تعیین برخي آلودگي‌هاي آب خليج فارس و امکان‌سنجي تصفيه بيولوژيکي آن‌ها توسط بيوراکتور فيلم چسبيده (RBCp)

پروین ناهید* منوچهر وثوقی* ایران عالم‌زاده * مهدی برقعی* علی‌محمد صنعتی**

(دریافت ۸۲/۸/۱۰ پذیرش ۸۳/٤/۲۵)

چکیده

از جمله آلاینده‌های نفتی مورد توجه در آب‌ها، هیدروکربورهای آروماتیک چند حلقه‌ای (PAH_s) اند. تجمع PAH_s به صورت کمپلکس در محیط آبی مشکلات عدیده‌ای ایجاد می‌کند. برای حذف بیولوژیکی این مواد، نمونه‌برداری از آب مناطق مختلف خلیج فارس با روش‌های استاندارد به صورت سطحی و عمقی انجام شد. نمونه‌ها آنالیز گردید و پارامترهای TOC، COD ، PAH_s و فلزات سنگین تعیین شدند، نتایج حاکی از آن است که آب‌های مناطق امام حسن، دیلم و شغاب دارای آلایندگی بالا و میزان PAH_s در این نقاط به ترتیب ۹/۸ ، ۴/۲ و ۲/۷ ppm و غلظت آلاینده‌ها در نمونه‌های عمقی نسبت به سطحی بیشتر است.

میکروب‌های تجزیه کننده PAH_s از رسوبات مناطق آلوده برداشت و جداسازی و شناسایی شدند. آن‌ها اغلب در گروه سودوموناس، گرم منفی و کاتالاز مثبت می‌باشند. توانایی سویه‌ها از لحاظ تجزیه بیولوژیکی در فلاسک آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد سویه خالص EM_2 توان حذف نفتالین را به میزان ٪۸۰ دارا می‌باشد. به علت تجزیه‌پذیری طولانی مدت PAH_s، بیوراکتور RBC_p (زمان ماند بالا) انتخاب و توانایی میکروب‌های مخلوط در کاهش آلاینده‌ها در این بیوراکتور بررسی گردید. آزمایشات در بیوراکتور در دو مرحله خودهی و حالت پایا صورت گرفت. مرحله خودهی حدود ۳۰ روز بود و جهت ارزیابی بیوراکتور، غلظت COD خروجی و میزان MLSS با COD ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر اندازه‌گیری شد. میزان کاهش COD و PAH_s (نفتالین) با COD اولیه ۱۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نیز در راکتور بررسی شد که میزان حذف COD و نفتالین به ترتیب ۷۳ و ۶۶ درصد حاصل گردید.

واژه‌های کلیدی : آلودگی آب دریا، خلیج فارس، PAH_s، حذف میکروبی

Determination of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Persian Gulf and its Biodegradability Using a Rotating Biological Contactor

Nahid, P.,* Vossoughi, M.,* Alemzadeh, I.,* Borghei, M.,* and Sanati, A.M.**
****BBRC, Sharif University of Technology***
*****Persian Gulf University***

Abstract

Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH_s) are the main pollutants in oil pollution. PAH_s accumulation in aqueous phase causes some aquatic and human diseases Biodegradation methods of PAHs removal were studied using flasks and a reactor. Standard sampling was performed from polluted areas in Persian Gulf and samples were analyzed. COD, TOC, PAHs and heavy metals were determined. Results Showed that, Emam Hassan (EM), Deilam and Shaghab were most polluted areas (PAH_s equals 9.8, 4.2, 2.7ppm respectively) and samples from the dept showed more pollution than from the surface. For the biological treatment, most active species of bacteria were isolated from the soil of the polluted stations. Most of them are among Pseudomonas, gram and catalazet$^+$. Rotating biological contactor packed (RBC_p) by providing high acclimation time for the microbial mass, found very suitable process for removal of PHAs. The pure bacterial culture from EM showed, 80% removal efficiency for naphthalene. As the biodegradation of PAHs take a long time, RBCp reactor was selected

* مرکز تحقیقات مهندسی بیوشیمی و محیط زیست، دانشگاه صنعتی شریف

** مرکز مطالعات و پژوهش‌های محیط زیست خلیج فارس- دانشگاه خلیج فارس

and the ability of mixed culture in removal of pollutants was studied. The bioreactor was run in two stages. The acclimatization stage took place in 30 days and evaluation of bioreactor in terms of effluent COD concentration and MLSS with initial COD influent of 600 mg/l was operated. COD and PAHs removal of 73 and 66 percent were found respectively while the influent COD was 1200 mg/l.

مقدمه

آلودگی نفتی آب‌ها علاوه بر آثار مخرب روی ارگانیسم‌های دریایی، با گسترش در سواحل سبب بروز بیماری‌ها و عوارض ژنتیکی می‌گردد [۱ و ۲]. این آلودگی‌ها به طور عمده شامل هیدروکربورهای آروماتیک چند حلقوی[1] (PAH_s)از جمله بنزوپیرین، آنتراسن، فلورانتن و فراوان‌ترین آن‌ها نفتالین و فنانترن و هم‌چنین فلزات سنگین از قبیل Pb، Cd و Cr می‌باشند. مهم‌ترین روش‌های حذف این آلودگی‌ها جداسازی فیزیکی نفت شناور[2]، جذب[3]، ژل‌سازی[4]، غوطه‌وری[5] امولسیون‌سازی[6] و تصفیه بیولوژیکی[7] می‌باشد. اغلب این روش‌ها براساس جابجا کردن، پخش نمودن و انتقال آلودگی‌ها بوده و باعث حذف کامل آلاینده‌ها نمی‌شوند، ولی روش بیولوژیکی در حذف آلاینده‌های هیدروکربوری بسیار مؤثر می‌باشد [۴،۳ و ۵] .

با ریزش مواد نفتی در دریا، نفت‌های ناپایدار شامل گازولین، کروزن و دیزل در اثر تبخیر به سرعت از سطح دریا ناپدید می‌شوند؛ ولی نفت‌های پایدار مثل نفت خام و محصولات سنگین پالایش، به آهستگی پراکنده می‌شوند و لذا نیاز به پاک‌سازی شدید دارند [۶].

خلیج فارس با مساحت ۲۲۵۰۰۰ کیلومترمربع و عمق متوسط ۳۵ متر به دلیل واقع بودن در ناحیه بسیار گرم منطقه معتدل شمالی، دارای تبخیر سالیانه زیاد و ورودی آب شیرین و باران بسیار کم و اکوسیستمی بسیار ویژه است [۷، ۸ و ۹] . جابجایی ۶/۴ میلیارد بشکه نفت تولیدی کشورهای ساحلی در سال که حدود ٪۴۰ کل نفت جابجا شده در آب‌های جهان است، از طریق این خلیج و تنگه هرمز انجام می‌گیرد. ضایعات جنگی در خلیج فارس از جمله جنگ بین عراق و امریکا و متحدانش حدود ۱۱/۵ میلیون بشکه نفت را روانه خلیج فارس نمود. هم‌چنین تصادف نفت‌کش‌ها و نفت‌های تخلیه شده آلودگی نفتی زیادی را در منطقه به همراه داشته است. شناسایی و سنجش روند حرکت لکه نفتی با استفاده از روش‌هایی مثل تابش نور مادون قرمز، نور فرابنفش و یا اشعه لیزر و از طریق اسکنر مادون قرمز، دوربین‌ها و وسائل دیگر توسط ماهواره یا هواپیما انجام می‌شود. ماهواره‌های لندست، اسپات و Mosi ژاپن معمولاً به کار می‌روند. با این روش‌ها می‌توان سطح و ضخامت لکه، سرعت و جهت و حتی نوع نفت آن را مشخص نمود [۱، ۲ و ۱۰].

از جمله آلاینده‌های نفتی در آب‌ها، هیدروکربورهای آروماتیک چند حلقه‌ای PAH_s می‌باشند. تجزیه کامل PAH_s بسته به نوع هیدروکربن فقط توسط دسته‌ای از میکروارگانیسم‌ها از جمله باکتری‌ها و قارچ‌ها صورت می‌گیرد و مسیرهای تجزیه‌ای آن‌ها نیز متفاوت است. باکتری‌ها از دی اکسیژناز برای انتقال دو اتم اکسیژن با سوبسترا و تشکیل دایکس اتان[8] استفاده می‌کنند، سپس سیس-دی هیدرودیول[9] و سرانجام محصولات دی هیدروکسی تشکیل می‌شوند. قارچ‌ها تولید منواکسیژناز سیتوگرم P-450 می‌کنند که یک اتم اکسیژن به سوبسترا انتقال می‌دهد و اکسیدهای آرین[10] تشکیل شده که با افزودن آب، فنل و ترانس دی‌هیدرودیول[11] تولید می‌شوند [۳ و ۱۱ و ۱۲].

در تجزیه PAH_s عوامل طبیعی مختلفی از جمله شوری، زمان، دما و وزن ملکولی هیدروکربن نقش دارند. پژوهشگران نشان داده‌اند که چنانچه شرایط محیطی از قبیل غلظت اکسیژن، رطوبت، مواد مغذی و آلی مناسب موجود باشد، تجزیه بهتر صورت می‌گیرد و هم‌چنین غلبه بر شرایط نامساعد طبیعی برای ادامه حیات و رشد میکروب‌ها، با افزایش فعالیت آنزیمی و استفاده از مهندسی ژنتیک امکان‌پذیر است [۱۳، ۱۴ و ۱۵].

در تحقیقات اخیر مشخص شده که میزان تجزیه PAH_s رابطه مستقیمی با شوری محیط دارد. میزان تجزیه در

[1] Polycyclic Aromatic Hydrocarbons
[2] Simming
[3] Absorbing
[4] Gelling
[5] Sinking
[6] Emulsification
[7] Bioremediation
[8] Dioxethane
[9] Cis-Dihydrodiol
[10] Arene oxides
[11] Dihydrodiol

محیط‌های خیلی شور به دلیل پلاسمولیز شدن میکروب‌ها و کاهش متابولیسم آن‌ها کاهش می‌یابد. البته برخی از باکتری‌های تجزیه کننده از جمله دو نمونه میکروکوکوس[1]، یک نمونه سودوموناس[2] و یک نمونه آلکالی‌ژنز[3] نشان داده‌اند که تحمل بالایی در مقابل شوری (غلظت NaCl بیش از ٪۷/۵) دارند. فعالیت اشریشیاکلی و گونه‌ای از قارچ‌ها و سازگاری آن‌ها با محیط شور نیز گزارش شده است [۱۶ و ۱۷]. در این پژوهش آب خلیج فارس در نقاط مختلف نمونه‌برداری و مورد آنالیز قرار گرفت و از نمونه‌های رسوب سواحل، میکروارگانیسم‌هایی که توانایی مصرف و تجزیه ترکیبات نفتی را دارند، شناسایی و جداسازی نموده و با استفاده از مواد مغذی و تحریک کننده و در شرایط مناسب، تجزیه بیولوژیکی آلاینده‌های نفتی در دو حالت منقطع و به صورت پیوسته در یک بیوراکتور RBC_p مطالعه گردید.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری از آب دریا در ایستگاه‌های زیر که به نظر می‌رسید از آلودگی نفتی بالایی برخوردارند، توسط نمونه‌گیر مخصوص و با روش‌های استاندارد انجام گرفت [۱۸ و ۱۹]. ایستگاه‌های نمونه‌برداری و کد آن‌ها عبارت‌اند از شغاب SH، دیلم DA، امام حسن EM، گناوه GN، دیر DR، کنگان KN، اسکله بهمن BA و عسلویه AS. تعداد نمونه‌ها جمعاً ۸ نمونه از ایستگاه‌های ذکر شده است و تمامی نمونه‌ها در مدت یک‌روز و در تاریخ اردیبهشت ۱۳۸۲برداشت شده است. نمونه‌ها در دمای یخچال نگهداری و ارسال شده است. تمامی آنالیزها در مرکز تحقیقات مهندسی بیوشیمی و محیط زیست دانشگاه صنعتی شریف انجام شد.

آنالیزها

ابتدا فاکتورهای محیطی که بر فعالیت بیولوژیکی مؤثر هستند از جمله میزان شوری، pH، کاند کتیویته و غیره به وسیله دستگاه‌های زیر تعیین شد. شوری سنج از نوع Sartorius, Meter pp-20-Professional ، pH متر از نوع Calimatic Knik 766 و کاند کتیویته Hana Instruments (جدول ۱).

فلزات سنگین که از شاخص‌های آلودگی نفتی هستند از قبیل نیکل، کادمیم و کرم توسط اسپکتروگراف جرم اتمی Analytic Jena GmbH 6000.126 Zeiss AAS_5 اندازه‌گیری شدند (جدول ۲).

پارامترهای آلودگی نظیر COD، TOC و غلظت PAH_s (از جمله نفتالین و فنانترن) نیز با وسائل و دستگاه‌هایی مثل SKALAR TOC Analyzer CA10 و HPLC Ins.UV,Odssil تعیین گردید (جدول ۳). حذف بیولوژیکی آلاینده‌های نفتی PAH_s توسط دستگاه HPLC و به صورت درصد حذف و COD و TOC در حد ppm مشخص شده است.

[1] Micrococcus
[2] Pseudomonas
[3] Alcaligenes

جدول ۱- نتایج آنالیز فیزیکی- شیمیایی نمونه‌های آب دریا (به صورت خام)

کد ایستگاه	شوری گرم در لیتر	کاند اکتیویته µs/cm	TDS (mg/l)	TSS (mg/l)	VS (mg/l)	Ca (meq/l)	Mg (meq/l)	Na (meq/l)	pH
SH	۵۹/۵	۳۹/۸	۴۶۴۱۰	۲/۲	۲۳۰۰۰	۳۷/۶	۸۷/۷	۴۰۱/۸	۸/۱
DA	۴۰/۲	۶۰/۲	۸۵۹۵۰	۳/۶	۱۲۷۷۵	۵۰/۴	۱۳۱/۴	۶۰۰/۳	۷/۶۵
EM	۴۲/۰	۶۲/۱	۹۴۶۸۰	۵/۶	۶۱۶۹۰	۵۶/۰	۱۴۶/۰	۶۶۷/۶۷	۷/۸۷
GN	۴۱/۶	۶۱/۸	۷۳۲۱۰	۳/۲	۵۹۲۰	۵۱/۵۲	۱۴۰/۱	۶۳۳/۷	۷/۸۷
DR	۳۹/۴	۵۸/۸	۸۱۶۰۰	۳/۰	۱۲۳۲۰	۵۲/۶۴	۱۳۵/۷	۶۲۳/۶	۸/۱
KN	۳۱/۶	۱۱/۰	۱۰۵۹۰۰	۴/۲	۵۲۱۰۶	--	--	--	۷/۷۱
AS	۳۸/۹	۵۸/۳	۸۷۱۷۰	۳/۷	۱۴۱۳۶	۵۰/۶	۱۴۲/۷	۶۱۰/۶	۸/۲۲
BA	۳۹/۱	۵۸/۹	۱۰۴۵۶۰	۵/۲	۴۸۲۹۰	۴۷/۹	۱۳۹/۲	۶۱۵/۴	۸/۲۸

جدول ۲- غلظت عناصر سنگین (ppb) در آب ایستگاه‌های نمونه‌برداری(نمونه فیلتر شده)

نوع فلز سنگین	SH	DA	EM	GN	DR	AS
Ni	۳۸/۶	۲۸/۲	۵۴/۶	۳۲/۷	۲۹/۷۵	۲۳/۹
Cr	۲۶/۳	۱۹/۳	۳۸/۲	۱۴/۱۲	۱۷/۸۰	۱۹/۳
Cd	۸/۳	۷/۲۲	۱۰/۳	۵/۰۸	۵/۳۴	۵/۳

جدول ۳- غلظت مواد آلاینده در آب ایستگاه‌های نمونه‌برداری (ppm) (نمونه فیلتر شده)

نوع آلودگی / کد ایستگاه	SH	DA	EM	GN	DR	AS	KN
COD	۱۷۲/۲	۳۵۰/۲	۱۰۵۰	۱۲۱/۸	۱۰۹/۲۵	۱۵۳/۹	۲۶۳/۶
TOC	۶/۱۵	۱۳/۶	۴۱/۶	۴/۰۲	۴/۳۷	۵/۵۳	۱۰/۳
PAH	۲/۶۷	۴/۲۵	۹/۸۳	۱/۱۱	۱/۰۲	۱/۲۹	---

جدول ۴- خصوصیات ماکروسکوپیک و میکروسکوپیک و آزمایشات شناسایی باکتری‌ها

نام باکتری	مشخصات ماکروسکوپی	مشخصات میکروسکوپی	تست کاتالاز	تست اکسیداز
GN_1	کلنی‌های تک تک به رنگ سفید	باسیل‌های گرم منفی	+	--
GN_2	کلنی‌های بیرنگ، مدور- موکوئیدی	کوکسی‌های گرم مثبت	--	--
GN_3	کلنی‌های سفید- مدور	کوکوباسیل‌های گرم منفی	--	--
DA_1	کلنی‌های سفید، موکوئیدی	باسیل‌های بلند گرم مثبت	+	--
DA_2	کلنی‌های کرم رنگ، مدور- موکوئیدی	باسیل‌های بلند نازک گرم منفی	+	--
EM_1	کلنی‌های سفید، مدور-کدر	باسیل‌های گرم مثبت اسپوردار	+	--
EM_2	کلنی‌های کرم رنگ موکوئیدی کشدار	باسیل‌های بلند و درشت گرم منفی	+	--
SH	کلنی‌های کرم مایل به زرد، موکوئیدی	باسیل‌های گرم منفی	+	+

شناسایی و جداسازی میکروارگانیسم‌های فعال

با توجه به نتایج به دست آمده، از رسوبات سواحل امام حسن، شغاب، دیلم و گناوه که آلوده‌تر از آب‌های این مناطق هستند، برای جداسازی میکروب‌ها استفاده شد. شناسایی میکروب‌ها با مطالعه خصوصیات میکروسکوپیک و ماکروسکوپیک آن‌ها (جدول ۴) توسط روش‌های زیر انجام شد [۲۰]. سوسپانسیونی از رسوبات آلوده در سرم فیزیولوژی (۱۰g رسوب در ۹۰ml سرم) که به میزان ٪۰/۱ به آن Tween80 به عنوان دیترجنت اضافه شده بود، مدتی به هم زده شد. بعد با به کار بردن روش کشت غنی شده، 1ml از مایع حاصل به ۵۰ml محیط TSB (شامل NaCl برابر ۵، پپتون کازئین[1] برابر ۱۷ و K_2HPO_4 برابر ۱/۵ و Glucose برابر ۲/۵ و پپتون گوشت[2] برابر ۳ گرم بر لیتر) اضافه شد و در شیکر با دور ۹۰rpm و دمای ۳۰°C قرار گرفت. پس از ۲۴ ساعت جرم میکروبی مناسبی مشاهده شد. در مراحل بعد کروزن با غلظت‌های مختلف اضافه و باکتری‌های مقاوم جدا و وارد محیط کشت اختصاصی SBM مخصوص باکتری‌های دریایی گردید. پس از کشت مناسب میکروب‌ها، عملیات غربال‌سازی برای خالص‌سازی آن‌ها انجام شد و توانایی میکروب‌ها از طریق میزان کاهش TOC، COD و PAH_s تعیین گردید.

بررسی تجزیه‌پذیری میکروبی آلاینده‌های نفتی در فلاسک آزمایشگاهی

باکتری‌های انتخاب شده در محیط‌های مغذی همراه با مواد آلاینده (نفت خام و PAH_s نفتالین یا فنانترن) در ارلن‌ها روی شیکر در شرایط ۱۰۰rpm و ۳۰°C قرار گرفته و توانایی حذف آن‌ها مطالعه شد (pH ۷-۷/۵ بهینه). محیط کشت مورد استفاده در جدول ۵ مشاهده می‌شود.

[1] Pepton from Cosein
[2] Pepton form Soy Meat

مطالعه در بیوراکتور[1]

با توجه به تجزیه‌پذیری طولانی PAH_s، راکتوری مورد نیاز بود که دارای فیلم میکروبی چسبیده باشد تا زمان ماند طولانی‌تری برای عادت‌دهی میکروب‌ها به مواد دیر تجزیه ایجاد کند؛ بنابراین RBC_p با آکنه‌هایی که سطح ویژه بالایی را برای جرم سلولی چسبیده ایجاد می‌کنند، انتخاب شد (شکل ۱). در بیوراکتور همان محیط کشت مغذی در فلاسک‌ها به کار رفت، فقط به جای گلوکز از ملاس چغندرقند به عنوان منبع کربن استفاده شد. خوراک ورودی نمونه آب دریای رقیق شده به اضافه نفت خام یا نفتالین (محلول شده توسط Tween 80) با ۷/۸pH بود.

[1] RBCp (Rotating Biological Contactor, Packed)

جدول ۵- ترکیب محیط کشت مغذی برای مطالعات تجزیه بیولوژیکی

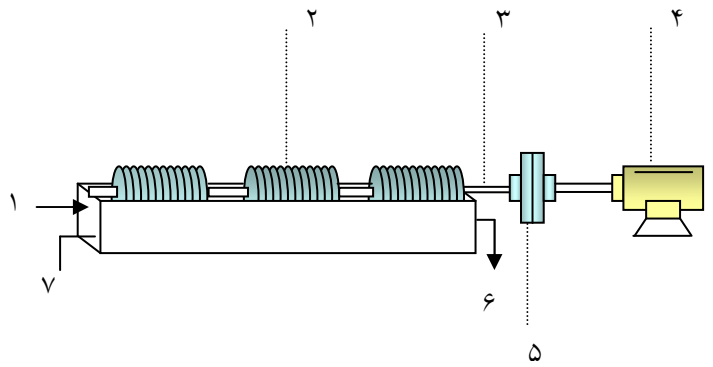
مواد معدنی	غلظت g/l
Na_2HPO_4	۱/۴۲
NH_4Cl	۰/۶۷۲
ماده آلاینده (نفت خام)	محدوده (۰/۲-۰/۰۸) متغیر
$FeSo_4$, H_2O	۰/۱
Tween۸۰	۰/۰۱
Sea Water (۲۰ برابر رقیق شده)	۱۰۰۰Ml

جدول ۶- مشخصات کلی سیستم RBCp

سرعت دورانی rpm	نسبت سطح به حجم بستر (m^2/m^3)	سطح کل بستر (m^2)	حجم مفید (lit)	طول هر بخش استوانه (Cm)	قطر استوانه چرخان (Cm)	ارتفاع (Cm)	عرض (Cm)	طول (Cm)	مشخصه
۱۵-۱۷	۲۲۴	۳/۳۶	۱۵	۲۰	۲۰	۳۰	۲۵	۹۰	مقدار

جدول ۷- مشخصات عمومی آکنه مورد استفاده در بیوراکتور

نوع	جنس	اندازه (اینچ)	دانسیته (lb / ft^3)	سطح ویژه (ft^2 / ft^3)	تخلخل
پال رینگ	پلی پروپیلن	۱	۵/۵	۲۱۰	۹۰٪



۱-ورودی ۲-سیلندر دوار ۳-محور ۴-موتور محرک ۵-اتصال ۶-خروجی ۷-تخلیه

شکل ۱- تصویر شماتیکی بیوراکتور RBC_p

برای تلقیح، لجن فعال پالایشگاه به اضافه مخلوطی از باکتری‌های خالص‌سازی شده به کار رفت. برای ارزیابی، COD خروجی و میزان رشد (MLSS) اندازه‌گیری شد و تغییرات COD خروجی و غلظت سلول‌های معلق در بیوراکتور رسم گردید (شکل‌های ۲، ۳ و ۴). مشخصات بیوراکتور و آکنه مورد استفاده در جدول‌های ۶ و ۷ مشاهده می‌شود.

نتیجه‌گیری

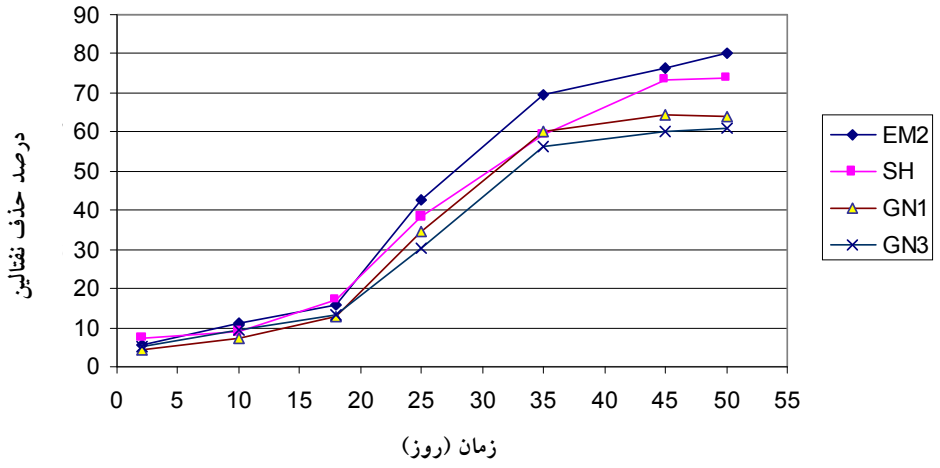
نتایج آزمایش‌های فیزیکی-شیمیایی (جدول ۱) نشان می‌دهد که محیط نمونه‌های آب خلیج فارس، خنثی به طرف قلیایی است (pH حدود ۸/۳-۷/۶۵) و کدورت ذرات معلق نسبتاً کم و کل جامدات معلق مقادیر کوچکی می‌باشد. قابلیت هدایت الکتریکی EC حدود µs/cm ۶۲/۱-۱۱ و نمونه کنگان از همه کمتر و نمونه امام حسن از همه بیشتر بود. در کل، نمونه‌های سطحی EC کمتری از نمونه‌های عمقی نشان می‌دهند. TDS نمونه‌ها (۱۰۵۹۰۰mg/l-۴۶۴۱۰) حاکی از مقادیر قابل ملاحظه‌ای از جامدات محلول می‌باشد. در مورد فلزات سنگین، حداکثر غلظت Cd، Ni و Cr در آب‌های منطقه امام حسن (CD برابر ۱۰/۳، Ni برابر ۵۴/۶ و Cr برابر ۳۸/۲ PPb) (جدول ۲)، کمترین مقدار Ni در عسلویه و کمترین مقدار Cd و Cr در بندر گناوه مشاهده شده است. در منطقه امام حسن پارامترهای COD و TOC نیز بالاتر از مناطق دیگر است؛ به خصوص غلظت PAH_s که از حد مجاز ۵ppm نیز بالاتر است (جدول ۳) که به دلیل نزدیکی به بندرگاه و تأسیسات نفتی است.

با توجه به مطالعات میکروسکوپیک وماکروسکوپیک (جدول ۴) و شناسایی و بررسی ۸ گونه باکتری با قابلیت حذف هیدروکربورها، چنین نتیجه‌گیری گردید که غالب باکتری‌های جدا شده، سودوموناس، کاتالاز مثبت و گرم منفی هستند. در بسیاری از این منابع نیز قابلیت این گروه از میکروب‌ها در حذف مواد هیدروکربوری گزارش شده است.

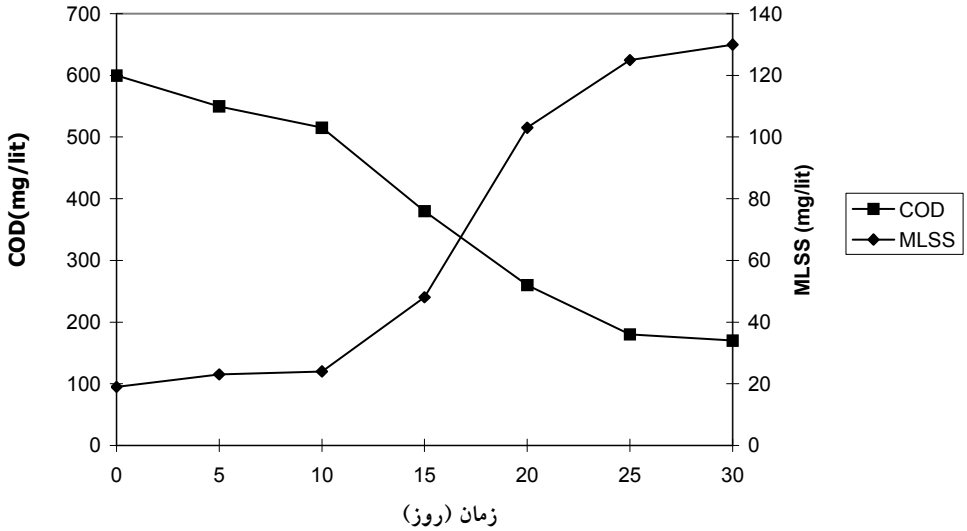
از بین باکتری‌های فوق چند سویه خالص از مناطق امام حسن، شغاب و گناوه نشان دادند که قادرند در محیط‌های نفتی و اختصاصی بالاترین تولید توده سلولی را داشته باشند. نتایج تصفیه بیولوژیکی در فلاسک آزمایشگاهی توسط سویه‌های خالص باکتری نشان داد که حداکثر درصد حذف نفتالین ٪۸۰ بوده که مربوط به سویه خالص EM_2 است، هم‌چنین برای حذف آلودگی به زمان نسبتاً طولانی نیاز است و روند منحنی‌ها نیز نسبتاً یکسان است؛ به طوری که در ابتدا با شیب اندکی حرکت کرده سپس تند و در انتها کند می‌شود. دلیل کند شدن شیب منحنی‌ها کمبود مواد غذایی در محیط است که باعث کاهش رشد و فعالیت میکروب‌ها می‌شود (شکل ۲). آزمایش‌های حذف PAH_s در بیوراکتور انجام شد و در مرحله عادت‌دهی (حدود ۲۵ روز) غلظت COD خروجی و میزان MLSS اندازه‌گیری گردید. پس از پایان این مرحله و رسیدن به حالت پایدار، با افزایش شدت جریان و غلظت COD ورودی به بیوراکتور و کاهش زمان ماند، میزان حذف COD و نفتالین به ترتیب ۷۳ و ۶۶ درصد حاصل گردید. نتیجه کلی این است که باکتری‌های شناسایی شده به علت این که از محیط شور جدا شده‌اند، قابلیت تجزیه و حذف مواد نفتی را در محیط شور (دریا) دارا می‌باشند.

قدردانی

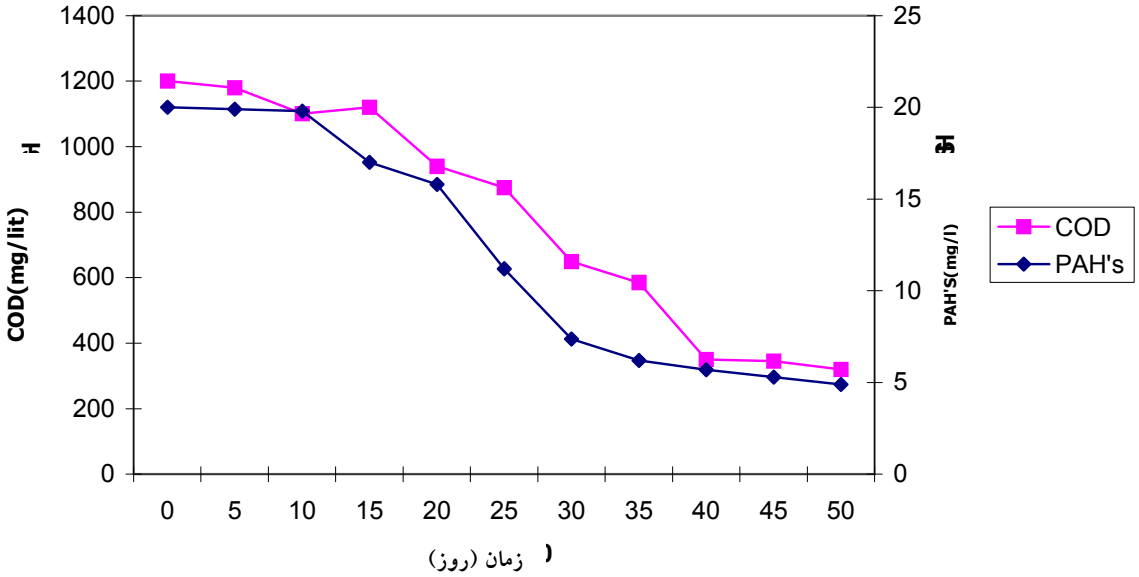
بدین وسیله سپاس‌گزاری خود را نسبت به معاونت پژوهشی دانشگاه که همکاری لازم در کامل شدن این پروژه داشته‌اند، ابزار می‌داریم.



شکل ۲- مقایسه درصد حذف نفتالین توسط باکتری‌های استخراج شده



شکل ۳- تغییرات غلظت COD و MLSS در بیوراکتور (mg/l) در حالت خودهی (روز ۳=HRT)



شکل ۴- تغییرات غلظت COD و PAHs (نفتالین) در بیوراکتور RBCp (روز ۲=HRT)

منابع

1- Langwaldt, J.H., Puhakka, J.H., (2000). "*In Site Biological Remediation of Contaminated Ground Water a Review*" Env. Pollution, vol. 107, pp: 187-197.

2- Aminipour, B. N., Jalili, A.A., (1998). "*Tracking of Oil Spil and Smoke Plan of Kuwait Oilwells fine of 1991 Persian Gulf War to the Coasts and Territory of Iran",* SCWNRC Ministry of Jahad Sazandegi, Tehran, Iran.

3- Tanlouth, F., Guerin, (2001). "*A Pilot Study for the Selection of a Bioreactor for Remediation of Ground Water from a Coal tar Contaminated Site",* Journal of Hazardous Materials, vol. B89, pp: 241-252.

4- Vossoughi, M., Yaghmaei, S., Alemzadeh, I., Safekordi, A., (2002). "*Some Investigation on Bioremediation of PAH Contaminated Soil",* Int, J. of Engineering, vol. 5, No.1.
5- Yaghmaei, S. Y. Vossoughi, M. Safekordi, A. and Alemzadeh, I. (2000). "*Biodegradation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH_s) by the Fungi Isolated from Coal tar Contaminated Soil",* 4th International Chemical Eng. Congress, April 24-27, Shiraz, Iran.
6- UNEP., (1990). "*An Approach to Environmental Impact Assessment for Project Affecting",* the Coastal and Marine Environmental UNEP Regional, Seas Reports and Studies.
7- Bnewer, P. and Dyrssen, G., (1985). "*Chemical Oceanography of Persian Gulf Prog."* Oceanary, 19, pp41-55. vol. 19, pp: 41-55.
8- Renolds, R.M., (1993). "*Physical Oceanography of the Persian Gulf Strait of Hormoz and Gulf of Oman Results from the Expedition",* Mar Pollution, vol. 27, pp: 32-60.
9- Bamaby, F. (1991). "*The Environmental Impact of the Persian Gulf War",* the Ecologist, vol. 21, No.4, pp: 166-172.
10- Esmaili, H., (1998). "*Environmental Pollution of Iran as a Consequence of the Kuwait War*", Dept of Enducation and Research, Ministry of Jahad, Tehran.
11- Escantin, E. and porte, (1999). "*Assessment of PAH Pollution in Coastal areas from the NW Mediteranean Through the Analysis of Fish Bile",* Marine Pollution Bulletin, Vol. 38, No. 12.
12- Yaghmaei, S., Vossoughi, M., Safekordi A., and Alemzadeh, I., (2000). "*Biodegradation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons by Fungi Isolated from Coal tar Contaminated Soil",* Chisa, 27-31 Agust.
13- Yaghmaei, S. , Vossoughi, M., Safekordi, A., and Alemzadeh, I., (1999). "*Modeling and Simulation on Bioremediation Process",* 4th National Chemical Eng. Congress Feb., Tehran, Iran.
14- Yaghmaei, S., Vossoughi, M., Alemzadeh I., and Safekordi, A., (1998). "*Bioremediation of Soil Contaminated by Poly Nuclear Aromatic Hydrocarbon",* Second National Conference of Environmental Contaminants, September, Rasht, Iran.
15- Yaghmaei, S., Vossoughi, M., Alemzadeh I., and Safekordi, A., (1998). "*Bioremediation of Coal tar Contaminated Soil Isolation and Purification of PAH Utilizing Microorganisms from Soil",* Second INTRESC, 12-16 Dec., Tehran, Iran.
16- Zhongming, Z. Obbvard; J.P., (2002). "*Removal of Surfactant Solubilized Polycyclic Aromatic Hydrocarbons by Phanerochaete Chrysosporium in a Rotating Biological Contactor Reactor",* Journal of Biotechnology, vol. 96, pp: 241-249.
17- Dincer, A. R., Kargi, F., (2001). "*Performance of Rotating Biological disc System Treating Saline Wastewater",* Process Biochemistry vol. 36, pp: 901-906.
18- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, (1995). 19th ed. Washington Dc, USA.
19- Complication of EPA'S Sampling and Analysis Mithods, (1996). USA.
20- Bergey, D.H., Buchanan, R.E., Gibbons, N.E., (1974). "*Bergey's Manual of Determinative Bacteriology",* 8th ed. Williams and Wilkins co, Baltimore.