آروکلر ١٢٤٢و روغن آسکارل رشد نماید ولی قادر به استفاده از آروکلر ١٢٦٠ بعنوان مخلوطی از ایزومرهای دارای پنتا تا هپتا کلروبی‌فنیل ، نمی‌باشد. سویه باکتری B-٧ جداسازی شده از منبع کربنی بی‌فنیل روی ترکیبات کلروبنزوئیک اسیدها رشد نکرد ولی بر روی تمام مونوکلروبی‌فنیل‌ها و ٢,٤-diCB و ٤,٤′-diCB رشد داشت.

آنالیز با کروماتوگرافی گازی نشان داد که درصد کاهش در کل پیک‌های اجزاء موجود در آروکلر ١٢٤٢توسط AS-٥٦ در مدت زمان ٤ روز در حضور و در غیاب بی‌فنیل، به ترتیب ٥٧/٥٪ و ٧٣/٣٪ بود. با استفاده از سویه باکتری AS-٢٢ میزان تجزیه آروکلر ١٢٤٢در حضور و در غیاب بی‌فنیل به ترتیب ٥٦/٦٪ و ٧١٪ بود. کاهش کل پیک‌های موجود در آروکلر ١٢٤٢ با استفاده از سویه باکتری AS-٤ در حضور و در غیاب بی‌فنیل، به ترتیب ٥٩/٩٪ و ٤٧/٥٪ بود که این مقادیر برای سویه باکتری B-٧ به ترتیب ٥٠/٥٪ و ٣٨/٣٪ بود. بین درصد تجزیه پذیری ایزومرهای موجود در آروکلر ١٢٤٢و تعداد کلرهایشان برای هر ٤ سویه باکتریایی هیچ ارتباط معنی داری وجود نداشت.

در ادامه نیز جهت افزایش تجزیه پذیری مخلوط تجاری آروکلر١٢٤٢ توسط باکتری AS-٥٦ ، متغیر های مهم فرایندی چون دمای گرمخانه گذاری، غلظت ماده فعال سطحی و غلظت اولیه آروکلر به عنوان آلاینده به کمک روش سطح پاسخ بهینه سازی شدند. شرایط بهینه بدست آمده عبارت است از ٣٠°C برای دمای گرمخانه گذاری، ١٢ mg/l غلظت ماده فعال سطحی غیر یونی استفاده شده(توئین-٨٠) و٢٣٥ppmغلظت اولیه آروکلر ١٢٤٢. مقدار پیش بینی شده درصد تجزیه مخلوط تجاری در این شرایط برابر ٧٨/٤ است. آزمایش تایید در این شرایط بهینه با دو بار تکرار انجام شد و مقدار ٧٧/٩ برای درصد تجزیه پذیری بدست آمد.

واژه های کلیدی: زیست تجزیه پذیری، کشت مخلوط، پلی کلرو بی فنیل، روغن ترانسفورماتور، آروکلر١٢٤٢، بهینه سازی.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول- مقدمه

۱-۱- بیان مسئله ۲

۱-۲- اهداف پژوهش ۳

فصل دوم- کلیات و مروری بر مطالعات گذشته

۲-۱- پلی کلرینه بی فنیل ها (PCBs) ٦

۲-۱-۱- تاریخچه ٦

۲-۱-۲- ساختار شیمیایی ترکیبات PCB ۸

۲-۱-۳- خواص فیزیکی و شیمیایی ۱۰

۲-۱-٤- کاربرد ها ۱۱

۲-۱-۵- منابع ترکیبات PCB و پراکندگی آنها در محیط زیست ۱۲

۲-۱-٦- اثرات ترکیبات PCB بر سلامتی انسان و جانداران ۱۵

۲-۱-٦-۱- سرطان ۱۵

۲-۱-٦-۲- اثرات غیر سرطانی ۱٦

۲-۱-٦-۲-۱- اثرات بر سامانه عصبی ۱٦

۲-۱-٦-۲-۲- اثرات روی سامانه ایمنی ۱٦

۲-۱-٦-۲-۳- اثرات روی سامانه های تولید مثل ۱٦

۲-٦-۲-٤- اثرات بر غدد درون ریز ۱۷

۲-۱-٦-۲-۵- دیگر اثرات غیر سرطانی ۱۷

۲-۲- فناوری های پاکسازی ترکیبات PCB از محیط زیست ۱۸

۲-۲-۱- فناوری های پاکسازی غیر زیستی ۱۸

۲-۲-۱-۱- لایروبی ۱۸

عنوان **صفحه**

۲-۲-۱-۲- پوشاندن ۱۹

۲-۲-۱-۳- غربالگری ۱۹

۲-۲-۱-٤- استخراج با حلال ۲۰

۲-۲-۱-۵- جامد سازی / پایدار سازی ۲۰

۲-۲-۱-٦- تخریب شیمیایی ۲۰

۲-۲-۱-۷- واجذب گرمایی ۲۱

۲-۲-۱-۸- سوزاندن ۲۱

۲-۲-۲- زیست پالایی خاکهای آلوده به PCB ۲۲

۲-۲-۲-۱- تجزیه زیستی آلاینده ها ۲۲

۲-۲-۲-۲- متابولیسم میکربی ۲۳

۲-۲-۲-۳- متابولیسم میکربی PCB ۲٤

۲-۲-۲-۳-۱- کلرزدایی غیر هوازی ۲٤

۲ -۲-۲-۳-۲- زیست تجزیه پذیری هوازی PCB ۲٦

۲-۲-۲-۳-۳- زیست پالایی ترادفی غیر هوازی- هوازی ۳۵

۲-۳- عوامل موثر در فرآیند تجزیه زیستی ۳٦

۲-۳-۱- ریز سازواره ۳٦

۲-۳-۲- زیست دسترس پذیری ۳٦

۲-۳-۳- عوامل محیطی ۳۷

۲-۳-۳-۱- سوبسترا ۳۸

۲-۳-۳-۲- فشار اسمزی ۳۸

۲-۳-۳-۳- حلالیت آلاینده ۳۸

عنوان **صفحه**

۲-۳-۳-٤- نفوذ پذیری خاک ۳۹

۲-۳-۳-٥- کشش سطحی ۳۹

۲-۳-۳-٦- اکسیژن ۳۹

۲-۳-۳-۷- دما ٤۰

۲-۳-۳-۸- میزان اسیدیته ٤۰

۲-۳-۳-۹- رطوبت ٤۱

۲-۳-۳-۱۰- غلظت آلاینده ٤۱

۲-٤- طراحی آزمایش ٤۳

۲-٤-۱- روش سطح پاسخ ٤٤

فصل سوم- مواد و روش ها

۳-۱- انتخاب محل نمونه برداری ٤۸

۳-۲- روش نمونه برداری ٤۸

۳-۳- روش های آنالیز نمونه خاک برای جداسازی ٥۰

۳-۳-۱- اندازه گیری کربن آلی خاک ٥۰

۳-۳-۲- اندازه گیری درصد رطوبت ٥۲

۳-۳-۳- اندازه گیری فسفر قابل جذب به روش اولسن ٥٤

۳-٤- غنی سازی، جداسازی، خالص سازی و شناسایی سویه های باکتریایی ٥۷

۳-٤-۱- محیط کشت ٥۷

۳-٤-۲- جداسازی و خالص سازی گونه های باکتریایی با منبع آسکارل ٥۸

۳-٤-۳-جداسازی گونه های باکتریایی با منبع کربنی بی فنیل ٥۹

۳-٤-٤- شناسایی باکتری ها ٥۹

عنوان **صفحه**

۳-٤-٤-۱- شناسایی باکتری ها بر اساس آزمایش های بیوشیمیایی ۵۹

۳-٤-٤-۲- شناسایی باکتری با روش ۱٦ S rDNA ٦۰

۳-٤-٤-۲-۱- محلول های مورد استفاده برای شناسایی باکتری ٦۰

۳-٤-٤-۲-۱-۱- طرز تهیه ژل آگارز ۱ درصد ٦۰

۳-٤-٤-۲-۱-۲- طرز تهیه TBE ۱۰ X ٦۱

۳-٤-٤-۲-۱-۳- تهیه محلول ۱ مولار تریس به حجم یک لیتر ٦۱

۳-٤-٤-۲-۲- استخراج DNA ژنومی از سویه جدا شده ٦۱

۳-٤-٤-۲-۳- تکثیر توالی ژن با PCR جهت تعیین توالی ٦۳

۳-٤-٤-۲-٤- تعیین توالی محصول PCR ژن ۱٦ S rDNA ٦٤

۳-٤-٤-۲-۵- آنالیز توالی حاصل از تعیین توالی ژن ۱٦ S rDNA ٦۵

۳-۵- مطالعات تجزیه پذیری و رشد ٦۵

۳-۵-۱- طرز تهیه بافر فسفات (M ۰/۱)..... ٦۵

۳-۵-۲- بررسی ظرفیت تخریب پذیری کلنی های خالص شده از دو منبع کربنی ٦٦

۳-۵-۳- بررسی رشد باکتری ها روی منابع کربنی مختلف و قابلیت تجزیه پذیری ایزومرهای PCB ٦۷

۳-۵-٤- بررسی تجزیه پذیری مخلوط تجاری آروکلر ۱۲٤۲ توسط باکتریها ٦۸

۳-۵-۵- رشد و تجزیه پذیری روغن ترانسفورماتور برای کشت مخلوط باکتری ها ٦۸

۳-۵-٦- اثر ماده فعال سطحی و متابولیسم همراه در تجزیه پذیری روغن ترانسفورماتور بروی کشت مخلوط باکتری ها ٦۹

۳-٦- روش آنالیز ۷۰

۳-٦-۱- اندازه گیری توده سلولی ۷۰

۳-٦-۱-۱- روش جذب نوری ۷۰

۳-٦-۲- سنجش یون کلر ۷۱

عنوان **صفحه**

۳-٦-۳- استخراج ایزومرهای PCB و روغن ترانسفورماتور از محیط های کشت مایع ۷۱

۳-٦-۳-۱- استخراج ایزومرهای PCB ۷۱

۳-٦-۳-۲- استخراج روغن ترانسفورماتور ۷۱

۳-٦-٤- مشخصات دستگاه کروماتوگرافی گاز (GC) ۷۲

۳-۷- بهینه سازی شرایط تجزیه پذیری ۷۳

فصل چهارم- نتایج و بحث

٤-۱- آنالیز نمونه های خاک ۷٦

٤-۲- غنی سازی، جداسازی و انتخاب بهترین باکتری های تجزیه کننده ترکیبات PCB ۷۷

٤-۲-۱- غنی سازی و جداسازی ۷۷

٤-۲-۲- شناسایی اولیه گونه های باکتریایی ۷۷

٤-۲-۳- انتخاب بهترین کلنی های تجزیه کننده ترکیبات PCB بعنوان تنها منبع کربنی ۷۹

٤-۳- شناسایی گونه های باکتریایی منتخب ۸۱

٤-٤- منحنی های رشد سویه های باکتریایی ۸٤

٤-۵- بررسی رشد سویه های باکتریایی روی سوبستراهای گوناگون ۸۹

٤-٦- تجزیه پذیری روغن ترانسفورماتور توسط مخلوط باکتری ها ۹۳

٤ -٦-۱- اثر افزودن ماده فعال سطحی در تجزیه پذیری روغن ترانسفورماتور ۹۵

٤-٦-۲- اثر افزودن " متابولیسم همراه" در تجزیه پذیری روغن ترانسفورماتور ۹۸

٤-۷- ارزیابی رشد و توان تجزیه پذیری ترکیبات PCB ۱۰۲

٤-۷-۱- رشد سویه های باکتریایی روی مونوکلرو بی فنیل ها ۱۰۲

٤-۷-۲- رشد سویه های باکتریایی روی دیگر ترکیبات PCB ۱۰۹

٤-۷-۳- مقایسه رشد سویه باکتریایی AS-٥٦ با برخی باکتری های تجزیه کننده ترکیبات PCB ۱۱٦

٤-۸- مطالعات رشد و تجزیه پذیری سویه های باکتریایی روی ترکیبات مخلوط PCB ۱۱۸

عنوان **صفحه**

٤-٨-١- تجزیه پذیری ترکیبات PCB موجود در مخلوط تجاری آروکلر ١٢٤٢ ..... ١١٨

٤-٨-٢- تجزیه پذیری ترکیبات PCB موجود در آسکارل ١٢٩

٤-٩- بهینه سازی شرایط تجزیه پذیری مخلوط تجاری آروکلر ١٢٤٢ توسط باکتری AS-٥٦ ..... ١٣١

فصل پنجم- نتیجه گیری و پیشنهاد ها

٥-١- نتیجه گیری ١٣٨

٥-٢- سهم این پژوهش در تولید علم ١٤١

٥-٣- پیشنهاد ها..... ١٤٢

- مراجع..... ١٤٣

- ضمیمه..... ١٥٦

- واژه نامه انگلیسی به فارسی ١٦٢

- چکیده انگلیسی..... ١٦٥

فهرست نمودار ها

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۱- تولید انواع PCB با کلراسیون مستقیم ۸

شکل ۲-۲- فرمول عمومی ساختمانی انواع ترکیبات PCB ۹

شکل ۲-۳- نحوه تغلیظ زیستی PCB ۱۳

شکل ۲-٤- ژن های مسئول تخریبPCB و مسیر متابولیکی تجزیه پذیری ۲۷

شکل ۲-۵- مقایسه سویه های باکتری تجزیه کننده PCB ۳۱

شکل ۲-٦- مراحل عمده در تبدیل ترکیبات PCB و بی فنیل به کلروبنزوات ها ۳۲

شکل ۲-۷- طبیعت ریزسازواره های ویژه در تجزیه کنندگی PCB ۳۳

شکل ۲-۸- واکنش زیست پالایی ترادفی غیر هوازی- هوازی ۳۵

شکل ۳-۱- پراکندگی آلودگی ترکیبات PCB در جهان و موقعیت مکانی نمونه گیری در این پژوهش ٤۹

شکل ٤-۱-میزان تجزیه پذیری ترکیبات PCB برای کلنی های خالص بدست آمده از کشت مخلوط غنی شده با منبع آسکارل ۸۰

شکل ٤-۲ - میزان تجزیه پذیری ترکیبات PCB برای کلنی های خالص بدست آمده از محیط کشت مخلوط غنی شده با منبع بی فنیل ۸۰

شکل ٤- ۳- منحنی رشد سویه باکتری AS-٥٦ روی منابع کربنی مختلف در $30^{o}C$ و ۲۰۰rpm ۸٤

شکل ٤- ٤- منحنی رشد سویه باکتری AS-۲۲ روی منابع کربنی مختلف در $30^{o}C$ و ۲۰۰rpm ۸۵

شکل ٤- ۵- منحنی رشد سویه باکتری AS-٤ روی منابع کربنی مختلف در $30^{o}C$ و ۲۰۰rpm ۸٦

شکل ٤- ٦- منحنی رشد سویه باکتری B-۷ روی منابع کربنی مختلف در $30^{o}C$ و ۲۰۰rpm ۸۷

شکل ٤- ۷- میزان تجزیه پذیری روغن ترانسفورماتور با کشت مخلوط غنی شده با منبع کربنی آسکارل ۹۳

شکل ٤- ۸- میزان تجزیه روغن ترانسفورماتور با کشت مخلوط غنی شده با منبع کربنی بی فنیل ۹٤

عنـــوان **صـــفحه**

شکل ٤- ٩- مقایسه رشد کشت مخلوط غنی شده با منبع کربنی آسکارل بر روی روغن ترانسفورماتور در حضور سورفاکتانت ها..... ٩٦

شکل ٤- ١٠- مقایسه تجزیه پذیری کشت مخلوط غنی شده با منبع کربنی آسکارل بر روی روغن ترانسفورماتور در حضور سورفاکتانت ها ٩٧

شکل ٤-١١ - مقایسه رشد کشت مخلوط غنی شده با منبع کربنی بی فنیل بر روی روغن ترانسفورماتور در حضور سورفاکتانت ها ٩٩

شکل ٤-١٢- مقایسه تجزیه پذیری کشت مخلوط غنی شده با منبع کربنی آسکارل بر روی روغن ترانسفورماتور در حضور سورفاکتانت ها..... ١٠٠

شکل ٤-١٣- مقایسه کروماتوگرام های بدست آمده از تجزیه ایزومرهایPCB موجود در روغن ترانسفورماتور..... ١٠١

شکل٤-١٤- تجزیه ایزومرCB-٢ توسط سویه های باکتری..... ١٠٣

شکل ٤-١٥ - تجزیه ایزومرCB-٣ توسط سویه های باکتری..... ١٠٥

شکل ٤-١٦- تجزیه ایزومرCB-٤ توسط سویه های باکتری ١٠٧

شکل ٤- ١٧- مسیر متابولیکی احتمالی برای تجزیه پذیری diCB-٢,٤ توسط سویه AS-٥٦ ..... ١٠٩

شکل ٤-١٨- تجزیه ایزومرdiCB-٢,٤ توسط سویه های باکتری ١١١

شکل ٤-١٩- تجزیه ایزومرdiCB-٤,٤′, ٤توسط سویه باکتریAS-٥٦ .....١١٣

شکل ٤-٢٠- تجزیه ایزومرtriCB-٢,٤,٤′توسط سویه باکتری AS-٥٦ ..... ١١٣

شکل ٤-٢١- تجزیه ایزومرtetraCB-٢,٢′,٥,٥′توسط سویه باکتری AS-٥٦ ..... ١١٤

شکل٤-٢٢- تجزیه ایزومرhexaCB-٢,٢′,٤,٤′,٥,٥′توسط سویه باکتری AS-٥٦ ..... ١١٤

شکل ٤-٢٣- طیفی از روماند محیط های کشت حاوی ایزومرهایdiCB-٢,٤ وhexaCB -٢,٢′,٤,٤′,٥,٥′- و سویه AS-٥٦ ..... ١١٥

عنوان **صفحه**

شکل ٤-٢٤- کروماتوگرام های GC تجزیه ایزومرهای PCB موجود در آروکلر١٢٤٢توسط سویه باکتری AS-٥٦ در غیاب بی فنیل ١٢١

شکل ٤-٢٥ - کروماتوگرام های GC تجزیه ایزومرهای PCB موجود در آروکلر١٢٤٢توسط سویه باکتری AS-٢٢ در غیاب بی فنیل..... ١٢٣

شکل ٤-٢٦- کروماتوگرامهای GC تجزیه ایزومرهای PCB موجود در آروکلر ١٢٤٢توسط سویه باکتری AS-٤ در غیاب بی فنیل ١٢٥

شکل ٤-٢٧- کروماتوگرام های GC تجزیه ایزومرهای PCB موجود در آروکلر١٢٤٢توسط سویه باکتری B-٧ در غیاب بی فنیل ١٢٧

شکل ٤- ٢٨- تجزیه پذیری روغن آسکارل با بی فنیل به عنوان سوبسترای رشد و بدون حضور بی فنیل..... ١٢٩

شکل ٤- ٢٩- پروفایل های GC حاوی µg/ml ١٠/١از محیط حاوی روغن آسکارل و مخلوط تجاری آروکلر١٢٤٢ ..... ١٢٣

شکل ٤-٣٠- کانتورهای درصد تجزیه پذیری مخلوط تجاری آروکلر١٢٤٢ توسط باکتری سودوموناس آئروژینوزا TMU 56(AS-٥٦) ١٣٤

شکل ٤-٣١- نمودار سه بعدی میزان تجزیه پذیری مخلوط تجاری آروکلر١٢٤٢ توسط باکتری *سودوموناس آئروژینوزا* TMU 56(AS-٥٦) بر حسب تجزیه پذیری آروکلر١٢٤٢..... ١٣٥

فهرست جدول ها

عنوان **صفحه**

جدول ۲-۱- فهرست تولید کنندگان انواع PCB و نام تجاری آنها ۷

جدول۲-۲- هومولوگ های PCB و ماکزیمم غلظت های حل شده در آب ۹

جدول ۲-۳- مشخصات کلی ترکیبات PCB ۱۱

جدول ۲-٤- کاربردهای صنعتی ترکیبات PCB ۱۲

جدول ۲-۵- حضور ترکیبات PCB در محیط زیست ۱٤

جدول ۲-٦- غلظت های برخی از ترکیبات PCB در محیط زیست ۱٤

جدول ۲-۷- فرآیندهای کاتالیز میکربی برای کلرزدایی غیر هوازی ۲۵

جدول ۳-۱- فهرست مواد استفاده شده برای محیط کشت حاوی مواد معدنی..... ۵۷

جدول ۳-۲- مواد مورد استفاده در تهیه مخلوط PCR ٦۳

جدول ۳-۳- موارد مورد استفاده در تنظیم pH نهایی بافر فسفات ٦٦

جدول ۳-٤- متغیرها و سطوح مورد مطالعه در طراحی ترکیب مرکزی برای بهینه سازی شرایط تجزیه پذیری..... ۷۳

جدول ۳-۵- جدول ۳-۵- طراحی ترکیب مرکزی برای ۳ متغیر..... ۷٤

جدول٤-۱- ترکیب شیمیایی نمونه خاک آلوده مورد استفاده جهت جداسازی ریز سازواره ۷٦

جدول ٤-۲- مشخصات مورفولوژیکی سویه های باکتریایی غنی شده با منبع کربنی بی فنیل..... ۷۷

جدول ٤-۳- مشخصات مورفولوژیکی سویه های باکتریایی غنی شده با منبع کربنی آسکارل..... ۷۸

جدول٤-٤- مشخصات بیوشیمیایی سویه های باکتری منتخب..... ۸۱

جدول ٤-۵- سویه های باکتری شناسایی شده براساس آزمایش های بیوشیمیایی..... ۸۲

جدول ٤-٦- طیف استفاده از سوبستراها برای تجزیه کننده ترکیبات PCB..... ۹۱

جدول ٤-۷- سینتیک رشد و تجزیه پذیری در طول متابولیسم ۲-CB توسط سویه های باکتری منتخب..... ۱۰۲

عنوان **صفحه**

جـدول ٤-٨- سـینیتیک رشـد و تجزیـه پـذیری در طـول متابولیـسم CB-٣ توسـط سـویه هـای بـاکتری منتخب..... ١٠٤

جدول ٤-٩- سینیتیک رشد و تجزیه پذیری در طول متابولیسم CB-٤ توسط سویه های باکتری منتخب..... ١٠٦

جدول ٤- ١٠- سینیتیک رشد و تجزیه پذیری در طول متابولیسم ٢,٤-diCB توسط سویه های باکتری منتخب..... ١١٠

جدول ٤- ١١- سینیتیک رشد و تجزیه پذیری در طول متابولیسم ایزومرهای مختلف PCB توسط سویه AS-٥٦ ..... ١١٢

جدول٤- ١٢- مقایسه تجزیه پذیری ترکیبات گوناگونPCB توسط برخی باکتری های معروف جداسازی شده با سویه باکتری ٥٦- AS ١١٧

جدول ٤-١٣ – آنالیز مربوط به تجزیه پذیری ترکیبات آروکلر ١٢٤٢ توسط سویه باکتری AS-٥٦ ..... ١٢٠

جدول ٤-١٤ – آنالیز مربوط به تجزیه پذیری ترکیبات آروکلر ١٢٤٢ توسط سویه باکتری AS-٢٢ ..... ١٢٢

جدول ٤-١٥ – آنالیز مربوط به تجزیه پذیری ترکیبات آروکلر ١٢٤٢ توسط سویه باکتری AS-٤ ..... ١٢٤

جدول ٤-١٦ – آنالیز مربوط به تجزیه پذیری ترکیبات آروکلر ١٢٤٢ توسط سویه باکتری B- ٧ ..... ١٢٦

جدول ٤- ١٧- CCD و نتایج حاصل برای تجزیه‌پذیری آروکلر ١٢٤٢ توسط باکتری *سودوموناس آئروژینوزا* TMU٥٦ ..... ١٣١

جدول ٤-١٨- آنالیز نتایج CCD برای تجزیه پذیری مخلوط تجاری آروکلر ١٢٤٢ توسط باکتری AS-٥٦ ..... ١٣٢