

روند تغییر دما، pH و مواد مغذی در فرایند کمپوست درون محفظه‌ای لجن‌های نفتی

پیش تصفیه شده با پراکسید هیدروژن و فنتون

* دکتر علی کولیوند (PhD)^۱ - دکتر کاظم ندافی (PhD)^۲ - دکتر رامین نبی‌زاده (PhD)^۳ - دکتر احمدرضا یاری (PhD)^۴

^۱ نویسنده مسئول: گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اراک، اراک، ایران

پست الکترونیک: akulivand@yahoo.com

تاریخ دریافت مقاله: ۹۴/۰۱/۱۹ تاریخ ارسال: ۹۴/۰۳/۲۱ تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۴/۲۱

چکیده

مقدمه: کارکرد فرایند کمپوست به‌عنوان یکی از روش‌های موثر تصفیه لجن‌های نفتی به عواملی همچون مواد مغذی، دما و pH بستگی دارد.

هدف: بررسی روند تغییرات دما، pH، کربن، نیتروژن و فسفر در فرایند کمپوست درون محفظه‌ای لجن‌های نفتی پیش تصفیه شده با پراکسید هیدروژن و فنتون

مواد و روش‌ها: در این مطالعه تجربی، نخست لجن مخازن ذخیره نفت خام با پراکسید هیدروژن و فنتون پیش تصفیه شد. سپس، با پسماند تحت کمپوست به نسبت‌های ۱ به ۱ و ۱۰ به ۱ مخلوط و با C/N/P اولیه ۱۰۰/۵/۱ به مدت ۱۰ هفته کمپوست شد. در مدت فرایند، دره‌می و تنظیم رطوبت توده‌ها ۳ بار در روز انجام شد. نمونه‌برداری و آنالیز نمونه‌های کربن آلی، نیتروژن و فسفر به صورت هفتگی، pH یک‌روز در میان و دما روزانه انجام شد.

نتایج: کاهش مقادیر کربن آلی، نیتروژن و فسفر در هفته‌های نخست فرایند زیاد و به مرور کمتر شد. افزون بر آن، افزایش نسبت‌های C/P و C/N نشان‌دهنده آن بود که میزان مصرف نیتروژن و فسفر بیش از مصرف کربن آلی است. دما و pH در طول دوره کمپوست تغییر چشمگیری نداشت.

نتیجه‌گیری: الگوی مشابه کاهش غلظت کربن آلی، نیتروژن و فسفر در راکتورهای کمپوست نشان‌دهنده کاهش فعالیت بیولوژی دخیل در تجزیه و مصرف هیدروکربن‌های نفتی در هفته‌های انتهایی فرایند است.

کلید واژه‌ها: آب اکسیژنه / خاک / دما / فنتون

مجله دانشگاه علوم پزشکی گیلان، دوره بیست و چهارم شماره ۹۶، صفحات: ۹۷-۱۰۶

مقدمه

سختگیرانه امروزی لازم است تا این لجن با فرایندهای کارآمدی همچون کمپوست و اکسیداسیون شیمیایی تصفیه شود (۸ و ۷).

فرایند کمپوست از روش‌های اصلاح زیستی است که در آن مواد آلی در شرایط کنترل شده توسط میکروارگانیسم‌ها تجزیه شده و منجر به تولید مواد تثبیت شده و نسبتاً بی‌اثری می‌شود که برای محیط زیست خطرناک نیستند (۹-۱۲). هزینه پایین سرمایه‌گذاری و راهبری، طراحی و بهره‌برداری آسان و حذف رضایت بخش آلودگی‌های نفتی از برتری‌های فرایند کمپوست است (۱۲ و ۱۳). مطالعات مختلف نشان داده فرایند کمپوست در حذف و تجزیه بیولوژی مواد و ترکیبات خطرناکی همچون PAHs، کلروفنل، PCBs، مواد منفجره و

انباشت و نگهداری نفت خام در مخازن پالایشگاه‌ها سبب می‌شود به مرور زمان، مقدار زیادی لجن متراکم و کم و بیش جامد در کف آنها تشکیل شود. این لجن نفتی ترکیبی چسبنده دربردارنده فلز و مقادیر زیادی هیدروکربن‌های نفتی است (۲ و ۱). هیدروکربن‌های این نوع لجن شامل طیف گسترده‌ای با ویژگی‌های گوناگون از ترکیب‌های آلی فرار (VOCs) تا برخی ترکیب‌های نسبتاً مقاوم در برابر تجزیه بیولوژی همچون PAHs است (۳ و ۴). تخلیه و دفع عملی یا سهوی این نوع لجن‌های نفتی به زمین خطر بزرگی برای محیط زیست و سلامت انسان‌ها بوجود می‌آورد. بنابراین، می‌بایست به روش‌های مختلف اقدام به تصفیه این آلاینده خطرناک شود (۵ و ۶). در حال حاضر برای دستیابی به استانداردهای

۱. گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اراک، اراک، ایران

۲. گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

۳. مرکز تحقیقات آلاینده‌های محیطی، دانشگاه علوم پزشکی قم، قم، ایران

و فسفر مقدار زیادی از باکتری‌ها از بین می‌روند. افزون بر آن، در کمپوست‌هایی که نسبت بالای C/N دارند، سمی بودن ناشی از اسیدهای آلی ایجاد می‌شود و اگر نسبت C/N پائین باشد، سمیت ناشی از آمونیاک اتفاق می‌افتد. مدت لازم برای تصفیه لجن‌های نفتی بسته به میزان نسبت C/N/P متغیر است (۲۵ و ۲۶). در مراجع مختلف نسبت‌های C/N/P متفاوتی ارائه شده‌است، اما بیشتر آنها این نسبت را برابر ۱۰۰/۵/۱ گزارش کرده‌اند (۲۶ و ۲۷).

در ایران به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین کشورهای نفت‌خیز دنیا، سالیانه مقادیر زیادی از این نوع لجن‌های نفتی تولید می‌شود. معمولاً در پالایشگاه‌های کشور این لجن پس از دوره‌ای چند ساله، به روش سنتی جدا و در خاک دفع می‌شود که این امر آلودگی محیط زیست را بدنبال دارد. بنابراین، با توجه به اهمیت جستار و کمبود مطالعات مرتبط در این خصوص، پژوهشی با هدف بررسی روند تغییر کربن، نیتروژن، فسفر و دما در فرایند آمیزه‌ای کمپوست درون محفظه‌ای و اکسیداسیون شیمیایی لجن‌های کف مخازن ذخیره نفت خام انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه تجربی، لجن‌های کف مخازن ذخیره نفت خام از پالایشگاه نفت شهید تندگویان تهران و پسماند تحت کمپوست مورد نیاز نیز از کارخانه کمپوست تهران تهیه شدند. نمونه‌های جمع‌آوری شده از پالایشگاه و کارخانه کمپوست پس از انتقال به آزمایشگاه، خرد و الک شدند تا اندازه ذره‌های آن برای فرایند مناسب باشد. پس از آن لجن با غلظت بهینه ۱۵ درصد وزنی از پراکسید هیدروژن و فتون به مدت ۲۴ ساعت زمان واکنش، پیش تصفیه شد. از آنجایی که نمونه لجن‌های مورد استفاده رطوبت بسیار پایینی (در حدود ۶ درصد) داشتند، برای افزایش راندمان اکسیداسیون مقداری آب مقطر اضافه شد. روش افزودن پراکسید هیدروژن و فتون به لجن به صورت مرحله‌ای و در چهار نوبت در مدت ۸ ساعت (زمان‌های صفر، ۲، ۴ و ۸) بود. نسبت پراکسید هیدروژن به آهن جهت آماده‌سازی واکنش‌گر فتون ۱۰ به ۱ تنظیم شد که برای حذف و تجزیه هیدروکربن‌های

هیدروکربن‌های نفتی موثر است (۱۶-۱۴). کمپوست درون محفظه‌ای یکی از روش‌هایی است که در آن فرایند در درون یک مخزن انجام می‌شود. امکان تنظیم بهینه شرایط کمپوست (دما، اکسیژن، رطوبت، مواد مغذی، نسبت اختلاط و pH)، زمان واکنش کوتاه‌تر، هزینه کمتر، کنترل بو و امکان جابجایی و کاربرد در محل از مهم‌ترین برتری‌های این روش است (۱۷ و ۱۸). در پژوهش‌های انجام شده در شرایط کنترل شده آزمایشگاهی و تجربی دیده شده که به مرور سرعت تجزیه بیولوژی اجزای نفت خام کم می‌شود که به‌علت در دسترس نبودن و تجزیه نشدن مخلوط باقیمانده است. در این مرحله میگرورگانسیم‌ها دیگر براحتی و با سرعت مناسب قادر به تجزیه هیدروکربن‌های نفتی نیستند و بنابراین، هیدروکربن‌های نفتی به تجزیه بیولوژیکی مقاوم می‌شوند که از محدودیت‌های روش‌های بیولوژی است (۲۱-۱۹). برای چیرگی بر این محدودیت‌های روش‌های بیولوژیکی می‌توان از روش‌های اکسیداسیون شیمیایی به‌عنوان پیش تصفیه استفاده کرد. یکی از مهم‌ترین این فرایندهای شیمیایی استفاده از پراکسید هیدروژن و فتون است که در آن رادیکال هیدروکسیل تولیدی باعث اکسیداسیون بسیاری از هیدروکربن‌های نفتی می‌شود (۲۴-۲۲).

برای رسیدن به یک فرایند دلخواه میکروبیولوژی در فرایند کمپوست، مواد مغذی در غلظت‌ها و نسبت‌های مناسب باید در اختیار میگرورگانسیم‌ها قرار گیرد. کربن، نیتروژن و فسفر مهم‌ترین عناصر مغذی در رشد میگرورگانسیم‌ها هستند. بنابراین، برای برانگیختن بیشتر فعالیت میکرورگانسیم‌ها و افزایش رشد آنها می‌توان مقداری مکمل غذایی به‌عنوان تأمین‌کننده نیاز پروتئینی (نیتروژن و فسفر) و کربن به مواد اولیه افزود. میکرورگانسیم‌های دخیل در کمپوست، برای تأمین انرژی و مواد لازم برای ساخت سلول‌های جدید به کربن، نیتروژن و فسفر نیاز دارند. (۲۵). بنابراین، نسبت C/N/P (کربن به نیتروژن به فسفر) یکی از مهم‌ترین متغیرهای مؤثر در فرایند کمپوست لجن‌های نفتی است که کاهش یا افزایش آن سبب کاهش بازده فرایند می‌شود. با ازدیاد کربن تجزیه مواد آلی کاهش می‌یابد و نیتروژن و فسفر بیش از حد معمول مصرف می‌شود و در نتیجه کمبود نیتروژن

راکتورهای بیولوژیکی کمپوست هم به صورت روزانه اندازه‌گیری و ثبت شد. جهت تجزیه و تحلیل داده‌های تحقیق از نرم‌افزارهای SPSS-16 و Excel استفاده شد.

نتایج

در جدول ۱ ویژگی‌های پسماند تحت کمپوست و نمونه لجن نشان داده شده‌است.

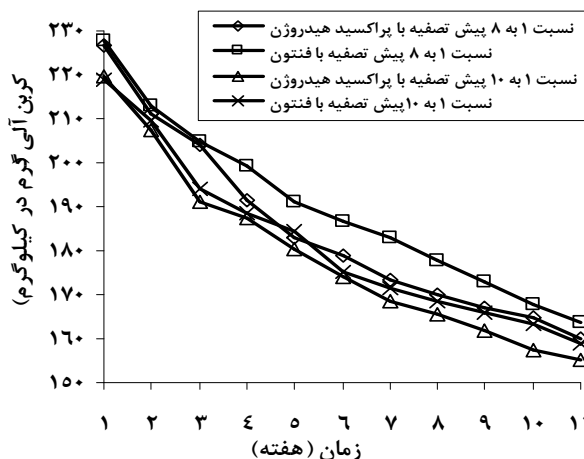
جدول ۱. خصوصیات فیزیکی-شیمیایی نمونه پسماند تحت کمپوست و

| لجن نفتی | | متغیر |
|----------|-------------------|-----------------|
| لجن | پسماند تحت کمپوست | |
| ۳۷۴/۱۷ | ۲۸۷/۵۶ | کربن آلی (g/kg) |
| ۱/۵۰ | ۱/۸۰ | نیتروژن (g/kg) |
| ۱/۱۳ | ۲/۳۷ | فسفر (g/kg) |
| ۶/۱۰ | ۴۵/۰۰ | میزان رطوبت (%) |
| ۶/۸۹ | ۷/۴۱ | pH |
| ۱۰۴/۳۰۰ | ۱/۱۲۹ | (g/kg) TPH |

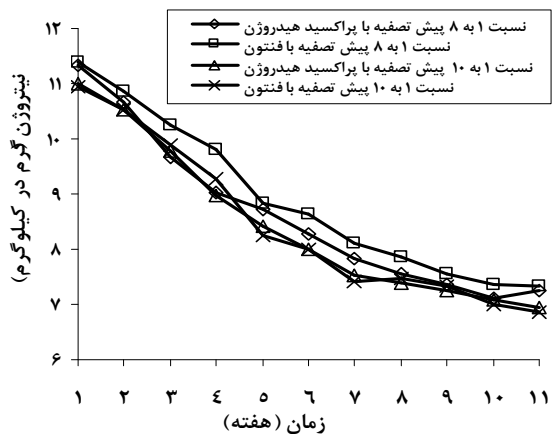
در شکل‌های ۱ تا ۳ روند تغییر کربن آلی، نیتروژن و فسفر نشان داده شده‌است. الگوی تغییر هر سه متغیر مشابه بوده و اختلاف معنی‌داری ندارد ($Pvalue > 0/05$).

نفتی نسبت بهینه است (۲۸). منبع آهن، ماده شیمیایی سولفات فرو ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) بود. پس از پیش تصفیه با حالت بهینه اکسیداسیون، لجن با نسبت‌های اختلاط ۱به۸ و ۱به۱۰ با پسماند تحت کمپوست آمیخته شد. میزان C/N/P در هر یک از نسبت‌ها با استفاده از NH_4Cl (برای تنظیم نیتروژن) و KH_2PO_4 (برای تنظیم فسفر) برابر با ۱۰۰/۵/۱ تنظیم شد. میزان رطوبت توده مواد مورد واکنش در حدود ۵۵ درصد تنظیم و در مدت واکنش نیز به‌طور مداوم اندازه‌گیری شد و میزان آن در صورت کاهش با افزودن آب (۳ بار در روز) تنظیم می‌شد. برای تامین اکسیژن و ایجاد شرایط هوازی، توسط یک پمپ هوا از پایین به درون توده دمیده شد. برای پیشگیری از لایه لایه و سخت شدن توده مورد کمپوست و همچنین یکنواخت کردن آن، عملیات درهمی و همزدن توده بطور مداوم به صورت دستی (۳ بار در روز) انجام شد. این شرایط در راکتورهای بیولوژیکی کمپوست (شکل ۱) به مدت ۸۲ روز برقرار شد تا مخلوط لجن و پسماند تحت کمپوست در معرض فعالیت میکروبی قرار گیرد.

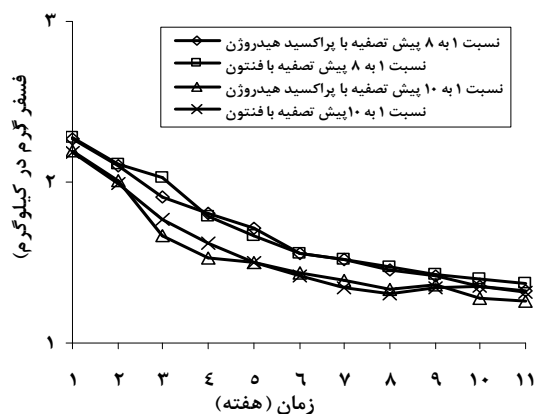
نمونه‌برداری و آنالیز نمونه‌های نیتروژن، فسفر و کربن آلی هفته‌ای یک بار به ترتیب با روش‌های کجلدال (۲۹)، رنگ‌سنجی (۲۹) و سوزاندن نمونه‌ها (۳۰) انجام شد. دمای



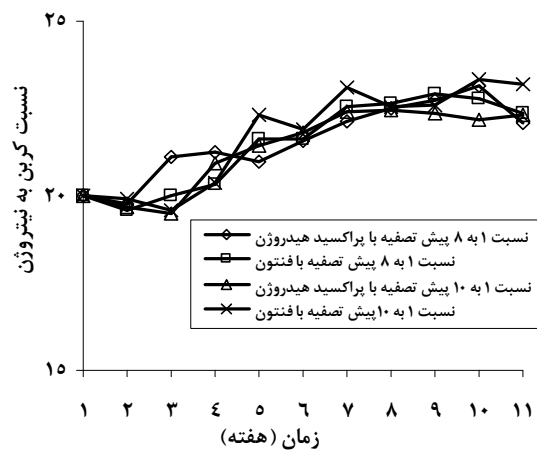
شکل ۱. روند تغییرات کربن آلی در راکتورهای کمپوست



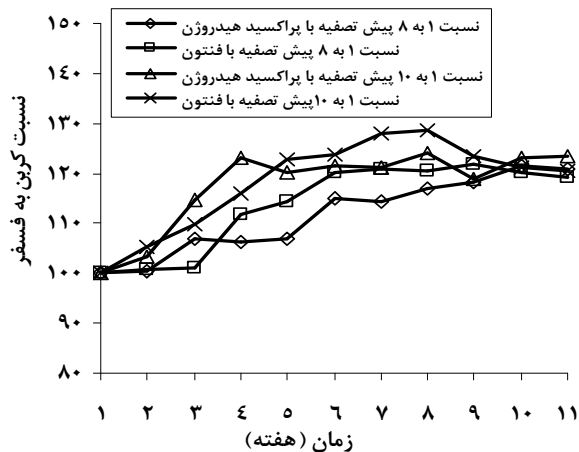
شکل ۲. روند تغییرات نیتروژن در راکتورهای کمپوست



در شکل‌های ۴ و ۵ روند تغییر کربن به نیتروژن و کربن به فسفر نشان داده شده‌است. همان‌طور که دیده می‌شود هر دو نسبت در مدت فرایند کمپوست روند افزایشی داشته‌اند.

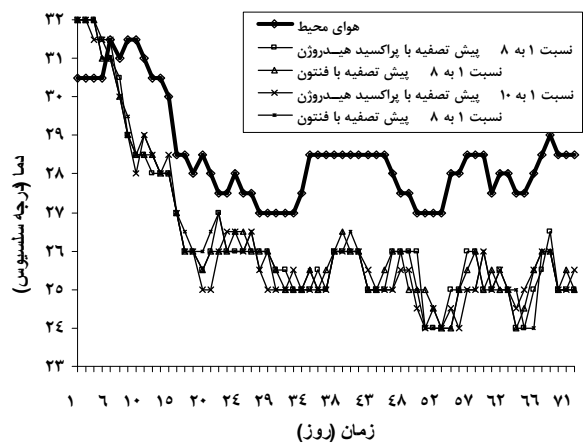


شکل ۴. روند تغییرات نسبت کربن به نیتروژن در راکتورهای کمپوست

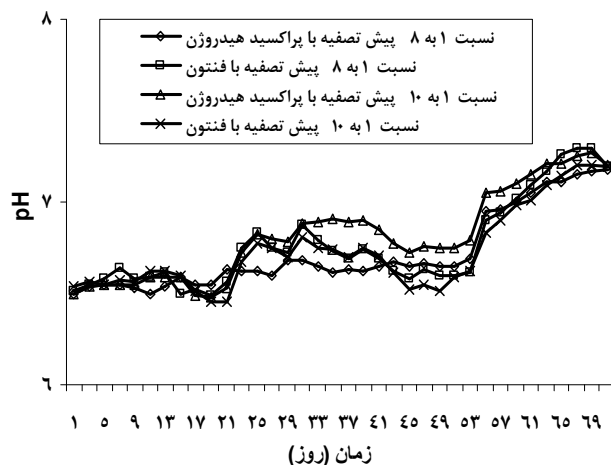


شکل ۵. روند تغییرات نسبت کربن به فسفر در راکتورهای کمپوست

در شکل ۶ تغییر دمایی هوای محیط و همچنین راکتورهای کمپوست و در شکل ۷ تغییر pH نشان داده شده است.



شکل ۶. روند تغییرات دما در راکتورهای کمپوست



شکل ۷. روند تغییرات pH در راکتورهای کمپوست

بحث و نتیجه‌گیری

تجزیه و تثبیت هیدروکربن‌های نفتی بخوبی انجام شود، باید نسبت کربن، نیتروژن و فسفر متناسب باشد. در غیر این صورت، در اثر ازدیاد کربن تجزیه مواد آلی کاهش می‌یابد و در نتیجه کمبود نیتروژن و فسفر هم مقدار زیادی از باکتری‌ها از بین می‌روند (۲۷). Chaillan و همکاران در سال ۲۰۰۶ برای بررسی اثر مواد مغذی به این نتیجه رسیدند که افزایش این نسبت از ۱۰۰/۵/۱ به ۱۰۰/۱۰/۱ ارتباط مستقیمی با شدت فعالیت بیولوژی ندارد (۳۲). Rebeka و همکاران نیز در سال ۲۰۰۲ با بررسی تجزیه بیولوژیکی هیدروکربن‌ها در شرایط بی‌هوازی در محیط مشابه آب دریا و با استفاده از نسبت‌های مختلف به این نتیجه رسیدند که افزودن نیترات و فسفات در نسبت‌های بالاتر از ۱۰۰/۵/۱ تأثیری بر سرعت معدنی‌شدن هیدروکربن‌های نفتی ندارد (۳۳). بنابراین، پس از اختلاط لجن با کمپوست نسبت C/N/P ۱۰۰/۵/۱ تنظیم شد. روند تغییرات نیتروژن و فسفر در راکتورهای کمپوست به شکلی بود که غلظت آنها با گذشت زمان کاهش داشت. الگو و میزان این کاهش در همه راکتورها کم و بیش به یک شکل و مشابه روند کاهش کربن آلی است. در اینجا نیز همچون کربن آلی، سرعت کاهش و مصرف نیتروژن و فسفر در هفته‌های انتهایی کمتر از هفته‌های ابتدایی فرایند است که نشان‌دهنده کاهش فعالیت بیولوژیکی دخیل در تجزیه و مصرف هیدروکربن‌های نفتی است. با وجود مصرف و کاهش کربن آلی موجود، افزایش نسبت‌های C/N و C/P در فرایند کمپوست (شکل‌های ۵ و ۶) نشان از آن داشت که میزان مصرف نیتروژن و فسفر بیش از مصرف کربن آلی است. نسبت C/N در راکتورهای کمپوست از مقدار اولیه ۱ به ۲۰ تا ۲۴ به ۱ نیز افزایش داشت. در مورد افزایش نسبت C/P نیز همین شرایط حاکم بود، به طوری که بیشینه مقدار آن به ۱۲۴ به ۱ هم رسید. افزایش نسبت N/P نیز نشان داد که میزان مصرف و کاهش فسفر تا حدودی بیش از نیتروژن است.

همان‌طور که در شکل ۶ دیده می‌شود، دمای راکتورها در روزهای ابتدایی فرایند بالاتر از دمای محیط بود و با گذشت زمان به مرور دمای راکتورها به دمای محیط نزدیک شده و از روز ششم به بعد کمتر از آن شد. با پیشرفت زمان این اختلاف بیشتر شده و در روزهای انتهایی فرایند این اختلاف

میزان کربن آلی نمونه‌های پسماند تحت کمپوست ۲۸۷/۵۶ (جدول ۱) گرم در کیلوگرم بود که به نظر می‌رسد مقدار آن کم باشد. علت این بود که پسماند وارد شده به کارخانه کمپوست تهران، عمدتاً به شکل پسماند مخلوط بوده و همراه با پسماندهای غذایی، مقادیر زیادی از انواع مواد فسادناپذیر نیز وارد می‌شود. عملیات جداسازی این مواد نیز به صورت کامل باعث جداسازی آنها نمی‌شود و بنابراین همراه با پسماندهای غذایی، اجزای دیگری همچون شیشه، پلاستیک، فلزات به فرایند کمپوست مربوطه (از نوع ویندرو) وارد می‌شوند. علت دیگر پایین بودن میزان کربن آلی این بود که نمونه‌های مورد نظر از هفته سوم فرایند کمپوست انتخاب و برداشت شده بودند. بنابراین، در مدت این ۳ هفته بخشی از کربن آلی موجود توسط میکروارگانیسم‌ها مصرف و تجزیه شده بود. نتایج نشان داد که مقدار کربن آلی با گذشت زمان کاهش دارد و در هفته‌های ابتدایی فرایند زیاد و به مرور کمتر می‌شود (شکل ۱). علت آن بود که بخشی از کربن آلی سنجش شده در حقیقت مخلوطی از کربن آلی پسماند تحت کمپوست و کربن آلی لجن نفتی بود. به دلیل این که بخشی از هیدروکربن‌های نفتی از نوع تجزیه نشدنی بیولوژی بودند به مرور از سرعت تجزیه آنها کاسته شد. حضور کربن آلی آسان مصرف، در تجزیه و مصرف هیدروکربن‌های نفتی توسط میکروارگانیسم‌ها بسیار موثر است. مواد آسان هضم باعث تکثیر نخست میکروارگانیسم‌ها برای تازش به هیدروکربن‌های نفتی می‌شود و دی‌اکسیدکربن حاصل از اکسیداسیون این ترکیبات ممکن است تأثیر مفیدی در آغاز تکاپوی باکتری‌های اکسیدکننده هیدروکربن‌های نفتی داشته باشد. بنابراین، افزودن مقداری مواد آلی با کربن آلی آسان مصرف در محیط کشت، مصرف هیدروکربن‌های نفتی توسط باکتری‌ها را تندتر می‌کند (۳۱).

نتایج سنجش‌ها نشان داد نسبت‌های C/N و C/P در پسماند تحت کمپوست مورد استفاده به ترتیب ۱۵۹/۷۶ و ۱۹۱/۷۱ بود که نشان از نامناسب بودن نسبت‌های مربوطه دارد. علت آن هم این بود که در کارخانه کمپوست تهران، عملیات تنظیم نسبت‌های C/N و C/P انجام نمی‌شد. برای این که عمل

نوع و پندرو دمای توده‌ها افزایش یابد. این افزایش دما از یکسو باعث افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها شده و از سوی دیگر دسترسی بیولوژیکی هیدروکربن‌های نفتی را افزایش می‌دهد.

با توجه به شکل ۷ دیده می‌شود که pH توده کمپوست در ابتدای فرایند بیولوژیکی در هر ۴ راکتور در حدود ۶/۵ قرار داشت. با گذشت زمان به مرور pH افزایش یافت و در انتهای فرایند به حدود ۷/۲ رسید. بنابراین، دیده می‌شود که مقادیر pH در محدوده نزدیک خنثی قرار دارد و تغییر چشمگیری ندارد. pH نزدیک به خنثی برای فعالیت بهینه میکروارگانیسم‌ها در پالایش زیستی هیدروکربن‌های نفتی مناسب است. بیشتر باکتری‌ها و قارچ‌های هتروتروف تجزیه‌کننده مواد نفتی در pH نزدیک خنثی رشد می‌کنند. بنابراین، تجزیه مواد نفتی در pH نزدیک خنثی بخوبی صورت می‌گیرد.

پیشنهاد می‌شود پایش ریزبینانه سیستم بیولوژی موجود در فرایند کمپوست درون‌محفظه‌ای و بررسی تاثیر سایر عوامل موثر بر فرایند در مطالعات دیگر مورد توجه قرار گیرد.

تشکر و قدردانی: این مقاله حاصل بخشی از پایان‌نامه با عنوان "بررسی کارایی فرایند تلفیقی کمپوست درون‌محفظه‌ای و اکسیداسیون شیمیایی با پراکسید هیدروژن و فنتون در حذف کل هیدروکربن‌های نفتی از لجن‌های کف مخازن ذخیره نفت خام" در مقطع دکتری تخصصی (PhD) است که با پشتیبانی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی تهران اجرا شد. بدین وسیله از همه کارکنان گروه مهندسی بهداشت محیط دانشکده بهداشت و انستیتو تحقیقات بهداشتی، کمال سپاسگذاری و سپاسداری بعمل می‌آید.

نویسندگان اعلام می‌دارند هیچ‌گونه تضاد منافی ندارند.

دما به حدود ۳ درجه سلسیوس هم رسید. در مدت عملیات تثبیت لجن، با مصرف مواد آلی، انرژی مورد نیاز سوخت و ساز و سنتز سلولی فراهم می‌شود که این کار با تولید انرژی و گرما همراه است. با گذشت زمان و کاهش درصد مواد آلی در دسترس میکروارگانیسم‌ها از میزان رشد و تکثیر آنها کاسته شده و دما نیز کاهش می‌یابد. در این مطالعه به علت حجم کوچک راکتورهای کمپوست، انجام هوادهی و مرطوب بودن مخلوط، دمای راکتورها تا حد زیادی متاثر از دمای محیط (که در محدوده مزوفیلی قرار داشت) بوده است. دما با اثر بر طبیعت فیزیکی و ترکیب شیمیایی نفت و سرعت کاتابولیسم هیدروکربن‌ها، بر میزان پالایش زیستی آلودگی‌های نفتی تاثیر می‌گذارد. با افزایش دما و در محدوده ۳۰ تا ۴۰ درجه سلسیوس، متابولیسم هیدروکربن‌ها افزایش یافته و باکتری‌ها و میکروارگانیسم‌های بسیاری در این محدوده توان رشد و تجزیه بیولوژیک هیدروکربن‌ها دارند. از سویی افزایش درجه حرارت شرایط را برای رشد میکروارگانیسم‌های ترموفیلی فراهم کرده و سبب افزایش روند مصرف مواد آلی نیز خواهد شد. اما در دماهای بسیار بالا نیز به دلیل آثار سمی هیدروکربن‌ها بر غشای میکروارگانیسم‌ها، تجزیه آلودگی نفتی کاهش می‌یابد (۳۴). از سوی دیگر برخی پژوهشگران گزارش کرده‌اند که حذف هیدروکربن‌های نفتی در دما ۲۰-۱۰ درجه سلسیوس نیز بخوبی انجام می‌شود. با وجود این حذف بیولوژیکی آلودگی‌های نفتی در دما کمتر از ۸ درجه سلسیوس محدود می‌شود، زیرا در دمای پایین فعالیت کاتالیستی آنزیم‌های تجزیه‌کننده مواد نفتی تا حد زیادی کاهش می‌یابد (۲۵ و ۳۵). میانگین دمای راکتورهای بیولوژیکی کمپوست در این مطالعه به تریبی بود که در محدوده مناسبی قرار داشت. انتظار بر این است که در شرایط مقیاس کامل و کمپوست از

منابع

1. Baek KH, Yoon BD, Kim BH, Cho DH, Lee IS, Oh HM, Kim HS. Monitoring of microbial diversity and activity during bioremediation of crude oil-contaminated soil with different treatments. *Journal of Microbiology and Biotechnology* 2007; 17: 67-73.
2. Gallego JL, Garcia-Martinez MJ, Llamas JF, Belloch C, Pelaez AI, Sanchez J. Biodegradation of oil

- tank bottom sludge using microbial Consortia. *Biodegradation* 2007; 18: 269-281.
3. Kriipalu M, Nammari D. Monitoring of biopile composting of oily sludge. *Waste Management and Research* 2010; 28: 395-403.
4. Xu Y, Lu M, He F, Li Y. Removal of bioremediation residues by vegetable oil extraction and slurry phase

- biotreatment. *Petroleum Science and Technology* 2011; 29: 684-694.
5. Rodrigo J, Boltos K, Esteve-Nuñez A. Microbial-electrochemical bioremediation and detoxification of dibenzothiophene-polluted soil. *Chemosphere* 2014; 101: 61-5.
 6. Zhang X, Liu X, Wang Q, Chen X, Li H, Wei J, Xu G. Diesel degradation potential of endophytic bacteria isolated from *Scirpus triquetus*. *International Biodeterioration & Biodegradation* 2014; 87: 99-105.
 7. Nadaffi K, Nabizadeh R, Jonidi Jafari A, Yaghmaeian K, Koolivand A. Efficiency of chemical oxidation of composted sludge of crude oil using hydrogen peroxide and Fenton. *Arak Medical University Journal* 2014; 16(81): 75-86. [Text in Persian]
 8. Koolivand A, Nadaffi K, Nabizadeh R, Nasser S, Jonidi Jafari A, Yunesian M, Yaghmaeian K, Nazmara Sh. Biodegradation of petroleum hydrocarbons of bottom sludge from crude oil storage tanks using in-vessel composting. *Toxicological & Environmental Chemistry* 2013; 95 (1):101-9.
 9. Silva-Castro GA, Rodelas B, Perucha C, Laguna J, González-López J, Calvo C. Bioremediation of diesel-polluted soil using biostimulation as post-treatment after oxidation with Fenton-like reagents: Assays in a pilot plant. *Science of the Total Environment* 2013; 445-446: 347-55.
 10. Suja F, Rahim F, Taha MR, Hambali N, Razali MR, Khalid A, Hamzah A. 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* 2014; 90: 115-22.
 11. Farrokhi M, Naimi-joubani M, Arjmand M, Hatami M, Tadaioni H. The Efficiency of Microbial Populations of Activated Sludge for Heavy Metals Removal from Compost Leachate. *Journal of Guilan University of Medical Sciences* 2014; 22(88): 18-25. [Text in Persian]
 12. Lu M, Zhang Z, Qiao W, Wei X, Guan Y, Ma Q, Guan Y. Remediation of petroleum-contaminated soil after composting by sequential treatment with Fenton-like oxidation and biodegradation. *Bioresource Technology* 2010; 101: 2106-13.
 13. Feng L, Zhang L, Feng L. Dissipation of polycyclic aromatic hydrocarbons in soil amended with sewage sludge compost. *International Biodeterioration & Biodegradation* 2014; DOI: 10.1016/j.ibiod.
 14. Antizar-Ladislao B, Lopez-Real JM, Beck AJ. Degradation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in an aged coal-tar contaminated soil under in-vessel composting conditions. *Environmental Pollution* 2006; 141: 459-68.
 15. Tateda M, Duc TL, Viet HN, Ike M, Fujita M. Comprehensive temperature monitoring in an in-vessel forced-aeration static-bed composting process. *Journal of Material Cycles and Waste Management* 2008; 10: 79-86.
 16. Kriipsalu M, Marques M, Nammari DR, Hogland W. Bio-treatment of oily sludge: The contribution of amendment material to the content of target contaminants, and the biodegradation dynamics. *Journal of Hazardous Materials* 2007; 148: 616-22.
 17. Agnew JM, Leonard JJ, Feddes J, Feng Y. A modified air pycnometer for compost volume and density determination. *Canadian Biosystems Engineering* 2003; 45: 27-35.
 18. Koolivand A, Nadaffi K, Nabizadeh R, Nasser S, Jonidi Jafari A, Yunesian M, Yaghmaeian K. Degradation of petroleum hydrocarbons from bottom sludge of crude oil storage tanks using in-vessel composting followed by oxidation with hydrogen peroxide and Fenton. *Journal of Material Cycles and Waste Management* 2013; 15: 321-7.
 19. Liu PWG, Chang TC, Chen CH, Wang MZ, Hsu HW. Effects of soil organic matter and bacterial community shift on bioremediation of diesel-contaminated soil. *International Biodeterioration & Biodegradation* 2013; 85: 661-70.
 20. Yanto DHY, Tachibana S. Biodegradation of petroleum hydrocarbons by a newly isolated *Pestalotiopsis* sp. NG007. *International Biodeterioration & Biodegradation* 2013; 85: 438-50.
 21. Szulc AI, Ambrozewicz D, qawniczak Q, Piotrowska-Cyplik A, Marecik R, Chrzanowski Q. The influence of bioaugmentation and biosurfactant addition on bioremediation efficiency of diesel-oil contaminated soil: Feasibility during field studies. *Journal of Environmental Management* 2014; 132: 121-8.
 22. Tsai TT, Kao CM. Treatment of petroleum-hydrocarbon contaminated soils using hydrogen peroxide oxidation catalyzed by waste basic oxygen furnace slag. *Journal of Hazardous Materials* 2009; 170: 466-72.
 23. Koolivand A, Nadaffi K, Nabizadeh R. , Jafari A. J. , Nasser S. , Yunesian M. , Yaghmaeian K. , Alimohammadi M Application of Hydrogen Peroxide and Fenton as Pre- and Post-treatment Steps for Composting of Bottom Sludge from Crude Oil Storage Tanks. *Petroleum Science and Technology* 2014; 32:1562-8.
 24. Farokhi M, Mesdagh Nia AR. Study the Kinetics of Activated Sludge in Integrated System (Fenton Oxidation/Activated Sludge) for Removal of 2,4,6 Trichlorophenol. *Journal of Guilan University of Medical Sciences* 2005; 14(53): 24-30. [Text in Persian]
 25. Coulon F, Pelletier E, Gourhant L, Delille D. Effects of nutrient and temperature on degradation of petroleum hydrocarbons in contaminated sub-antarctic soil. *Chemosphere* 2005; 58:1439-48.
 26. Huang GF, Wong JWC, Wuand QT, Nagar BB. Effect of C/N on composting of pig manure with sawdust. *Waste Management* 2004; 24: 805-13.
 27. Chafneau CH, Rougeux G, Yepremian C, Oudot J. Effects of nutrient concentration on the biodegradation of crude oil and associated microbial populations in the soil. *Soil Biology & Biochemistry* 2005; 37: 1490-7.
 28. Goi A, Trapido M. Degradation of polycyclic aromatic hydrocarbons in soil: the Fenton reagent

- versus ozonation. *Environmental Technology* 2004; 25:155-64.
29. APHA. Standard methods for the examination of Water and wastewater. American Public Health Association. Washington, DC; 2005.
30. TMECC. Test methods for the examination of composting and compost. USDA and US composting council, 2002.
31. Nam K, Rodriguez W, Kukor JJ. Enhanced biodegradation of polycyclic aromatic hydrocarbons by biodegradation combined with a modified Fenton reaction. *Chemosphere* 2001; 45: 11-20.
32. Chaillan F, Chaîneau CH, Point V, Saliot A, Oudot J. Factors inhibiting bioremediation of soil contaminated with weathered oils and drill cuttings. *Environmental Pollution* 2006; 144: 255-65.
33. Rebekka RE, Semple T, Killham K. The potential for anaerobic mineralization of hydrocarbon constituents of oily drill cuttings from the North Sea seabed. *Journal of Environmental Monitoring* 2002; 4: 553-7.
34. Antizar-Ladislao B, Lopez-Real JM, Beck AJ. Laboratory studies of the remediation of polycyclic aromatic hydrocarbon contaminated soil by in-vessel composting. *Waste Management* 2005; 25: 281-9.
35. Gibb A, Chu A, Wong RCK, Goodman RH. Bioremediation Kinetics of Crude Oil at 5 Degrees C. *Journal of Environmental Engineering* 2001; 127: 818-24.

Trend of Changes of Temperature, pH and Nutrients in the In-vessel Composting of Oily Sludge Pre-treated with Hydrogen Peroxide and Fenton

*Koolivand A (PhD)¹- Naddafi K (PhD)²- Nabizadeh R (PhD)²- Yari AR (PhD)³

*Corresponding Address: Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Arak University of Medical Sciences, Arak, Iran
Email: akulivand@yahoo.com

Received: 08/Apr/2015 Revised: 11/Jun/2015 Accepted: 12/Jul/2015

Abstract

Introduction: The performance of in-vessel composting process, as one of the most effective methods of oily sludge treatment, depends on factors such as nutrients, temperature and pH.

Objective: The aim of the present study was to investigate the trend of changes of temperature, pH, organic carbon, nitrogen, and phosphorus in the in-vessel composting of bottom sludge of crude oil storage tanks pre-treated with hydrogen peroxide and Fenton.

Materials and Methods: In the first step of this descriptive study, the sludge was pre-treated with mixed hydrogen peroxide and Fenton. Then, the immature compost was mixed with the sludge at the ratios of 1:8, and 1:10 with the initial C/N/P of 100/5/1 and composted for a period of 10 weeks. The process of mixing and moisture adjustment of the mixtures was done 3 times a day during the composting period. Sampling and analysis were performed every week for organic carbon, nitrogen, and phosphorus, every other day for pH, and every day for temperature.

Results: The results showed that the concentrations of organic carbon, nitrogen, and phosphorus decreased sharply during the first weeks of the process period and then, they decreased gently. In addition, the increase of C/N and C/P indicated that the consumption rate of organic carbon was higher than that of the nitrogen and phosphorus. The changes of temperature and pH were not significant during the composting period.

Conclusions: The similar trend of decrease of organic carbon, nitrogen, and phosphorus in the composting reactors is an indication of decrease in the activity of the microorganisms involved in petroleum hydrocarbons degradation.

Conflict of interest: non declared

Key words: Fenton\ Hydrogen Peroxide\Soil\ Temperature.

Journal of Guilan University of Medical Sciences, No: 96, Pages: 97-106

Please cite this article as: Koolivand A, Naddafi K, Nabizadeh R, Yari AR. Mothers' Knowledge of Children Civil Trend of Changes of Temperature, pH and Nutrients in the In-vessel Composting of Oily Sludge Pre-treated with Hydrogen Peroxide and Fenton. J of Guilan University of Med Sci 2015; 24(96):97-106. [Text in Persian]

1. Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Arak University of Medical Sciences, Arak, Iran

2. Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

3. Research Center for Environmental Pollutants, Qom University of Medical Sciences, Qom, Iran