

حذف رسوبات کف مخازن نفت خام با استفاده از کنسرسیونم باکتریایی موجود در پساب پالایشگاه نفت کرمانشاه

علی مهرکاشی¹، فرهاد سلیمی^{1*}، سرور صادقی²

¹ گروه مهندسی شیمی، دانشکده فنی مهندسی، واحد کرمانشاه، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمانشاه، ایران

² گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، واحد کرمانشاه، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمانشاه، ایران

دریافت: 96/2/31 پذیرش: 97/5/20

چکیده

ذخیره و نگهداری نفت خام در مخازن پالایشگاه‌ها سبب می‌شود با گذشت زمان، مقدار زیادی لجن متراکم و نسبتاً جامد در کف مخازن تشکیل شده که حاوی مقادیر زیادی فلزات و هیدروکربن‌های نفتی هستند که سبب خوردگی کف این مخازن می‌شوند. این لجن برای محیط‌زیست بسیار خطرناک هستند و باید پیش از تخلیه به محیط‌زیست بطور کامل تصفیه شوند. در این مقاله از کنسرسیونم باکتریایی موجود در پساب پالایشگاه کرمانشاه برای تصفیه لجن نفتی ته مخازن استفاده شد. جهت کشت باکتری‌ها از محیط کشت برات استفاده شد. تأثیر دما، pH، غلظت لجن نفتی، یون فسفات، زمان ماند و رطوبت بر عملکرد فرایند تجزیه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد که میکروارگانیسم‌ها در pH نزدیک به خنثی (7/5) بیشترین کارایی را دارند و دمای 30 درجه دمای بهینه برای فرایند است. همچنین افزایش یون فسفات و کاهش رطوبت باعث کاهش فرایند حذف هیدروکربن‌ها می‌شوند.

کلمات کلیدی: کنسرسیونم باکتریایی، مخازن نفت خام، لجن، هیدروکربن‌های نفتی

1- مقدمه

هرگونه ماده غیر قابل پیش‌بینی که به محیط‌زیست آزاد گردد، به عنوان آلاینده تلقی می‌شود. این آلودگی می‌تواند در اثر فعالیت‌های بشری و یا فعالیت‌های طبیعی، از جمله آتشفشان‌ها باشد [1]. ذخیره و نگهداری نفت خام در مخازن پالایشگاه‌ها سبب می‌شود به مرور زمان، مقدار زیادی لجن متراکم و نسبتاً جامد در کف مخازن تشکیل شود. این لجن حاوی مقادیر زیادی فلزات و هیدروکربن‌های نفتی است که سبب خوردگی

*Email: f.salimi@iauksh.ac.ir



کف مخازن نفت می‌شوند که به تبع آن باعث نشت مواد نفتی به داخل زمین و آلودگی خاک و منابع آب‌های زیر زمینی می‌باشد [2, 3]. آزاد سازی این مواد در محیط‌زیست و یا سوزاندن آن‌ها بدون فرآوری قبلی اثرات خطرناکی بر محیط‌زیست و سلامت انسان می‌گذارد. بنابراین امروزه مطالعه بر روی تصفیه آلودگی‌های شیمیایی ضروری است و دولت‌ها تلاش‌های بسیاری را در این زمینه انجام می‌دهند [1, 4]. در سال‌های اخیر تحقیقات زیادی برای یافتن روش‌های مؤثر جهت حذف آلودگی‌های نفتی مانند روش‌های فیزیکی و شیمیایی و بیولوژیکی انجام شده است. روش‌های فیزیکی و شیمیایی همچون سوزاندن، پیرولیز و اکسیداسیون شیمیایی جهت تصفیه لجن‌های کف مخازن ذخیره نفت وجود دارد که در اغلب موارد این فرایندها ناکارآمد و غیر اقتصادی هستند. بنابراین جهت دست یابی به استانداردهای سخت‌گیرانه امروزی لازم است تا به‌طور موثرتری این مواد تصفیه شوند [5]. از این‌رو تصفیه بیولوژیکی توجهات زیادی را به خود جلب کرده است [6-8].

تصفیه بیولوژیکی فرآیندی است که در آن از آنزیم‌های تولید شده توسط میکروارگانیسم‌ها با مصرف مواد آلی انرژی مورد نیاز جهت سوخت و ساز و سنتز مولکولی خود را فراهم می‌کنند. مواد آلی می‌توانند به‌طور هوازی و یا بی‌هوازی تجزیه شوند. بنابراین اصول تصفیه در این فرآیند بر مصرف مواد آلی توسط میکروارگانیسم‌ها و به خصوص باکتری‌ها استوار است، از این رو در این فرآیند برای پیشبرد روند تصفیه، ضروری است که تمامی شرایط برای رشد و تکثیر هر چه بهتر آن‌ها فراهم گردد. با این وجود هیچ میکروارگانیسمی به تنهایی قادر به تجزیه کامل نفت خام نیست [9, 10]. اندازه‌گیری و بهینه‌سازی رشد میکروارگانیسم‌ها جهت تجزیه هیدروکربن‌های موجود در خاک‌های آلوده به مواد نفتی توسط غلامی و همکارانش بررسی شد [11]. چهار میکروارگانیسم از خاک آلوده به لجن نفتی جداسازی شد که با آزمایش غربال کردن، مشخص شد تنها یکی از آن‌ها به نام پَسودوموناس توانایی رشد در محیط‌های مایع با منبع هیدروکربنی را دارا است. در نتیجه به بهینه‌سازی رشد پَسودوموناس در غلظت‌های مختلف محیط مایع لجن نفتی، در شرایط مختلف نظیر دما و pH پرداخته شد. در نهایت بهترین نتیجه در دمای 35 درجه سانتیگراد، غلظت 2 درصد لجن نفتی و $pH=6$ بدست آمد. لوپس و همکارانش ترکیبی از میکروارگانیسم‌ها (سه باکتری و یک مخمر) را برای تجزیه نفت خام ته مخازن استفاده کردند [3]. نتایج کار آن‌ها نشان داد که این میکروارگانیسم‌ها توانایی تجزیه آلکان‌های خطی را تا 100 درصد، تجزیه سیکلوآلکان‌ها را 85 درصد، آلکن‌های شاخه دار تا 44 درصد و ترکیبات آروماتیکی سولفوردار را تا 35 درصد دارند. کولیوند و همکارانش از میکروارگانیسم‌ها برای تجزیه مواد نفتی ته مخازن استفاده کردند [12]. از نسبت‌های متفاوت میکروارگانیسم‌ها به لجن نفتی استفاده شد و نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که بهترین نسبت، نسبت 8 به 1 می‌باشد که در آن حدود 80 درصد هیدروکربن‌ها حذف شدند. تأثیر دما، غلظت لجن نفتی و شوری بر روی فرآیند بیولوژیکی حذف نفت خام ته مخازن توسط زکری و همکارانش بررسی شد [13]. نتایج کار آن‌ها نشان داد که با افزایش دما مقدار حذف مواد نفتی افزایش می‌یابد. اما با افزایش شوری ابتدا مقدار حذف افزایش و سپس کاهش می‌یابد بنابراین یک مقدار بهینه برای مقدار شوری وجود دارد و با افزایش غلظت مواد نفتی درصد حذف کاهش می‌یابد.

هدف از این مطالعه تصفیه لجن ته مخازن نفتی با استفاده از میکروارگانیسم‌های موجود در پساب پالایشگاه کرمانشاه می‌باشد. استفاده از میکروارگانیسم‌های بومی باعث افزایش کارایی آن‌ها در شرایط محیطی کرمانشاه خواهد شد. لجن نفتی و پساب از پالایشگاه کرمانشاه تهیه شد و اثر پارامترهای مختلف مانند درصد مواد نفتی در رسوب مخازن، دما، pH، مزاحمت یون فسفات، زمان ماند و رطوبت بر عملکرد فرایند تجزیه مورد بررسی قرار گرفت و در نهایت شرایط بهینه جهت حذف لجن‌های نفتی گزارش شد.

2- روش کار

2-1- کشت میکروارگانیسم‌ها

بدون شک مهم‌ترین و وسیع‌ترین حجم میکروارگانیسم‌های نفت‌خوار در هر مجتمع نفتی را می‌توان در واحد پساب صنعتی آن مشاهده کرد، بنابراین در این آزمایش از کنسرسیون بکتری‌های موجود در واحد پساب پالایشگاه کرمانشاه استفاده شد.

در این روش ابتدا به یک میلی‌لیتر از پساب در یک لوله آزمایش، 9 میلی‌لیتر آب مقطر اضافه گردید و جهت همگن شدن آن از دستگاه میکسر ورتکس¹ استفاده شد. در مرحله بعد دوباره یک میلی‌لیتر از نمونه را به 9 میلی‌لیتر آب مقطر اضافه و این مراحل را تکرار شده تا رقت 10^{-6} حاصل گردد. سپس با استفاده از کیت‌های آزمایشگاهی تعداد میکروارگانیسم‌های موجود در یک میلی‌لیتر اندازه‌گیری شد که تعداد 10^4 میکروارگانیسم در یک میلی‌لیتر را نشان داد.

محیط کشت مورد استفاده در این آزمایش برات² ساخت شرکت مرک می‌باشد. برای تهیه محیط کشت مایع، پودر برات را به نسبت 15 گرم در یک لیتر آب مقطر حل کرده و بدون اضافه کردن آگار درون دستگاه اتوکلاو³ قرار داده شد. دستگاه مذکور دمای محیط را تا 121 درجه سانتیگراد بالا برده و محیط کشت به مدت 20 دقیقه در این دما باقی مانده و سپس به‌طور خودکار دما پایین می‌آید تا محیط کشت استریل شود و آماده کشت میکروارگانیسم‌ها خواهد شد. پس از استریل نمودن محیط کشت، یک میلی‌لیتر از پساب به حجم 9 میلی‌لیتر از محیط کشت با رقت 10^{-6} اضافه کرده و پس از اختلاط کامل، به مدت 24 ساعت در دستگاه شیکرانکوباتور⁴ در دمای 30 درجه سانتی‌گراد و دور همزن 150 دور بر دقیقه قرار داده شد. سپس با استفاده از کیت‌های اندازه‌گیری، تعداد میکروارگانیسم‌ها اندازه‌گیری و مشاهده شد که تعداد میکروارگانیسم‌ها پس از گذشت 24 ساعت از 10^4 میکروارگانیسم با شرایط دمایی یکسان به 10^7 میکروارگانیسم در هر میلی‌لیتر محیط کشت مایع افزایش پیدا کرده است. این عدد مبنایی برای تعیین غلظت محلول و زمان انکوباسیون می‌باشد. این محلول که دارای غلظت مشخصی است تا انتهای آزمایشات به‌عنوان محلول استاندارد شناخته شده و از آن استفاده شد.

¹Vortex

²Broth

³Autoclave

⁴Shaker incubator



2-2- تجزیه هیدروکربن‌های نفتی

برای بررسی عملکرد میکروارگانیسم‌ها بر روی هیدروکربن‌های نفتی، ترکیبی از چند ماده از جمله رسوبات مربوط به ته مانده مخازن در سال‌های گوناگون و همچنین خاک‌های اطراف مخازن و محل جمع‌آوری لجن و رسوبات آلوده به نفت خام جمع‌آوری و به‌طور کامل مخلوط و رسوب یکنواختی حاصل شد. سپس این رسوب در داخل کوره الکتریکی در درجه حرارت 800 درجه سانتیگراد و به مدت 30 دقیقه قرار گرفت و میزان مواد نفتی در این رسوب با توجه به اختلاف وزن بعد و قبل از حرارت محاسبه و نتیجه 16 درصد وجود مواد نفتی در این رسوب را نشان داد. این رسوب به عنوان رسوب مرجع در تمام مدت آزمایش مورد استفاده قرار گرفت و در شرایط دمایی 30 درجه سانتیگراد و دور از تأثیر رطوبت و سایر عوامل تأثیر گذار بر کاهش یا افزایش درصد مواد نفتی نگهداری گردید.

جهت آماده کردن محیط کشت، پودر محیط کشت را به نسبت 15 گرم در یک لیتر آب مقطر درون یک ارلن حل کرده و به آن 15-13 gr/lit آگار اضافه می‌کنیم. در این مرحله محیط کشت تهیه شده را بنحوی که به دمای جوش نرسد ضمن حرارت دادن، عمل همزدن نیز انجام شده تا پودر آگار به‌طور کامل حل شود و سپس محلول بدست آمده را درون اتوکلاو قرار داده تا کاملاً استریل شده و برای رشد میکروارگانیسم‌های مورد نظر آماده شود. پس از عملیات اتوکلاو محتویات ارلن را درون پلیت ریخته تا پس از سرد شدن و اثر کردن آگار به حالت ژلاتینی دربیاید. آزمایشات متعددی جهت بررسی اثر پارامترهای مختلف بر عملکرد سیستم انجام پذیرفت. جهت بررسی شرایط بهینه عملیاتی، تأثیر فاکتورهای درصد مواد نفتی در رسوب، رطوبت، زمان ماند، اثر محیط کشت، دما، یون فسفات و pH مورد بررسی قرار گرفت. شرایط عملیاتی جهت بررسی اثر رطوبت در دمای 30 درجه سانتی‌گراد و با زمان ماند 24 ساعت و در pH خنثی در نظر گرفته شد. تأثیر افزایش نفت خام به کنسرسیوم باکتریایی در محیط کشت از 4 تا 16 درصد پس از 24 ساعت زمان ماند مورد بررسی قرار گرفت. اثر مجاورت کنسرسیوم باکتریایی و لجن نفتی پس از 5 و 10 روز زمان ماند مورد مقایسه قرار گرفت و همچنین با توجه به تأثیرگذاری بالای دما بر فرایند، تأثیر افزایش دما از 25 تا 35 درجه سانتی‌گراد مورد بررسی قرار گرفت. تأثیر تغییر pH و همچنین میزان مزاحمت یون فسفات در شرایط عملیاتی- زیستی میکروارگانیسم‌ها در حذف الودگی لجن نفتی بررسی شد.

3- بحث و نتایج

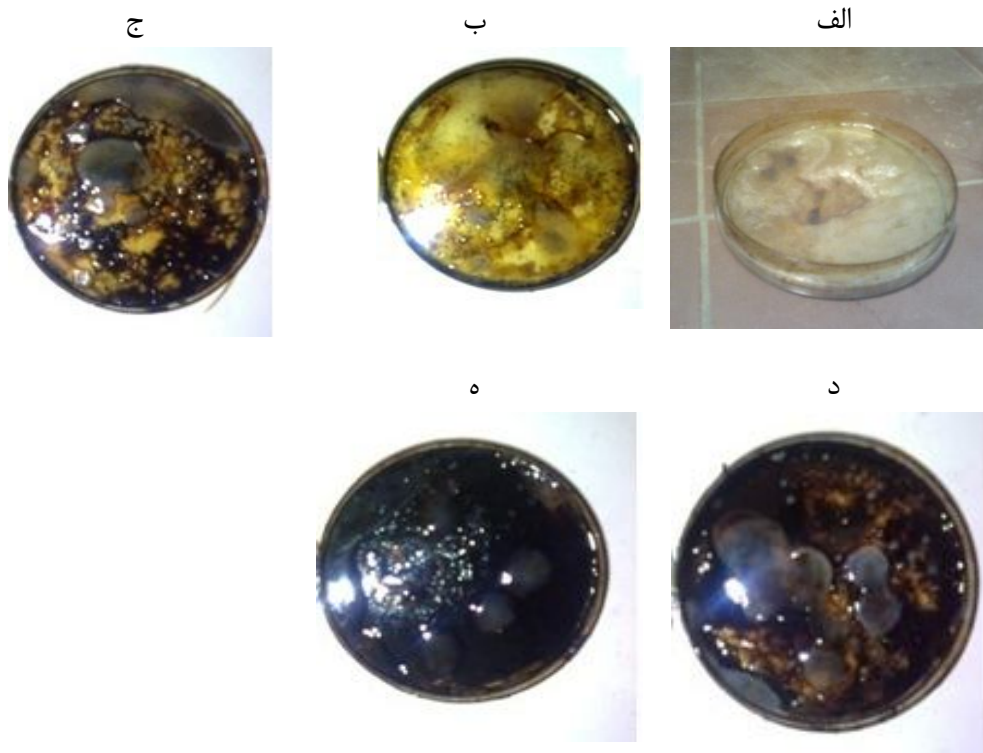
3-1- اثر رطوبت

جهت بررسی تأثیر رطوبت بر رشد میکروارگانیسم‌ها، سه قطره از محلول استاندارد حاوی میکروارگانیسم را روی محیط کشت ریخته و درون دستگاه انکوباتور با دمای 30 درجه سانتیگراد قرار داده شد. از تعدادی پلیت بدون درب و تعدادی با درب بسته در داخل دستگاه استفاده شد. پس از 24 ساعت از پلیت‌ها بازدید بعمل آمد و مشاهده گردید که کلنی‌هایی بر روی محیط کشت‌ها بوجود آمده است. در پلیت‌های با درب باز به نظر می‌رسید پس از اتمام رطوبت، فعالیت میکروارگانیسم‌ها متوقف شده و از بین رفته‌اند اما در پلیت‌های با درب بسته با حفظ رطوبت میکروارگانیسم‌ها همچنان به فعالیت خود ادامه می‌دهند. هر چند این مطلب از

میزان مصرف محیط کشت قابل اثبات بود اما با این وجود برای اطمینان بیشتر از نمونه‌های فوق قسمتی به محیط کشت‌های جدید اضافه شد. در محیط کشت‌های جدید و با شرایط فوق مجدداً بعد از 24 ساعت بازدید بعمل آمد و مشاهده شد که کشت‌هایی که از میکروارگانیسم‌های موجود در پلیت‌های با درب باز و فاقد رطوبت اضافه شده بودند هیچگونه کلونی جدید تشکیل نشده و به هیچ وجه از محیط کشت مصرف نشده بود. اما در محیط کشت‌هایی دارای رطوبت (پلیت‌های با درب بسته) بخوبی ادامه رشد میکروارگانیسم‌ها و همچنین مصرف محیط کشت مشاهده شد. بنابراین با این تست نتیجه گرفته شد که وجود رطوبت برای رشد میکروارگانیسم‌ها ضروری می‌باشد.

3-2- اثر میزان هیدروکربن موجود در رسوب

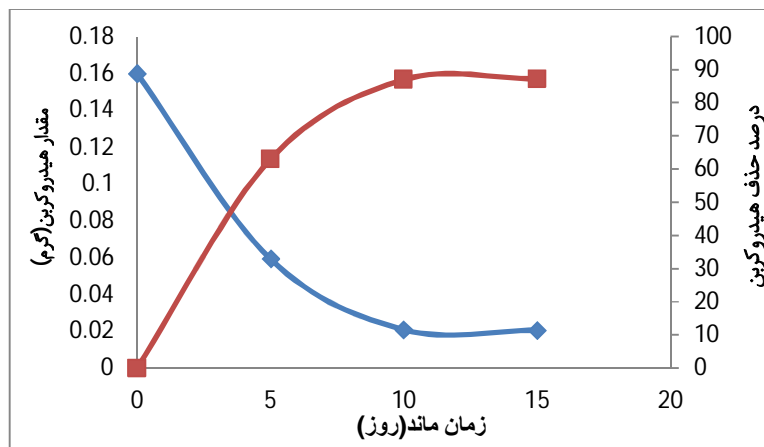
به منظور بررسی تأثیر غلظت‌های مختلف مواد نفتی بر فعالیت میکروارگانیسم‌ها، به محیط کشت کنسرسیوم باکتریایی، به ترتیب 4، 8، 12 و 16 درصد نفت خام اضافه شد (شکل 1). پس از 24 ساعت نمونه‌های مذکور مورد بازدید قرار گرفتند و نتایج نشان داد که افزایش درصد نفت خام به محیط کشت از میزان فعالیت میکروارگانیسم‌ها کاسته است اما این فعالیت متوقف نشده است. این نتیجه را از میزان گستردگی کلونی‌های در محل اضافه شدن محلول استاندارد و همچنین میزان مصرف محیط کشت می‌توان مشاهده کرد به نحوی که با افزایش میزان درصد نفت خام گستردگی کلونی‌ها در سطح کاهش پیدا کرده و میزان مصرف محیط کشت توسط آن‌ها با کاهش همراه بوده است.



شکل 1. نمونه‌های حاوی درصدهای مختلف نفت خام (الف) بدون نفت خام، (ب) 4%، (ج) 8%، (د) 12%، (ه) 16%

3-3- اثر زمان ماند

جهت بررسی تأثیر زمان ماند بر رفتار و میزان تأثیر باکتری‌ها برای حذف مواد، از زمان‌های ماند 5 و 10 روز استفاده شد. نتایج نشان می‌دهد که میکروارگانیسم‌ها توانستند در دمای 30 درجه سانتیگراد و مدت زمان 5 روز میزان هیدروکربن را از مقدار 0/16 گرم اولیه در یک گرم به مقدار نهایی 0/0592 گرم کاهش دهند و در مدت زمان 10 روز این مقدار به 0/0208 گرم رسید که به ترتیب نشان دهنده حذف 63 و 87 درصد هیدروکربن‌های موجود در رسوب توسط میکروارگانیسم‌ها می‌باشد (شکل 2). این نتایج نشان می‌دهد که زمان ماند نقش بسیار مهمی بر کارایی فرآیند داشته و به بهبود عملکرد سیستم کمک می‌کند افزایش زمان ماند موجب می‌شود تا میکروارگانیسم‌ها فرصت بیشتری را جهت تلقیح و عادت کردن به آلاینده‌گی پیدا کرده و بتوانند درصد بیشتری از ترکیبات را تخریب کنند. پس از یک دوره تجزیه سریع، به مرور از سرعت تجزیه کاسته می‌شود که این امر احتمالاً بعثت در دسترس نبودن و غیرقابل تجزیه شدن مخلوط باقی مانده است که میکروارگانیسم‌ها دیگر به راحتی و با سرعت زیاد قادر به تجزیه آن‌ها نیستند [14]. اما اگر زمان ماند از حد مشخصی افزایش یابد به دلیل کاهش هیدروکربن‌ها، میکروارگانیسم‌ها جهت بقای خود فاز تنفس خود تخریبی می‌گردند که سبب کاهش فعالیت آن‌ها می‌شود. جهت اثبات این موضوع بعد از 12 و 15 روز میزان درصد کاهش هیدروکربن اندازه‌گیری شد که تفاوت بسیار ناچیزی با زمان ماند ده روز داشتند، لذا در بقیه مراحل آزمایش به زمان ماند 10 روز اکتفا گردید.



شکل 2 نمودار اثر زمان ماند بر فرایند تجزیه بیولوژیکی

3-4- اثر دما

آزمایشات با دماهای مختلف 25، 30 و 35 درجه سانتیگراد جهت بررسی تأثیر دما انجام شد. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که میکروارگانیسم‌ها در دمای 30 درجه بهترین کارایی را دارند. شاید اصلی‌ترین علت این رفتار این باشد که میکروارگانیسم‌های فوق پس از چند سال فعالیت در واحد تصفیه پساب در دمای 30 درجه (که به شدت تحت کنترل می‌باشد) با این شرایط دمایی کاملاً سازگار شده‌اند و تغییرات بالا و پایین دما بر عملکرد آن‌ها تأثیر منفی دارد. هر چند که انتظار می‌رفت با افزایش دما و انحلال بیشتر رسوبات، باعث

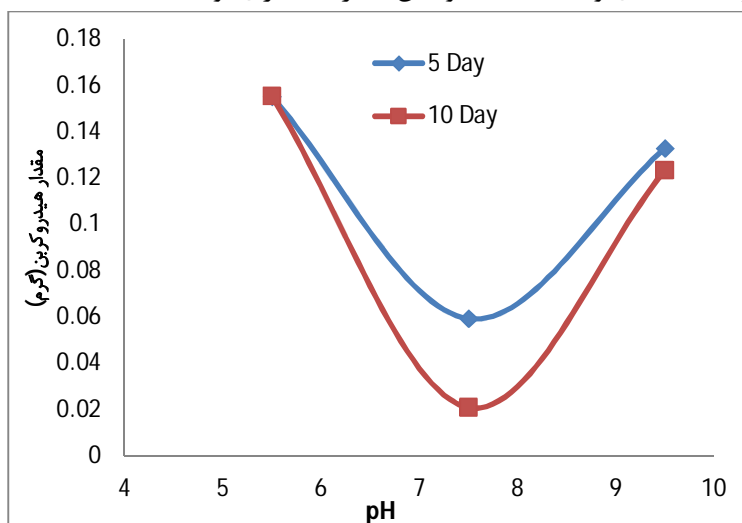
بهبود عملکرد سیستم شود اما عملاً این اتفاق صورت نگرفت. نتایج در جدول گزارش شده است. نکته دیگری که می‌توان به آن اشاره کرد این است که در دماهای غیر 30 درجه سانتیگراد، میزان تأثیر افزایش زمان ماند تفاوت آنچنانی در حذف رسوبات از خود نشان نداده است. در حالی که در دمای 30 درجه سانتیگراد افزایش درصد حذف رسوبات از 63 تا 87 درصد کاملاً محسوس بود.

جدول 1. نتایج اثر دما بر فرایند تجزیه بیولوژیکی

دما (درجه سانتیگراد)	میزان اولیه هیدروکربن (گرم)	زمان ماند 5 روز		زمان ماند 10 روز	
		میزان نهایی هیدروکربن (گرم)	درصد کاهش هیدروکربن	میزان نهایی هیدروکربن (گرم)	درصد کاهش هیدروکربن
25	0/16	0/1211	24	0/1136	29
30	0/16	0/0592	63	0/0208	87
35	0/16	0/0701	56	0/0672	58

3-5- اثر pH

یکی دیگر از پارامترهای مؤثر بر فرایندهای بیولوژیکی pH محیط می‌باشد. به منظور بررسی تأثیر pH بر فرایند حذف، pH محیط را در مقادیر 5/5، 7/5 و 9/5 که محدوده اسیدی، خنثی و بازی هستند تنظیم گردید. جهت تنظیم pH از محلول‌های رقیق اسید سولفوریک و سودسوزآور استفاده شد. همانطور که از شکل 3 مشخص است که در pH نزدیک به خنثی (7/5) میکروارگانیسم‌ها بالاترین مقدار کارایی را دارند. بسیاری از میکروارگانیسم‌های تجزیه کننده مواد نفتی در pH نزدیک خنثی رشد می‌کنند. افزایش و کاهش pH از مقدار خنثی باعث کاهش قابل ملاحظه در میزان تجزیه هیدروکربن‌ها می‌شود و در بعضی از مواقع pH اسیدی باعث توقف تجزیه بیولوژیکی می‌شود [15, 16]. نتایج آزمایش نیز نمایان‌گر از بین رفتن میکروارگانیسم‌ها در pH اسیدی و فعالیت محدود آن‌ها در pH بازی بود.



شکل 3. نمودار اثر pH بر فرایند تجزیه بیولوژیکی در زمان ماند 5 و 10 روز



3-6- اثر یون فسفات

برای انجام آزمایشات این بخش به 10 میلی لیتر محلول استاندارد و یک گرم خاک حاوی 16 درصد نفت خام به ترتیب 1، 2 و 3 گرم نمک فسفات پتاسیم اضافه شد. نتایج نشان داد که افزودن فسفات باعث کاهش عملکرد میکروارگانیسم‌ها می‌شود که یکی از دلایل آن، مصرف آسان فسفات توسط میکروارگانیسم‌ها می‌باشد. نتایج در جدول 2 نشان داده شده است. عموماً میکروارگانیسم‌ها از منابع آسان تر انرژی مورد نیاز خود را تأمین می‌کنند

[17]. یون فسفات از نظر ساختار شیمیایی نسبت به هیدروکربن‌های نفتی بسیار ساده تر می‌باشد لذا به راحتی توسط میکروارگانیسم‌ها مصرف می‌شود و در مقابل هیدروکربن‌های نفتی به دلیل ساختار پیچیده‌ای که دارند سخت تر تجزیه می‌گردند. همچنین با افزایش نمک، یون مثبت سیستم به‌طور تا خواسته افزایش می‌یابد. این یون فلزی توسط اکسیژن محلول در سیستم اکسیده شده و باعث کاهش سطح اکسیژن آن می‌شود که بر روی رشد میکروارگانیسم‌ها تأثیر منفی خواهد داشت.

با وجود یون فسفات در سیستم عملاً زمان ماند تأثیر زیادی بر عملکرد میکروارگانیسم‌ها در حذف مواد هیدروکربنی نفت خام ندارد و با افزایش زمان از 5 به 10 روز تفاوت زیادی در درصد هیدروکربن‌های حذف شده روی نداده است و تفاوت‌های اندک مشاهده شده که می‌تواند به دلیل مصرف یون‌های فسفات و در نتیجه مصرف هیدروکربن‌ها در ادامه فعالیت میکروارگانیسم‌ها باشد هر چند به دلیل تغییر رژیم غذایی این مصرف بسیار کم و ناچیز بوده است.

جدول 2. نتایج اثر یون فسفات بر فرایند تجزیه بیولوژیکی

میزان اولیه هیدروکربن (گرم)	میزان نهایی هیدروکربن (گرم)	زمان ماند 5 روز		زمان ماند 10 روز	
		درصد کاهش هیدروکربن	میزان نهایی هیدروکربن (گرم)	درصد کاهش هیدروکربن	میزان نهایی هیدروکربن (گرم)
1	0/16	49	0/0813	53	0/0752
2	0/16	37	0/1015	38	0/0998
3	0/16	23	0/1232	29	0/1136

نتیجه گیری

ذخیره و نگهداری نفت خام در مخازن پالایشگاه‌ها سبب می‌شود با گذشت زمان، مقدار زیادی لجن متراکم و نسبتاً جامد در کف مخازن تشکیل شده که حاوی مقادیر زیادی فلزات و هیدروکربن‌های نفتی هستند که سبب خوردگی کف این مخازن می‌شوند. این لجن برای محیط‌زیست بسیار خطرناک هستند و باید پیش از تخلیه به محیط‌زیست به‌طور کامل تصفیه شوند. در این مقاله از کنسرسیون باکترهای موجود در واحد پساب پالایشگاه کرمانشاه استفاده شد و پس از کشت و تکثیر در شرایط آزمایشگاهی برای حذف مواد هیدروکربنی موجود در رسوبات و لجن نفت خام بکار گرفته شدند و پارامترهایی مانند زمان ماند، دما، رطوبت و غیره

مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان می‌دهد که این میکروارگانیسم‌ها کارایی بالایی جهت حذف ترکیبات نفتی دارند و عملکرد این میکروارگانیسم‌ها در دمای 30 درجه سانتیگراد و pH برابر 7/5 به بالاترین مقدار خود می‌رسد. در مقایسه با روش‌های مشابه مانند فرایند کمپوست درون محفظه ای که در آن از کنسرسیوم باکتریایی جهت حذف الودگی نفتی خاک‌های اطراف حوزه نفتی استفاده شده است و در طول مدت طولانی 56 روز حدود 59 درصد حذف کلی مواد نفتی را نشان می‌دهد، کارایی سریع روش حاضر در مدت زمان بسیار کوتاهتر 5 روز با صرف هزینه بسیار کمتر و عدم نیاز به ابزار و دستگاه‌های پیشرفته حائز اهمیت است. همچنین نتایج نشان داد که وجود رطوبت برای رشد و تکثیر میکروارگانیسم‌ها الزامی می‌باشد. همچنین نتایج نشان می‌دهد که استفاده از میکروارگانیسم‌های موجود در پساب پالایشگاه جهت تصفیه لجن ته مخازن نفت خام، روشی کارآمد و ارزان بوده و قابلیت حذف هیدروکربن‌ها را تا حد قابل قبولی دارا می‌باشند. هرچند که در مقایسه استفاده از کنسرسیوم باکتریایی با روش‌هایی که در آن‌ها از تعداد محدود 2 یا 3 باکتری شناخته شده استفاده شده مشخص می‌شود که در استفاده از باکتری‌های محدود درصد حذف هیدروکربن‌های موجود خطی بسیار بالاست و به ترتیب درصد حذف از سیکلو الکان‌ها تا الکن‌های شاخه دار و اروماتیک‌های سولفوردار روند کاهشی دارد. با توجه به حجم بالای تولید سالانه لجن نفتی در ایران و استفاده از روش‌های سنتی و دفن این لجن‌ها در خاک مناطق نفتی و همچنین کمبود تحقیقات گسترده و راهکارهای عملی در این خصوص، روش حاضر می‌تواند پس از دست‌یابی به شرایط بهینه در خصوص نمونه‌های موردی لجن نفتی در پالایشگاه‌های مختلف، روشی کارآمد و سریع را در راستای حفظ محیط زیست ارائه نماید.

منابع

- [1] Megharaj M., Ramakrishnan B., Venkateswarlu K., et al. Bioremediation approaches for organic pollutants: a critical perspective. *Environment international*. Vol. 37.2011. pp. 1362-1375.
- [2] Baek K.-H., Yoon B.-d., Kim B.-h., et al. Monitoring of microbial diversity and activity during bioremediation of crude oil-contaminated soil with different treatments. *Journal of Microbiology and Biotechnology*. Vol. 17.2007. pp. 67.
- [3] Gallego J. L. R., García-Martínez M. J., Llamas J. F., et al. Biodegradation of oil tank bottom sludge using microbial consortia. *Biodegradation*. Vol. 18.2007. pp. 269-281.
- [4] Mnif W., Hassine A. I. H., Bouaziz A., et al. Effect of endocrine disruptor pesticides: a review. *International Journal of Environmental Research and public health*. Vol. 8.2011. pp. 2265-2303.
- [5] Naddafi K., Nabizadeh R., Nasser S., et al. Efficiency of in-vessel composting process in removal of petroleum hydrocarbons from bottom sludge of crude oil storage tanks. *Iranian Journal of Health and Environment*. Vol. 8.2015. pp. 263-274.



- [6] Frutos F. G., Pérez R., Escolano O., et al. Remediation trials for hydrocarbon-contaminated sludge from a soil washing process: evaluation of bioremediation technologies. *Journal of hazardous materials*. Vol. 199.2 .012pp. 262-271.
- [7] Godoy-Faúndez A., Antizar-Ladislao B., Reyes-Bozo L., et al. Bioremediation of contaminated mixtures of desert mining soil and sawdust with fuel oil by aerated in-vessel composting in the Atacama Region (Chile). *Journal of Hazardous Materials*. Vol. 151.2008. pp. 649-657.
- [8] Suja F., Rahim F., Taha M. R., et al. Effects of local microbial bioaugmentation and biostimulation on the bioremediation of total petroleum hydrocarbons (TPH) in crude oil contaminated soil based on laboratory and field observations. *International Biodeterioration & Biodegradation*. Vol. 90.2014. pp. 115-122.
- [9] Snape I., Ferguson S. H., Harvey P. M., et al. Investigation of evaporation and biodegradation of fuel spills in Antarctica: II—Extent of natural attenuation at Casey Station. *Chemosphere*. Vol. 63.2006. pp. 89-98.
- [10] Yang L., Chen L., and Li C. Biological cleanup of oil spills on sandy beaches by land farming techniques. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*. Vol. 44.2000. pp.
- [11] شیرینی ج. غ. مولایی د.، مهدی یار ح.،،،، اندازه گیری و بهینه سازی رشد میکروارگانیسم های ذاتی تجزیه کننده هیدروکربن های موجود در خاک های آلوده به لجن نفتی، اولین همایش ملی حفاظت و برنامه ریزی محیط زیست 1391.
- [12] Koolivand A., Naddafi K., Nabizadeh R „et al. Biodegradation of petroleum hydrocarbons of bottom sludge from crude oil storage tanks by in-vessel composting. *Toxicological & Environmental Chemistry*. Vol. 95.2013. pp. 101-109.
- [13] ZEKRI A. Y. and Chaalal O. Effect of temperature on biodegradation of crude oil. *Energy Sources*. Vol. 27.2005. pp. 233-244.
- [14] Leonardi V., Šašek V., Petruccioli M., et al. Bioavailability modification and fungal biodegradation of PAHs in aged industrial soils. *International Biodeterioration & Biodegradation*. Vol. 60.2007. pp. 165-170.
- [15] Alinajafi S and F R., TPH bioremediation by microbial consortium isolated from oil contaminated soil, in 6th International Chemical Engineering Congress & Exhibition, 2009.
- [16] Alinajafi S and Rahimpour F., Bioremediation of oil contaminated refinery wastewater in International Conference On Environment 2008.
- [17] Antizar-Ladislao B., Lopez-Real J., and Beck A. J. Laboratory studies of the remediation of polycyclic aromatic hydrocarbon contaminated soil by in-vessel composting. *Waste Management*. Vol. 25.2005. pp. 281-289.