ارزیابی عملکرد باکتریهای جداشده از خاک‌های آلوده به مواد هیدروکربنی بر ازدیاد برداشت نفت در یک مدل آزمایشگاهی

نسیم رخشان[1]، علی محبی[1*]، محمد رنجبر[2]، جاوید امینی[3]

۱- کرمان، دانشگاه شهید باهنر کرمان، بخش مهندسی شیمی

۲- کرمان، دانشگاه شهید باهنر کرمان، بخش مهندسی معدن

۳- پژوهشکده تعلیم و تربیت کرمان

پیام نگار: **amohebbi2002@yahoo.com**

چکیده

در این پژوهش یک مدل آزمایشگاهی ستونی برای بررسی ازدیاد برداشت نفت توسط میکروارگانیسمها و تولیدات متابولیک آنها طراحی و ساخته شد. برای تهیه باکتریهای مورد استفاده، از باکتریهای جدا شده از ۱۲ نمونه هیدروکربنهای سنگین و خاکهای آلوده به آنها که از مناطق مختلف جمع‌آوری گردید، استفاده شد. در این بررسیها ۱۶ باکتری تولیدکنندهٔ زیست‌امولسیون‌ساز، ۵ باکتری تولیدکنندهٔ گاز از ساکاروز و ۳ باکتری تولیدکننده گاز از لاکتوز شناسایی شدند و توانایی آنها در حضور غلظتهای مختلف نمک، اثر دما، مواد غذایی موجود در محیط و غلظت محیط کشت مورد بررسی قرار گرفت که در نهایت ۴ باکتری که هم قادر به تولید گاز و هم قادر به تولید زیست‌امولسیون‌ساز بودند، برای آزمون در مدل ستونی، انتخاب شدند. بر اساس نتایج به‌دست آمده، باکتری M۳۵ بیشترین توانایی را در ازدیاد برداشت نفت از ستون داشت و سه باکتری از ۴ باکتری مورد نظر بهتر از امولسیون‌ساز شیمیایی عمل کردند.

کلمات کلیدی: زیست‌امولسیون‌ساز، ازدیاد برداشت نفت به روش میکروبی، میکروارگانیسم، خاکهای آلوده به هیدروکربنهای سنگین

۱- مقدمه

ازدیاد برداشت نفت به روش میکروبی (MEOR)[1] به عنوان یکی از روشهای ثالث مطرح شده در سالهای اخیر، هدفی است که در این پژوهش، بررسی آن، مدنظر واقع شده است. این ایده که باکتریها می‌توانند به ازدیاد برداشت نفت کمک کنند چندان جدید نیست و اولین بار در سال ۱۹۲۶ توسط بکمن[2] مطرح گردید. سپس تا سال ۱۹۴۵ اقدام مؤثری در این زمینه صورت نگرفت تا آنکه زوبل[3] در فاصله سالهای ۱۹۴۵ تا ۱۹۵۸ با استفاده از مدل متخلخل شن و ماسه‌ای به بررسی این روش پرداخت [۴-۱].

پس از آن در فاصله سالهای دهه ۸۰ تا ۹۰ تحقیقات و آزمایشهای مختلفی در زمینهٔ استفاده عملی از میکروبها و تولیدات آنها آغاز شد به‌عنوان مثال، استفاده از تولیدات میکروبی اولین بار در سال ۱۹۸۶ به طور مؤثر برای کنترل پارافینها به کار رفت. در سالهای بعد از

1. Microbial Enhanced Oil Recovery
2. Beckman
3. Zobell

www.SID.ir

۱۹۹۰ تاکنون در بسیاری از نقاط جهان از میکروبها برای بهبود تولید نفت از چاهها و میادین نفتی استفاده شده و نتایج مثبت عملکرد میکروبها در بسیاری از مقالات به ثبت رسیده است[۸و۷].
نظریهٔ این روش براین مبناست که میکروارگانیسمها می‌توانند هیدورکربنها را به عنوان منبع غذایی به مصرف رسانده و آنها را هضم نمایند. در اثر انجام عمل هضم محصولات زیستی مانند الکلها، گازها، اسیدها، سورفاکتانتها و پلیمرها تولید می‌شوند. تولید آنها می‌تواند یکسری تغییرات مطلوب و دلخواه فیزیکی و شیمیایی در نفت خام ایجاد کند و در نهایت ازدیاد برداشت نفت از مخزن را موجب گردد[۵و۱].

دراین پژوهش، سعی شده است تا با تکیه براستفاده از میکرو ارگانیسمهایی که به طور طبیعی در خاکهای آلوده به هیدورکربنهای سنگین رشد کرده اند، تولیدات متابولیک و نحوهٔ عملکرد آنها، در رابطه با ازدیاد برداشت نفت به کمک طراحی یک مدل آزمایشگاهی از مخزن بررسی شود. به دلیل اینکه جنس بسیاری از مخازن نفتی از سنگهای سیلیسی است در مدل ازمایشگاهی از پودر شیشه استفاده شده است. فشار و دمای شرایط آزمایش، همان فشار و دمای محیط انتخاب شده و متغیرهای بررسی شده در مدل شامل اندازهٔ پودر شیشه، درصد تخلخل ستونها و نوع باکتری بوده است.

۲- مواد مورد استفاده

۱. سرم فیزیولوژی
۲. محیط لاکتوز براث
۳. محیط کشت تایوگلیکولات
۴. محیط کشت بلادآگار
۵. محیط کشت حداقل (M.S.M)[1]
۶. محیط کشت نوترینت آگار (N.A)[2]

۳- روش و مراحل تحقیق

برای انجام این پژوهش ۱۲ نمونه شامل موارد زیر از مناطق مختلف تهیه گردید:
۱- نفت خام (دو نمونه) ۲- خاک آغشته به روغن سوخته (چهار نمونه) ۳- خاک آغشته به گازوئیل (سه نمونه) ۴- خاک آغشته به سوخت هواپیما (یک نمونه) ۵- خاک آغشته به نفت خام (دو نمونه)

۳-۱ کشت نمونه‌ها

از نمونه‌هایی که به صورت خاک بودند مقدار gr ۱ برداشته شد و در cc ۹سرم فیزیولوژی ریخته شد و کاملا به هم زده شد تا سوسپانسیون یکنواختی تهیه گردد. سپس مقدار cc ۱ از سوسپانسیون برداشته شد و در لوله حاوی محیط تایوگلیکولات کشت داده شد. از نمونه‌های نفت خام که به صورت مایع بودند از هر کدام cc ۰/۱برداشته شد و مستقیماً در محیط تایوگلیکولات کشت داده شد. کلیه کشتهای تهیه شده در انکوباتور در دمای °C ۳۰ به مدت ۷۲ ساعت گرماگذاری شد.

لوله‌های حاوی محیط تایوگلیکولات که رشد آنها پس از ۷۲ ساعت مثبت بود، انتخاب کرده و روی محیط N.A که قبلا تهیه و سطح آن خشک شده بود، به صورت خطی جهت جداسازی کلنی باکتریها،کشت داده شد و در انکوباتور در دمای ۳۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت گرماگذاری شدند. سپس توسط سوزن کشت کلیه کلنی‌های رشد کرده بر اساس خصوصیات ریخت‌شناسی برداشته شد و در سطح شیب دار درون لوله‌های آزمایش در پیچ دار محتوی محیط N.A کشت داده شد و به مدت ۲۴ ساعت در انکوباتور گرما گذاری شد.

کلیه باکتریهای ایزوله شده به روش گرم رنگ آمیزی شده و زیر میکروسکوپ از نظر شکل ظاهری مورد بررسی قرار گرفتند. همچنین واکنش رنگ آمیزی گرم آنها نیز بررسی و یادداشت شد. برای تعیین وضعیت تنفسی، کلیه باکتریها به صورت جداگانه در لوله‌های آزمایش حاوی محیط تایوگلیکولات کشت داده شد.

۳-۲ بررسی توانایی امولسیون‌سازی باکتریها

کلیه باکتری‌های ایزوله شده از نظر قابلیت ایجاد امولسیون نفت در آب مورد بررسی قرار گرفتند. برای این کار کلیه آنها به صورت جداگانه در لوله‌های آزمایش حاوی محیط حداقل کشت داده شد و به هر لوله آزمایش مقدار cc ۰/۳ نفت خام صاف شده اضافه گردید. نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای °C ۳۰ در انکوباتور گرماگذاری شد. سپس به مدت ۲ دقیقه لوله‌ها به شدت توسط همزن لوله کاملا مخلوط شده و به مدت یکساعت مجدداً در انکوباتور قرار داده شد و آنگاه نتایج به روش مشاهده چشمی بررسی گردید و با نمونه شاهد شامل محیط حداقل و نفت خام بدون باکتری مقایسه شد.

1. Mineral Salt Medium
2. Nutriant Agar

Archive of SID

www.

۳-۳ بررسی اثر شوری بر توانایی امولسیون‌سازی

باکتری‌هایی که دارای توانایی امولسیون‌سازی خیلی خوب بودند انتخاب شدند و از نظر تحمل شوری (نمک طعام) در محیط، مورد بررسی قرار گرفتند. برای این منظور مجدداً از محیط حداقل استفاده شد. محیط حداقل به اضافه ۰/۰۳٪ عصاره مخمر و ۰/۰۳٪ گلوکوز در سه قسمت و با شوری‌های (w/v) ۵٪، ۷٪ و ۱۰٪ تهیه و استریل گردید. سپس سویه‌های مورد نظر به صورت جداگانه کشت داده شدند و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۳۰ °C نگهداری گردیدند و توانایی رشد باکتری‌ها در غلظت‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفت.

۴-۳ بررسی توانایی تولید گاز

توانایی تولید گاز از قندهای ساکاروز و لاکتوز مورد بررسی قرار گرفت. برای بررسی تولید گاز از ساکاروز از ملاس چغندر استفاده شد برای تهیه محیط حاوی ملاس از محلول(v/v) ۴٪ ملاس در آب مقطر استفاده گردید که در حجم های ۱۰cc در لوله آزمایش ریخته شد و سپس لوله‌های تخمیری وارونه (دورهام) در لوله انداخته و بعد از هواگیری لوله دورهام، درب لوله آزمایش توسط پنبه بسته شد و در دمای ۱۲۱ °C به مدت ۱۵دقیقه استریل گردید. سپس نمونه‌های تلقیح شده در دمای ۳۰ °C به مدت ۲۴ ساعت گرما گذاری شد. پس از گذشت این مدت، میزان گاز تولید شده بررسی و سویه‌هایی که قادر به تولید گاز بودند، مشخص شدند.

۵-۳ بررسی اثر شوری بر میزان تولید گاز

مجدداً محیط حاوی ۴٪ ملاس چغندر قند تهیه و به سه قسمت دارای نمک با غلظت‌های ۵٪، ۷٪ و ۱۰٪ تقسیم شد. پس از استریل کردن دردمای ۱۲۱°C به مدت ۱۵ دقیقه، سویه‌هایی که در مرحله قبل دارای توانایی تولید گاز از ملاس بودند در محیط‌های تهیه شده کشت داده شدند و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۳۰درجه سیلسیوس نگهداری شدند. سپس نتایج تاثیر شوری بر میزان تولید گاز بررسی شد.

۶-۳ بررسی اثر غلظت محیط و مکمل‌های غذایی

محیط حاوی ملاس در غلظت‌های ۲٪، ۴٪ و ۶٪ تهیه و هر کدام از آنها به سه قسمت تقسیم شد به هر قسمت ۱٪ از مکمل‌های K_2HPO_4 , NH_4NO_3 و پپتون اضافه شده و در دمای ۱۲۱ °C به مدت ۱۵ دقیقه استریل گردید. سپس سویه‌هایی که قادر به تولید گاز از ملاس بودند در محیط‌های آماده شده کشت داده شدند و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۳۰ °C نگهداری شدند و نتایج به صورت مشاهده چشمی بررسی گردید.

۷-۳ طراحی و ساخت مدل آزمایشگاهی

به منظور ساخت مدلی مشابه مخازن نفتی از روش مدل ستونی استفاده شد. در این روش ۶ ستون شیشه‌ای به ارتفاع ۳۵cm و قطرcm ۳ انتخاب گردید و در انتهای هر کدام یک شیر کوچک به منظور کنترل جریان تعبیه شد. برای پرکردن ستونها از پودر شیشه با مش‌های ۶۰، ۸۰، ۱۴۰، ۱۷۰، ۲۰۰، ۲۳۰ استفاده شد تا ۶ ستون با درجه تخلخل و نفوذ پذیری مختلف به دست آید.

پس از آماده شدن مدل، ابتدا ستونها توسط پمپ خلا، از هوا تخلیه گردید و سپس مقدار مشخصی آب نمک ۷٪ استریل وارد آنها شد و مقدار خروجی و مقدار باقی مانده در هر ستون اندازه گیری شد. آنگاه با توجه به درجه تخلخل محاسبه شد مقدار مناسبی نفت خام که توسط صافی میکروب‌شناسی استریل شده بود اضافه گردید و اجازه داده شد که ستون توسط نفت اشباع شود. میزان آب رانده شده به بیرون توسط نفت خام به منظور محاسبه آب همزاد [1] و مقدار نفت اولیه در جا محاسبه شدند. برای خارج کردن نفت از ستونها ابتدا از روش تزریق آب استفاده شد برای تزریق آب به ستونها از پمپی با دقت (ml/hr) ۱ استفاده شد.

ترزیق آب به ستونها به مدت ۲۴ ساعت ادامه پیدا کرد. تا آنجا که دیگر هیچ گونه نفتی خارج نمی‌شد. پس از این مرحله، ترزیق مخلوط باکتری و امولسیون‌ساز تولید شده توسط آنها انجام شد. در پایان، نفت خارج شده به روش وزنی محاسبه گردید. با توجه به وجود ۶ ستون با نفوذ پذیری‌های متفاوت، نتایج به دست آمده از ۶ ستون با هم مقایسه و اندازه بهینه پودر شیشه به دست آمد. براساس نتایج قسمت قبل پودرشیشه در اندازهٔ ۲۰۰ + مش به عنوان بهترین اندازه در استفاده از باکتری‌ها انتخاب و کلیه ستونها پس از استریل کردن مجدد، توسط آن تا ارتفاع ۱۵cm پر شدند. پس از اشباع

1. Connate Water

www.SID.ir

Archive of SID

ستونها از آب نمک و سپس نفت خام مطابق مرحله قبل، مجددا کلیه ستونها به مدت ۲۴ ساعت تحت پاشش و تزریق آب قرار گرفتند تا زمانی که دیگر نفتی از آنها خارج نمی‌شد سپس ۴ نمونه امولسیون‌ساز میکروبی چهار باکتری M21، M23، M35، M49 به همراه یک نمونه سورفاکتانت شیمیایی و یک نمونه محیط حداقلی استریل بدون باکتری به عنوان شاهد بر روی ۶ ستون به صورت جداگانه ترزیق شد. در پایان، میزان نفت‌های خروجی ازستونها به روش وزنی محاسبه و با یکدیگر مقایسه شدند.

۴- نتایج

۴-۱ توانایی تولید امولسیون‌ساز و اثر شوری بر آن

هفت سویه که دارای بیشترین توانایی تولید امولسیون‌ساز بودند انتخاب شدند و اثر شوری بر روی آنها بررسی شد. نتایج تاثیر شوری در جدول (۱) درج گردیده است. برای مقایسه توانایی تولید امولسیون‌ساز توسط باکتریها از اعداد ۱ تا ۵ که به ترتیب به معنای توانایی تولید خیلی ضعیف، ضعیف، متوسط، خوب و خیلی خوب می‌باشد، استفاده شده است.

جدول ۱- توانایی امولسیون‌ساز در حضور غلظتهای مختلف NaCl

نام باکتری	NaCl ٪۵(w/v)	NaCl ٪۷(w/v)	NaCl ٪۱۰(w/v)
۱۰M	۳	۲	۱
۱۱M	۰	۰	۰
۲۱M	۴	۳	۰
۲۳M	۴	۴	۲
۲۹M	۳	۳	۱
۳۵M	۴	۲	۱
۴۹M	۳	۰	۰

۱. خیلی ضعیف: تعداد بسیار محدودی گویچه درشت قابل شمارش بین محیط کشت و نفت قرار دارد.

۲. ضعیف: یک لایه گویچه متوسط و درشت بین محیط کشت و نفت قرار دارد.

۳. متوسط: یک لایه گویچه ریز بین محیط کشت و نفت قرار دارد.

۴. خوب: دو تا سه لایه گویچه ریز بین محیط کشت و نفت قرار دارد به صورتی که تنها یک لایه نازک از نفت باقیمانده است.

۵. خیلی خوب: تمام نفت به صورت گویچه‌های ریز درآمده و با محیط آمیخته شده است.

همچنین عدد صفر نمایانگر حالتی است که هیچگونه تغییری در لایه نفت مشاهده نشده است.

۴-۲ توانایی تولید گاز و اثر شوری و دما بر آن

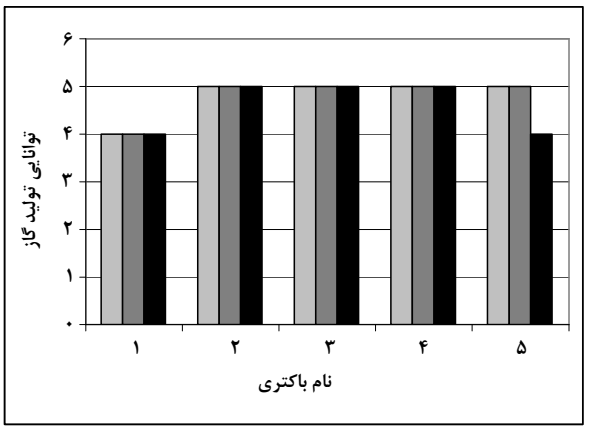
پس از کشت کلیه سویه‌های منزوی شده در محیط حاوی ملاس، تعداد ۵ سویه شامل M20، M21،M23، M35، M49 قادر به تولید گاز ازملاس (ساکاروز) بودند. در بررسی اثر شوری بر ۵ سویه مولد گاز از ملاس مشاهده شد که تولید گاز از آنها با بالارفتن غلظت نمک به شدت کاهش می‌یابد تا آنجا که در غلظت ۱۰٪ تنها سویه M20 به مقدار بسیار اندکی گاز تولید کرده و سایر سویه‌ها حتی پس از گذشت ۷۲ ساعت از کشت اولیه هیچگونه گازی تولید نکردند.

در بررسی اثر دما که در سه دمای ۳۰، ۳۷، ۴۴ درجه سلسیوس انجام شد پس از گذشت ۲۴ ساعت کلیه سویه‌ها تا دماهای ۳۰ و ۳۷ درجه سلسیوس گاز تولید کردند اما هیچکدام از آنها در دمای ۴۴ درجه سلسیوس قادر به تولید گاز نبودند.

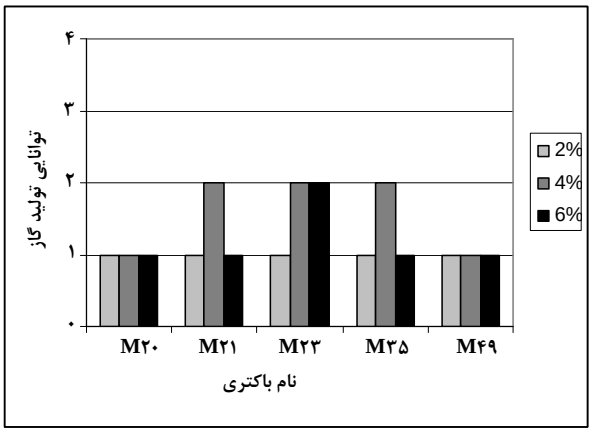
۴-۳ تاثیر غلظت ملاس و منابع نیتروژن و فسفر بر تولید گاز از ملاس

همانگونه که شرح داده شد از سه محیط با غلظتهای ۲، ۴ و ۶ درصد (v/v) ملاس چغندر قند و سه مکمل NH_4NO_3 و پپتون به منظور تأمین نیتروژن و K_2HPO_4 به عنوان منبع تأمین‌کنندهٔ فسفر استفاده شد و ۵ سویه M20، M21،M23، M35 وM49 در آنها کشت داده شد پس از گذشت ۴۸ ساعت از تلقیح، میزان تولید گاز در محیط شامل پپتون در کلیه غلظتهای فوق، بسیار خوب بود در حالیکه در محیط شامل NH_4NO_3 در هیچیک از غلظتهای ملاس به کار رفته گازی تولید نشد. نتایج به دست آمده در محیط دارای K_2HPO_4 ضعیف بود که بهترین وضعیت در غلظت ملاس ۴٪ به دست آمد. نتایج در شکل‌های (۱) و (۲) نشان داده شده است.

Archive of SID



شکل ۱– تاثیر غلظت ملاس بر میزان تولید گاز در حضور پپتون

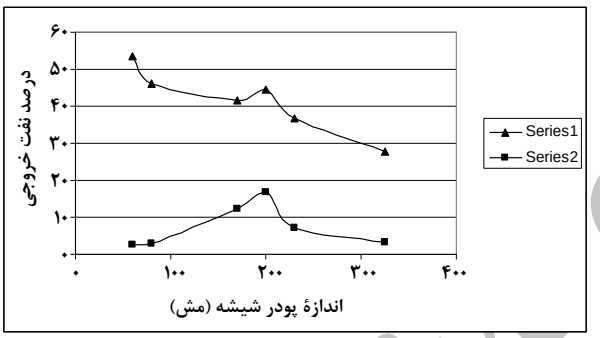


شکل ۲– اثر غلظت ملاس بر توانایی تولید گاز در حضور K_2HPO_4

عدد صفر به معنای عدم تولید و اعداد ۱ تا ۵ به معنای تولید خیلی ضعیف، ضعیف، متوسط، خوب و خیلی خوب می‌باشد.

۴-۴ نتایج خروج نفت از مدل ستونی توسط باکتری M23

پس از آماده سازی ستونها تاثیر باکتری M23 بر ازدیاد برداشت نفت در ستونها با تخلخل و نفوذ پذیری متفاوت بررسی شد که نتایج این اندازه گیری‌ها در جدول (۲) درج گردیده است. همچنین میزان خروج آب و نفت از ۶ ستون در شکل (۳) با یکدیگر مقایسه شده است. این مقایسه نشان می‌دهد که ستون دارای پودر شیشه ۲۰۰ مش دارای بیشترین نفت خروجی بوده و تخلخل آن بهینه است.



شکل ۳– تغییرات درصد نفت خروجی پس از تزریق آب و زیست‌امولسیون‌ساز نسبت به افزایش اندازهٔ پودرشیشه

جدول ۲– نتایج نفت خارج شده پس از تزریق آب و سپس زیست‌امولسیون‌ساز

ردیف	اندازهٔ پودر شیشه(مش)	تخلخل (٪)	آب همزاد (٪)	مقدار نفت اولیه (ml)	نفت خروجی پس از تزریق آب (٪v/v)	نفت خروجی پس از تزریق باکتری(٪v/v)
۱	۶۰	۳۳/۳	۸	۳۳	۵۳/۶	۲/۵
۲	۸۰	۳۸/۳	۸	۳۰	۴۶	۲/۹
۳	۱۷۰	۳۵/۴	۲۰/۴	۱۴	۴۱/۷	۱۲/۴
۴	۲۰۰	۴۰	۳۱/۶	۱۶	۴۴/۵	۱۶/۸
۵	۲۳۰	۴۰/۴	۲۵/۴	۱۶	۳۶/۸	۷/۲
۶	۳۲۵	۳۶/۶	۲۰	۱۷	۲۷/۷	۳/۱

Archive of SID

www.SID.ir

۴-۵ مقایسه عملکرد سویه‌های انتخابی و سورفاکتانت شیمیایی در ازدیاد برداشت نفت

در این مرحله چهار سویه M21، M23، M35، M49 و یک سورفاکتانت شیمیایی به صورت جداگانه مورد استفاده قرار گرفت. سویه M35 بیشترین تاثیر را بر میزان برداشت نفت داشته و عملکرد سه سویه از سویه‌های منتخب بهتر از سورفاکتانت شیمیایی بود. نتایج مربوط به درصد نفت خروجی توسط باکتری‌های مختلف وتویین ۸۰ [1] در جدول (۳) آورده شده است.

۵- نتیجه گیری

هدف از انجام این پژوهش جداسازی سویه‌های باکتریایی مناسب و مؤثر در ازدیاد برداشت میکروبی نفت بوده که بدین منظور از باکتریهایی استفاده شد که از محیط‌های آلوده به هیدروکربنها منزوی شده بودند. سویه‌های جدا شده، از نظر تولید گاز از ساکاروز (ملاس) و لاکتوز (آب پنیر) و زیست‌سورفاکتانت بررسی شدند که اغلب آنها قادر به تولید گاز نبوده و تنها ۵ سویه دارای این توانایی مشخص شد در حالیکه ۴۰ سویه از ۴۹ سویه منزوی شده توانایی ایجاد امولسیون نفت درآب را دارا بودند که از این تعداد ۱۶ سویه برتر جدا شده و در آزمونهای بعدی مورد استفاده قرار گرفتند. این موضوع می‌تواند بیانگر این باشد که وجود مواد نفتی و غیرقابل حل در آب باکتریها را به تولید موادی وادار می‌کند که قابلیت حل شدن این مواد آلی را در آب افزایش دهد.

آزمایش‌های صورت گرفته در زمینه تاثیر نمک بر رشد وتولید گاز توسط باکتریها نشان داد که اکثر سویه‌های جداشده حتی در محیطی با غلظت نمک ۱۰٪ نیز به راحتی قادر به رشد وتکثیر می‌باشند اما توانایی تولید گاز آنها تحت تاثیر غلظت نمک محیط قرار می‌گیرد و افزایش غلظت نمک در محیط، باعث کاهش تولید گاز می‌شود تا جایی که در غلظت بیش از ۷٪ با وجود رشد باکتری عملاً گازی تولید نمی‌شود. افزودن مکمل‌های غذایی مانند ترکیبات نیتروژن دار و فسفر دار نیز بر میزان تولیدات باکتریها مؤثر است که براساس بررسی‌های به عمل آمده افزودن ۱٪ پپتون به‌عنوان منبع نیتروژن به محیط، میزان تولید گاز را چند برابر می‌کند. در حالی که در حضور ترکیبات نیتروژن‌دار دیگر مانند نیترات آمونیوم تأثیر معکوس داشته و تولید گاز را متوقف می‌سازد.

در مدل طراحی شده از ۶ ستون پر شده توسط پودر شیشه با مشهای متفاوت استفاده شد که در نتیجه ۶ ستون با درجه تخلخل متفاوت به دست آمد. با توجه به آزمایشهای انجام شده، میزان نفت خروجی در اثر تزریق آب، با کاهش درجه تخلخل، تقریباً به صورت خطی کاهش یافت. در حالیکه پس از تزریق باکتریها و امولسیون‌ساز تولید شده توسط آنها، حجم نفت خروجی از یک منحنی دارای نقطه ماکزیمم پیروی می‌کرد. بمعنای دیگر، میزان ازدیاد برداشت نفت توسط باکتریها، در نفوذپذیریهای بالا و نفوذپذیریهای پایین، کم است و به نظر می‌رسد استفاده از فرایندهای ازدیاد برداشت نفت به روش میکروبی در مخازن دارای نفوذپذیری متوسط، بهترین بازدهی را داشته باشد. این مطلب در تحقیقات به عمل آمده بر روی چاههای نفت مختلف در ایالات متحده نیز مشاهده شده است [۱].

در مرحله بعد از زیست‌امولسیون‌ساز تولید شده توسط ۴ سویه باکتری منتخب و یک نمونه سورفاکتانت شیمیایی شامل محلول ۲٪ تویین ۸۰ برای مقایسه عملکرد آنها، استفاده شد. نتایج به دست آمده حاکی از برتری سویه‌های باکتری و زیست‌امولسیون‌سازها نسبت به سورفاکتانت شیمیایی بوده و سویه باکتری M۳۵ بیشترین بازدهی را داشته که به عنوان سویه برتر انتخاب گردید.

جدول ۳- مقایسه عملکرد باکتریهای مختلف و سورفاکتانت شیمیایی

نام امولسیون‌ساز	مقدار نفت اولیه (ml)	نفت خروجی پس از تزریق آب (v/v٪)	نفت خروجی پس از تزریق باکتری (v/v٪)
۲۱M	۱۸	۴۲/۲	۵/۲
۲۳M	۱۷	۳۳/۵	۳/۲
۳۵M	۲۰	۴۳	۶/۶
۵۰M	۱۷	۳۸/۸	۵/۸
تویین ۸۰	۱۸	۳۷/۷	۴/۶

1. Tween 80

Archive of SID
www.

مراجع

[1] Portwood, J.T., "A Commercial Microbial Enhanced Oil Recovery Technology: Evaluation of 322 Projects", SPE29518, (1995).

[2] Knapp, R.M., Mclnerny, M.J., Menzie, D.E., Chisholm,J.L. and Bhupathiraju, V.K., "Design and Implementation of a Microbialy Enhanced Oil Recovery Field Pilot, Payne County, Oklahoma", SPE24818, (1992).

[3] ا. لقمانی، ب. بنکدارپور، م. رضایی، «بررسی مکانیزمهای ازدیاد برداشت نفت (MEOR) در یک مدل متخلخل آزمایشگاهی»، دومین همایش ملی بیوتکنولوژی، ایران، ۱۱۸۰.

[4] Zekri, A.Y. and El-Mehaideb, R.A., "Microbial and Waterflooding of Fractured Carbonate Rocks: An Exprimental Approach", SPE, (2002).

[5] Ghazali Abd. Karim, M., Hj Salim, M.A., Carigali Sdn. Bhd., P., Md. Zain, Z., Nazri Talib, Noor, SPE Asia Improved Oil Recovery Conf., (2001). [6] Deng, D., Li, C., Ju, Q., Wu, P., Dietrich, F.L. and Zhou, Z.H., "Systematic extensive laboratory Studies of Microbial EOR Mechanisms and Microbial EOR Application Results in Changqing Oilfield", SPE54380, (1999).

[7] Strappa, L.A., De Lucia, J.P., Maure, M.A. and Liopiz, M.L.L., "A Novel and Successful MEOR Project in a Strong Water-Drive Reservoir Vizcacheras Field, Argentina", SPE89456, (2004).

[8] Abtahi, N., Roostazad, R. and Ghadiri, F., "Biosurfactant Production in MEOR for Improvement of Iran's Oil Resevoirs' Production Experimental Approach", SPE84907, (2003).

Archive of SID

www.SID.ir