Arraid Journal of Science and Technology
Higher Institute of Science and Technology-Shmokh

مجلة الرائد للعلوم والتقنية
المعهد العالي للعلوم والتقنية ـ الشموخ

تاريخ الإستلام: 21-10-2025 | تاريخ القبول: 25-11-2025 | تاريخ النشر: 30-12-2025م

التقنية الحيوية ودورها في معالجة التربة الملوثة بالنفط الخام بواسطة البكتيريا

نعيمة احمد الصادق طبيقة، الصادق علي كاموك
قسم الهندسة الكيميائية والبيئية ـ كلية التقنية الهندسية جنزور
sadegkamouka@gmail.com ، naimastbiga69@gmail.com

ABSTRACT

Bioremediation is a natural process in which microorganisms alter and degrade the structure of petroleum hydrocarbon compounds into other substances. The resulting compounds, such as carbon dioxide, water, and biomass, may be partially oxidized due to biological transformation. The bacteria that consume petroleum are referred to as “hydrocarbon-oxidizing bacteria” because they oxidize these compounds, leading to their degradation and the transformation of contaminated soil into clean soil. This study was conducted to evaluate the efficiency of biotechnological methods using bacteria to remediate oil-contaminated soils. The experiments were carried out in the microbiology laboratory at the Oil Research Center using soil samples from the crude oil-contaminated area of the Zawiya Refinery, with contamination originating from the Sharara oil field . The study concluded that a high percentage of hydrocarbon degradation and breakdown was achieved—up to 60%. The bacterial strains (Actinomycetes, Pseudomonas aeruginosa, and Vibrio) demonstrated very high growth capacity in the contaminated environment. The efficiency of the bioremediation process was found to be directly proportional to the active biomass in the soil. Similarly, hydrocarbon degradation was positively correlated with time, particularly during the initial phase of biodegradation by hydrocarbon-oxidizing bacteria. This process is facilitated by the enzymes produced by these bacteria, capable of degrading polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs). Most of the isolated bacterial strains were Gram-negative, characterized by a lipid-rich outer membrane. This feature enables them to absorb a greater quantity of hydrocarbon compounds from the environment, subsequently oxidizing and utilizing them as a carbon source

الملخص

عملية المعالجة البيولوجية عملية طبيعية تقوم فيها الميكروبات بتغيير وتكسير طبيعي للمركبات الهيدروكربونية البترولية إلى مواد أخرى وقد تكون المركبات الناتجة صديقة للبيئة (ثاني أكسيد الكربون والمياه والكتلة الحيوية) مؤكسدة جزئياً بفعل التحول البيولوجي فالبكتيريا التي تستهلك البترول تدعى "مؤكسدات الهيدروكربون" لأنها تؤكسد المركبات مسببةً التحلل وتحويله إلى تربه نظيفة. أجريت هذه الدراسة لمعرفة مدى كفاءة التقنية الحيوية باستخدام البكتيريا في مكافحة من تلوث الترب بالنفط أجريت التجارب في معمل الميكروبيولوجي في مركز بحوث النفط لعينات من تربة مصفاة الزاوية الملوثة بالنفط الخام من حقل الشرارة خلصت الدراسة الى أن نسبة تحليل عالية للهيدروكربونات وتفكيكها يصل الى 60% وقدرة سلالات

البكتيريا (Actinomycete , pseudomonas.aeruginos , Vibrio) على نمو عالية جدا في البيئة الملوثة و أنكفاءة المعالجة تتناسب طرديا مع الكتلة الحيوية النشطة في التربة تفكك الهيدروكربون يتناسب طرديا مع الزمن مع بداية فترة التحلل بواسطة البكتيريا المؤكسدة للهيدروكربونات ويتم ذلك بفعل الانزيمات التي تمتلكها البكتيريا (PAHs) إذا ان أنواع البكتريا التي تم عزلها جلها سالبة الجرام والتي يتميز غلافها باحتوائه على الدهون التي تمكنها من الحصول على أكبر كمية من المركبات الهيدروكربونية من البيئة ثم اكسدتها واستغلالها مصدرا للكربون.

الكلمات الدلالية: التقنية الحيوية ، بكتيريا pseudomonas ، aeruginos ، Vibrio ، Actinomycete ، الهيدروكربونات النفطية ، تلوث التربة.

1 المقدمة

تتعرض العناصر البيئية إلى اختلال شديد في توازنها نتيجة للاستخدام المستمر للنفط ومشتقاته [1] يمكن أن يتسرب النفط بشكل مباشر وغير مباشر إلى داخل البيئة مما يؤدي إلى تلوثها الخطير [2] وتعدّ التربة ملوّثة باحتوائها على مادة أو عدة مواد بتركيزات تشكل خطرا على صحة الإنسان والحيوان والنبات، وكما أشارت بعض الدراسات إلى أن النبات يتأثر سلباً عند تلوّث التربة بالنفط الخام، حيث يتسبب التلوث بتأخر وانخفاض نسبة الإنبات بدرجة كبيرة وخاصة في وجود مستوى عالٍ من التلوّث وحدوث نقص تام في تغذية النبات [3] كما أن الاستصلاح السريع للتربة الملوثة بالنفط الخام يتم بعملية تنشيط للكائنات الحيّة الدقيقة التي تستعمل الهيدروكربونات كمصدر للطاقة وذلك بعزل بكتيريا مؤكسدة للهيدروكربونات من البيئة المحلية وتعريفها تعدّ الهيدروكربونات النفطية لاسيّما الأروماتية من الملوثات الخطيرة من خلال انتقالها في السلسلة الغذائية [4] فضلا عن سميتها للأحياء وفعلها المطفر والمسرطن وصفاتها الكيميائية والفيزيائية المعقدة التي تجعل منها صعبة التحليل [5] وتتوفر حاليا عدة طرق لإزالة أو معالجة الملوّثات النفطية بالطرق الكيميائية والفيزيائية والحيوية وتحظى المعالجة الحيوية باهتمام كبير كونها طريقة صديقة للبيئة وتعرف بأنها إمكانية استخدام الكائنات الحية الدقيقة في هدم وأزاله السمية بطريقة فعالة ولاسيما المعالجة بالبكتيريا.

2 أهمية الدراسة

رسم وتوجيه وتطوير السياسات في مجالات التقنية الحيوية والإسهام لتحقيق الفائدة القصوى من هذا التخصص في علاج العديد من المشاكل المحلية والوطنية في المجال الصناعي والبيئي والتخلص من النفايات كالتلوث بالنفط ومشتقاته وإعداد كوادر مؤهلة وإنشاء قاعدة بيانات في مجال التقنية الحيوية وتوجيه تطبيقات التقنية الحيوية بما يحقق الأمن الصحي الغذائي والقضاء على التلوث.

3 أهداف الدراسة

- توضيح خطورة التلوث بالنفط و مشتقاته على الاوساط البيئية خاصة الترب التي تعد وسطا مهما لنمو النباتات سواء البرية او البحرية و توفير الأمن الغذائي.
- الحصول على عزلات بكتيرية ذات كفاءة عالية في تحليل المواد الهيدروكربونية و تكسير الروابط الكربونية.
- تصنيف أنواع البكتيريا و معرفة مدى قدرتها على معالجة التلوث النفطي للتربة وذلك عن طريق معرفة استهلاك المواد الهيدروكربونية النفطية كمصدر للكربون و الطاقة.

4 المواد و طرق العمل

تم استخدام عينة من التربة الملوثة بالنفط الخام من حقل الشرارة المستخدم في مصفاة الزاوية لإجراء هذه الدراسة للكشف عن العزلات البكتيرية و مقدرتها على تحليل و تفكيك روابط النفط الخام و استخدام الكربون و النيتروجين كمصدر للغذاء و الحصول على الطاقة. ولغرض الدراسة تم تنشيط البكتيريا و ذلك بزراعتها على طبق بتري حاوي على وسطين غذائيين هما

1. بيئــة أجار المغذي
2. بيئة الملح المعدني المتوسط حضر الوسط تبعا [6] وذلك بإذابة المكونات بالمقادير المذكورة في 1 لترماء مقطر تم تعقيم بواسطة جهاز Autoclave بدرجة حرارة °121 لمدة 15 دقيقة.

ولغرض التعرف علي النمو الميكروبي تم استخدام الأوساط الغذائية الآتية:

جدول (1) الاوساط الغذائية المستخدمة لنمو البكتيريا في الحضانة:

بيئة الاجار المغذي	بيئة الملح المعدني المتوسط
- بيبتون 0.5 % - مستخرج الخميرة أو مستخرج البقر 0.3 % اجار 1.5 % - كلوريدات الصوديوم 0.5 % - تم ضبط الاس الهيدروجيني 6.8 و يكون عند درجة حرارة 25 درجة مئوية	- كبريتات الامونيوم (NH4)2 SO4 3.0جرام / لتر - ديهيدرات كبريتات الصوديوم Na2 SO4…10 H2 O 10جرام/ لتر - كلوريد البوتاسيوم KCl 0.1 جرام/ لتر - فوسفات هيدروجين البوتاسيوم K2HPO4 _ هيبتا هيدراتي سلفات المغنيسيوم MgSO4 …7H 2O 5 جرام/ لتر _ نترات الكالسيوم a (NO3)2 0.1 جرام/ لتر تم ضبط الاس الهيدروجيني على 0.2 باستخدام حمض الكبريتيك .

5 مواصفات نفط حقل الشرارة الخام المستخدم في الدراسة

يقع حقل الشرارة للنفط في صحراء مرزق ليبيا قرب مدينة اوباري اكتشف عام 1980 طورته شركة بتروم الحقل تشغله وتديره شركة أكاكوس للعمليات النفطية التي كانت تعرف باسم شركة ريبسول للعمليات النفطية والمساحة الاجمالية للحقل قرابة 200 كيلو متر مربع * 70 كيلو متر بمجموع أبار قرابة 350 بئر، يعتبر الحقل من اكبر وافضل الحقول جودة وانتاجا للنفط ينتج حوالي 350 الف برميل يوميا يرتبط الحقل بحظيرة خزانات تقع في مدينة الزاوية بخط طوله 723 كيلو متر وقطره 30 بوصة ويبلغ عدد الخزانات التي تستقبل

خام الشرارة 9 خزانات سعة كل خزان 300 الف برميل ، بدأ انتاج الحقل 1996/12/12م وبدأ تصدير اول شحنة 1998/09/01م [7].

جدول (2) يبين مواصفات نفط حقل الشرارة المستخدم في الدراسة

Light	خام خفيف جدا مع مستويات منخفضة من المعادن
Sweet	حلو
0.07Mg /g	الحموضة KOH
API Gravity 43.1	مقياس الكثافة النوعية
TotalSulphur :0.07	مستوى الكبريت
0 Mg/ Kg	النيكل
1Mg/ Kg	الفاناديوم

6 الجانب العملي

- تم وضع 1000 مل من الماء المقطر في قارورة مضاف اليه K2HPO4 بوزن 1.8 جرام/ لتر ، NH4CL بوزن 1جرام/ لتر ، NACL 0.1l جرام/ لتر ، بعد ذلك تم توزيع الكمية علي 21 دورق سعة كل دورق 100 مل فقط و تم اغلاق الدوارق بإحكام.
- تم تحضير 100 مل من الماء المقطر مضاف اليه FeSo4.7H20 بوزن 0.1l جرام في قارورة و أخذ 100 مل اخري من الماء المقطر مضاف اليه MgSo4.7H2O بوزن 0.2l جرام في قارورة اخري وتم وضع القوارير مع الدوارق في جهاز التعقيم.
- بعد مرور ساعتين تم إخراج الدوارق و القوارير حيث تم أخذ 1 مل من كل قارورة و اضافتها للدوارق.

بعد ذلك تم اضافة 60 غرام من التربة الملوثة لعدد 18 من الدوارق مع إضافة نفط مفلتر من حقل الشرارة الي هذه الدوارق بنسب مختلفة حيث كانت هذه النسب 1%، 5% ،10%، ولكل نسبة 4 دوارق مع ترك 2 دوارق كنترول (للمراقبة والمعايرة) لكل نسبة يحتوي هذا الدورق علي الميديا بالإضافة الي نسبة النفط المفلتر فقط بدون التربة الملوثة.

- ثم وضعت هذه الدوارق في حاضنة هزازة درجة حرارتها c28 في هذه الاثناء تم تحضير الوسط الغذائي الثاني وهو عبارة عن كبسولة من solution Ringers تم وضعها في ماء مقطر موجود في قارورة بسعة 500مل.
- تم وضع هذه القارورة علي ميزان الاذابة بعد ذلك تم توزيع هذه الكمية بنسبة 9 مل علي كل أنابيب الاختبار بواسطة سحاحة وضعت هذه الانابيب في جهاز التعقيم حيث تم اخراجهم بعد مرور ساعتين.
- تم تحضير الوسط الغذائي الثالث و هو عبارة عن الاجار الطبيعي و الاجار المخلوط بالنفط تمت إضافة حوالي 56 جرام من الاجار في 2000 مل من الماء المقطر داخل قارورتين كل قارورة بسعة 1000مل من الماء المقطر و 28 جرام من الاجار الطبيعي.
- وضعت القارورتين علي ميزان الاذابة بعد ذلك تم وضعهم في جهاز التعقيم و بعد مرور ساعتين من الزمن تم اخراجهم و تبريدهم بحيث تم توزيع ما تحتويه القارورة الاولي علي اطباق بتري المخصص لنمو البكتيريا بالتساوي و تمت إضافة نفط مفلتر من حقل الشرارة الي القارورة الثانية بنسبة 10 مل و تم توزيع ما تحتويه هذه القارورة بعد الرج علي باقي الأطباق بالتساوي.

- بعد مرور 7 ايام تم إخراج عدد 9 دوارق من الحاضنة بتراكيز مختلفة من ضمنهم دورق كونترول (المعايرة) لكل نسبة .
- تم أخذ 100 مل من الدورق الذي يحتوي علي تربة ملوثة بنسبة 1% و اضافته لأحد أنابيب الاختبار تم وضع هذه الانبوبة في جهاز هزاز بعد ذلك تم أخذ 1 مل من هذه الانبوبة و اضافتها للأنبوبة الموالية و هكذا حتي وصلنا ثامن أنبوبة (مزارع ثانوية).
- تم أخذ 4 مل من الانبوبة السادسة بحيث تمت إضافة 1 مل لكل زوج من الأطباق المحتوية علي الاجار الطبيعي و الاجار المخلوط بالنفط.

6.1 زراعة الميكروبات

لغرض التعرف علي النمو الميكروبي اتّبعت طريقة الزرع من الترب الملوثة علي البيئات الغذائية الموضوعة في أطباق بتري بحيث تم توزيع هذه الكمية علي سطح الاجار بواسطة إبره التلقيح الخاصة من ثم تغلق الأطباق و توضع في حاضنة كانت درجة حرارتها 37 درجة مئوية مع المراقبة بعد حوالي من 3–4 ايام تمت ملاحظة نمو البكتيريا علي السطح يمكن رؤيتها وعد النمو بالعين المجردة مع تكرار هذه العملية علي جميع الدوارق بنفس الطريقة.

6.2 التعرف على العزلات البكتيرية

تم إجراء الاختبارات على العزلات البكتيرية قيد الدراسة حسب ما جاء في العديد من المراجع و المصادر المختلفة [8] تم مبدئيا الاعتماد على الصفات المظهرية للمستعمرات على الاوساط و تشمل الحجم و اللون وارتفاع المستعمرة و شكل الحواف و من تم استعمل المجهر الضوئي للتعرف على شكل الخلايا و حجمها و رؤية الابواغ و طريقة تجمعها و من تم الانتقال للاختبارات البيو كيميائية.

6.3 الاختبارات البيو كيميائية

- صبغة جرام

تعتبر طريقة صبغة جرام من أهم طرق الصبغ التفريقي لأن باستعمالها نستطيع التفريق بين مجموعات البكتيريا . حيث إن صبغ البكتيريا بهذه الصبغة يعتبر أهم الخطوات في دراسة خواص البكتيريا أثناء تعريفها في المعمل. واستعملت هده الطريقة لأول مرة من قبل العالم كريستيان جرام عام 1884م بواسطة صبغ البكتيريا بطريقة جرام نستطيع تقسيم البكتيريا إلي مجموعتين:

1– البكتيريا الموجبة لصبغة جرام.

2–البكتيريا السالبة لصبغة جرام.

- إجراء كل الاختبارات الحيوية و تشمل (اختبار الكاتاليز– اكسيديز – انتاج كبريتيد الهيدروجين
- اكسدة وتخمر السكريات(التي تستخدم كمصدر للكربون و النيتروجين) سيتم توضحيها لاحقا في جدول النتائج.

6.4 النسبة المئوية لتحلل النفط الخام في عينات الدراسة

- تم استخدام جهاز الكروماتوجرافيا الغازية كطريقة فعالة من اجل فصل و كشف المركبات العضوية القابلة للتطاير ومزيج من مركبات غير عضوية من الطور الثابت و التحليل النوعي بواسطة تحليل الايون الجزيئي للعينة السائلة بواسطة التأين الالكتروني (EL) وامكانية حقن العينة بطريقة قياس الوزن الجزيئي عن طريق جهاز (GC) و الحصول على مطياف الكتلة من مادة عضوية نقية و تحليل الزيوت العطرية والاحماض الدهنية [9]
- يتضمن ألية جهاز GC التجزئة في انحلالية الغازات بين الطور المتحرك الداخل والطور الصلب الساكن واهم اجزاء الكروموتوجرافيا الغازية :-
- الغازات و حجرة الحقن و العامود و الكاشف و الغاز المستعمل عادة يكون غاز الهليوم و هو غاز خامل حتى ل يتفاعل مع العينة.

7 النتائج والمناقشة

- بعد الدراسة و التجارب المعملية التي أجريت تم التوصل إلي النتائج الآتية:
- الجراثيم التي تم عزلها من استزراع التربة الملوثة بنفط الشرارة شملت أنواع من البكتيريا التي ظهرت علي الوسطين
- -بيئــة أجار المغذي
- -بيئة الملح المعدني المتوسط
- اختلف نموها من نمو ضعيف إلي معتدل إلي نمو كبير عند تحضينها عند 37ْC لمدة من 24 ساعة الي 72 ولقد ظهرت البكتيريا المعزولة صفراء اللون وبعضها برتقالي والبعض الآخر باللون الأبيض الكريمي أو الحليبي ، وبعضها ظهر والبعض الأخر بني وبعضها ظهر باللون الرصاصي الباهت والغامق، وبعضها ظهر بلون وردي. أما شكل المستعمرات المعزولة فبعضها ظهر صغير ذات حواف كاملة ملساء ، في حين أن البعض الأخر كانت حوافها غير منتظمة وسطحها غير أملس أنواع البكتيريا التي عزلت كانت بعضها موجبة وبعضها سالبة لصبغة جرام.
- استخدمت السلالات البكتيرية النامية على الاجار الطبيعي (المرق) و أجار الملح المعدني ركائز الهيدروكربونات البترولية الخام كمصدر وحيد للطاقة و الكربون بعد أن تم تحضينها ومعدل المعالجة الحيوية للتربة يعتمد على بقاء و نمو الكائنات في التربة وهذه السلالات من المستعمرات التي نمت على الوسط الغذائي كما موضح في الجدول التالي(جدول 3) صنفت مبدئيا على الخصائص حسب خصائصها المورفولوجية و الفسيولوجية وفقا لنظام التصنيف الذي اقترحه دليل bergeys فكانت النتيجة وجود سلالتين
- 1_ سالبة جرام خيطية + موجبة جرام عصوية اكتينوميسيتس *Actinomycete*
- 2_ سيدوموناس *Pseudomonas. aeruginosa* وقضبان سالبة جرام عصوية وخلايا *Vibroid Cells (Vibrio)*

جدول (3) يبن شكل المستعمرات البكتيرية المعزولة من ترب مصفاة الزاوية بالمجهر الضوئي على الاوساط الغذائية

لون المستعمرة	صبغة جرام
صفراء	عصوية موجبة جرام
رمادية مصفرة	عصوية سالب الجرام
بنية صغير	عصوية سالبة الجرام
وردية	عصوية موجبة وسالبة جرام
أبيض	أبواغ عصوية
رمادية	عصوية سالبة الجرام الزائفة
البرتقالية	بكتيريا الضمة سالبة الجرام

الزائفة الزنجارية، (*Pseudomonas. aeruginosa*) هي بكتيريا سالبة غرام منتشرة بكثرة، يمكن أن تسبب امراض عند الحيوانات، بما فيها البشر. وانها تعتبر ايجابية السترات، وتحوي انزيم الكاتالاز (Catalase)، وكانت نتيجة اختبار الاوكسيداز لها ايجابي. تتواجد هذه البكتيريا في التربة، والمياه، والنباتات، ، ومعظم البيئات الطبيعة، أ تزدهر هذه البكتيريا في الأجواء طبيعية، بل أيضا في الأجواء قليلة الاكسجين، تتغذى على مجموعة واسعة من المواد العضوية، و لها قادرة على تحليل المواد الهيدروكربونية وقد استخدمت لتكسير القطران والنفط [10] عند حدوث تسرب في النفط. ومن الجدير بالذكر أن الأحياء المجهرية المحللة للمركبات الهيدروكربونية تشكل أقل من 1%من المجتمع الميكروبي للتربة وتزداد هذه الأعداد عند التلوث لتصل إلى 18 %من المجموع الكلي وأن البكتيريا المحللة قد تنتج بعض المواد المؤثرة في الشد السطحي والتي تعمل على تفكيك وتحليل البقع النفطية [11]

تعتبر البكتيريا الخيطية شكل (2,1) موجبة لصبغة جرام ولكنها تفصل كمجموعة مستقلة من قبل المختصين في علوم أحياء التربة المجهرية. وهي أحياء مجهرية وحيدة الخلية هوائية متفرعا شبيه بمايسليوم الفطريات عدا كونه دقيقا وقطره يتراوح من 0.5 – 1 مايكرون وقد يصل أحيانا إلى 2 ما يكرون صفاتها تكون وسط بين الفطريات والبكتريا تتكاثر بتجزئة الهايفات إلى أجزاء كروية أو اسطوانية وقسم منها تتكاثر بتكوين سبورات لا جنسية (كونيدات Conidia أو السبورات الموجودة في حافظة السبورات. المستعمرات النامية على سطح البيئة الغذائية تشبه مستعمرات الفطريات ، تلتقي مع الفطريات في بعض الخواص وهي :

1- يمتلك المايسليوم في الاكتينومايستات الراقية خاصية التفرع الموجودة في مايسليوم الفطريات.

2- تكون بعض الاكتينومايستات مايسليوم هوائية و كونيديا مثل ما موجود في الفطريات.

وقد أثبتت الدراسة بما لا يقبل الشك بأنها بكتيريا للأسباب التالية :

1- خليتها التي هي من نوع بدائية النواة و الجدار الخلوي الذي يتركب كيميائيا من معقدات تتكون من ارتباط كل من السكريات والسكريات الامينية والأحماض الامينية وبذلك فهو يشابه تماما غلاف البكتريا الموجبة لصبغة جرام.

2- كما أنها تشابه البكتريا من حيث حساسيتها للمضادات الحيوية وللبكتريوفاج وللمثبطات البكتيرية وليست الفطرية وملائمتها للترب القاعدية وقطر الخلية الدقيق.

3- أن شكل وحجم الهايفات والكونيديا والقطع الناتجة عن تجزئة المايسليوم تكون جميعها مشابهة لتركيب البكتريا وان بعض الأجناس لا تكون مايسليوم هوائي وتكون مشابهة للجنس في شكلها العام وتفاعلاتها الاصطباغية.

4- تمتلك اسواط مشابهة لتلك الموجودة في البكتريا الاعتيادية

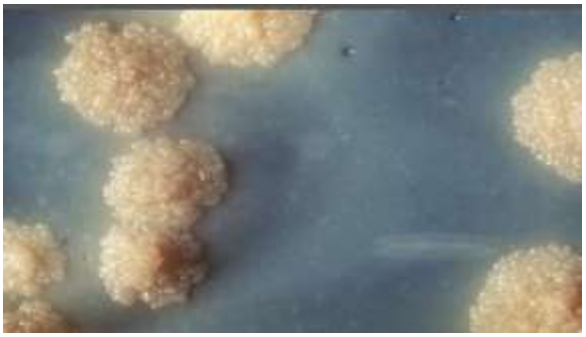
أن مثل هذه الصفات أدت إلى تصنفيها ضمن البكتريا الخيطية وليست الفطريات وتشكل الرتبة احد الرتب العشر التي تصنف لها البكتريا. تكثر الاكتينومايستات أو البكتريا الخيطية في التربة وفي خليط المخلفات العضوية، أعدادها في التربة تأتي بعد أعداد البكتريا الأخرى وأحيانا تكونان متكافئتين في العدد ومعظم البكتريا الخيطية رمية التغذية تعيش على الأنسجة العضوية الميتة

شكل (1) بكتيريا الخيطية على بيئة الاجار شكل(2) البكتيريا الخيطية تحت المجهر

بكتيريا (Vibrio)

بكتيريا الضمة (فيبرو) كما موضح بالشكل (3) هو أحد أجناس البكتيريا السالبة لصبغة جرام، وتتخذ شكلاً مميزاً وهو شكل القضيب المنحني أو الفاصلة ولذلك تعرف ببكتيريا الضمة تستطيع أنواع عديدة من هذه البكتيريا. توجد غالباً في المياه المالحة، تعد بكتيريا الضمة من البكتيريا اللاهوائية والتي تعطي نتيجة موجبة لاختبار إنزيم الأوكسيديز ولا تقوم بصناعة الأبواغ ولكن الصفة المشتركة بين كل أنواع هذا الجنس أنها متحركة بواسطة سوط قطبي ولها أغطية، وعلى عكس أنواع البكتيريا الأخرى وبعد الاطلاع على نتائج تحليل عينات النفط في جهاز الكرومات وجرافي لعينات من النفط بتراكيز معينة المضاف اليها التربة المحتوية على أعداد من سلالتين البكتيريا التي تم الكشف عليها والنامية على الوسطين البيئتين اتضح أن البكتيريا لها تأثير واضح على تفكيك وتكسير الروابط الهيدروكربونية للنفط واستخدامها كركائز للحصول على الكربون والطاقة ومن المقارنات مثلا 14 C عندما كان تركيز النفط الخام 1% كانت نسبة التحليل 15.783 وكانت نسبة التفكك 15% وعندما كان تركيز النفط الخام 5% كانت نسبة التحلل 11.388 وكانت نسبة التفكك 25% بينما في التركيز 10% كانت نسبة التحلل 9.929 وكانت نسبة الهضم والتكسير 60%.

هذا يعني أن للبكتيريا قدرة عل الهضم و التكسير كلما زادت نسبة البكتيريا وتكاثرت زادت نسبة التفكك وقلت نسبة الهيدروكربون لان البكتيريا استخدمتها كغذاء للحصول على الكربون و الطاقة وهذا لحد معين حتى يستقر التفكك و الهضم و يرجع ذلك اما لتحلل كل الهيدروكربونات خاصة الخيطية منها الغير معقدة او لوصول البكتيريا لحالة التشبع وأحيانا وصولها لمرحلة الثبات و موت الكثير من الخلايا بالحمض العضوي السام.

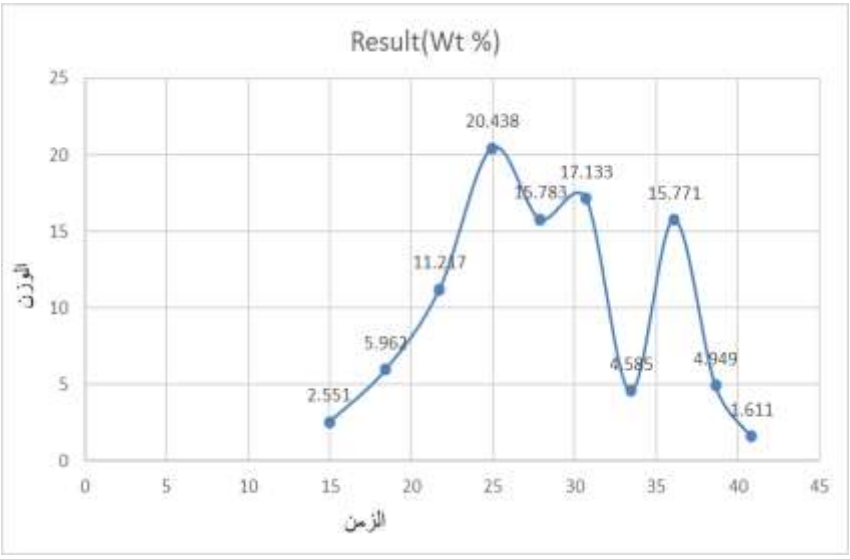


شكل(3):بكتيريا الضمة

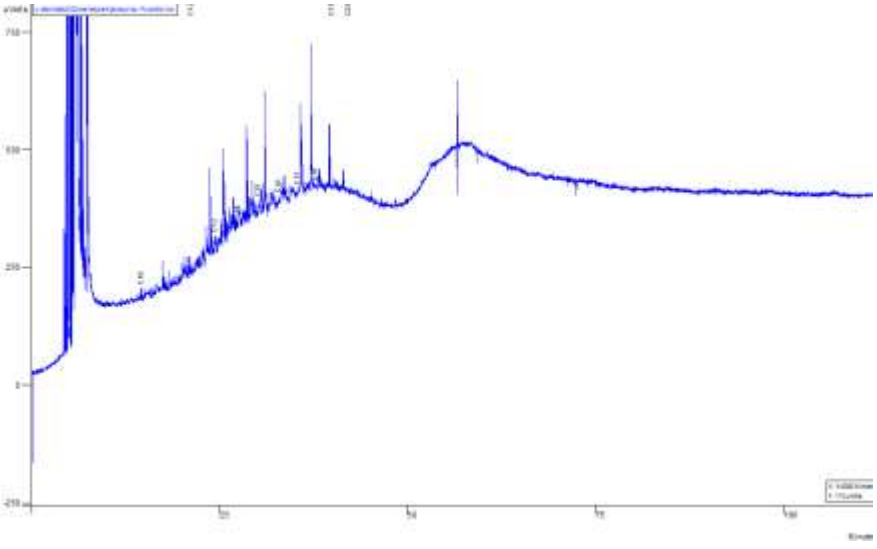
جدول (4) نتيجة اختبار توزيع الكربون لجهاز الكروماتوغرافيا الغازية (GC) لعينة من التربة ملوثة بنفط مفلتر بنسبة 1%

Ac 1% .run

Peak No	Peak Name	Result (Wt %)	Ret. Time (min)
1	C10	2.551	14.983
2	C11	5.962	18.411
3	C12	11.217	21.733
4	C13	20.438	24.954
5	C14	15.783	27.899
6	C15	17.133	30.708
7	C16	4.585	33.437
8	C17	15.771	36.091
9	C18	4.949	38.635
10	C19	1.611	40.814
Totals		100.000	287.665
Average		10	28.7665
Median		19.7449	29.3035
std.deviation		6.872354796	8.716140382
Correlation		-0.05373218	



شكل (4): العلاقة بين وزن الكتلة الحيوية للبكتيريا والزمن لتكسير الكربوهيدرات عند نسبة 1%

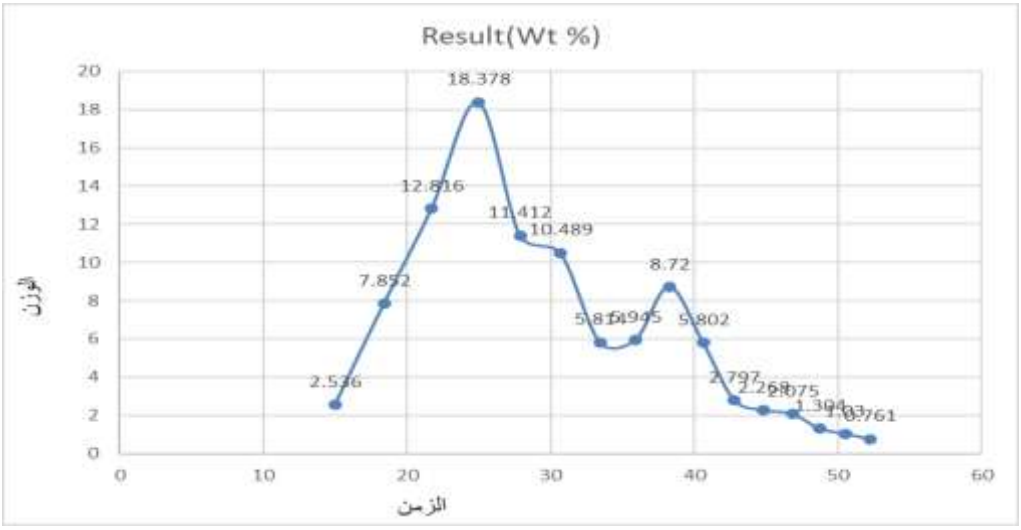


شكل(5): كروماتوغرام الغاز لنفط الشرارة المفلتر بنسبة 1% وزن/حجم

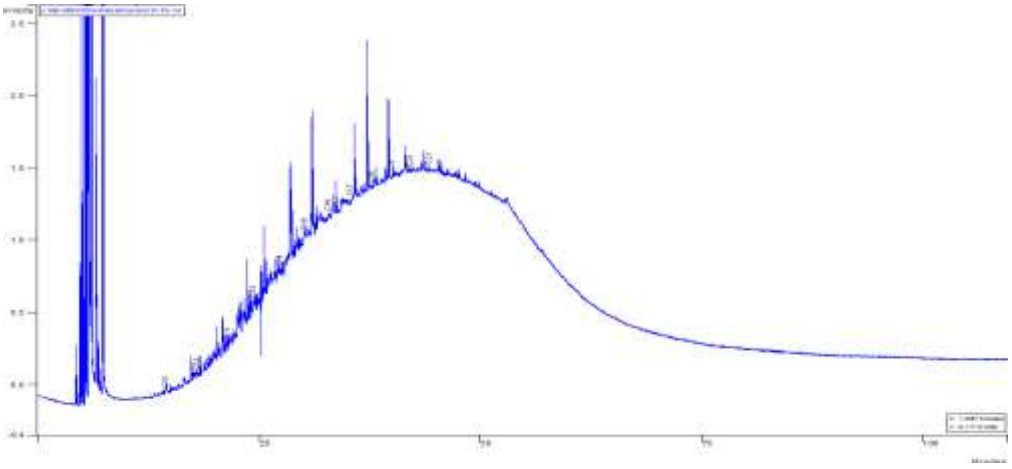
جدول (5) :نتيجة اختبار توزيع الكربون لجهاز الكروماتوغرافيا الغازية (GC) لعينة من التربة ملوثة بنفط مفلتر بنسبة 5%

b1 5% . run

Peak No	Peak Name	Result (Wt %)	Ret. Time (min)
1	C10	2.536	14.983
2	C11	7.852	18.411
3	C12	12.816	21.733
4	C13	18.378	24.954
5	C14	11.412	27.871
6	C15	10.489	30.680
7	C16	5.814	33.437
8	C17	5.945	35.914
9	C18	8.720	38.252
10	C19	5.802	40.617
11	C20	2.797	42.770
12	C21	2.268	44.798
13	C22	2.075	46.833
14	C23	1.304	48.714
15	C24	1.030	50.485
16	C25	0.761	52.212
Totals		99.999	572.664
Average		6.2499375	35.7915
Median		2.536	14.983
std.deviation		5.064988483	11.77053444
Correlation		−0.636009214	



شكل (6) :العلاقة بين وزن الكتلة الحيوية للبكتيريا والزمن لتكسير الكربوهيدرات عند نسبة 5%

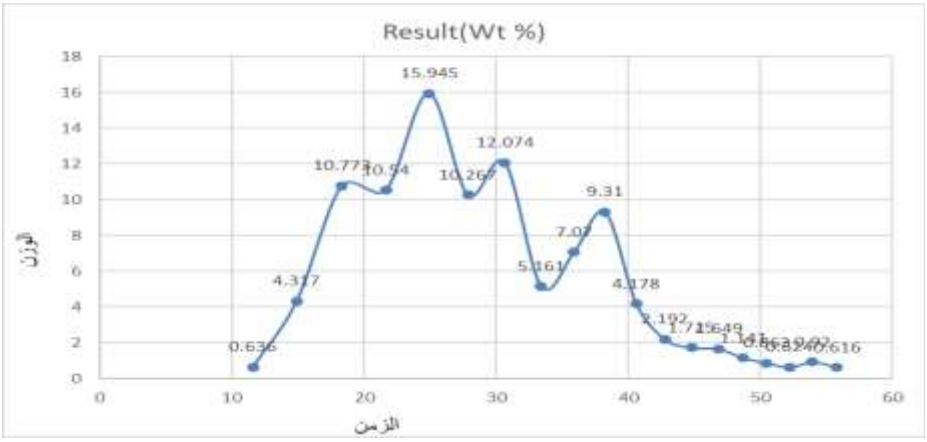


شكل (7): كروماتوغرام الغاز لنفط الشرارة المفلتر بنسبة 5% وزن/حجم

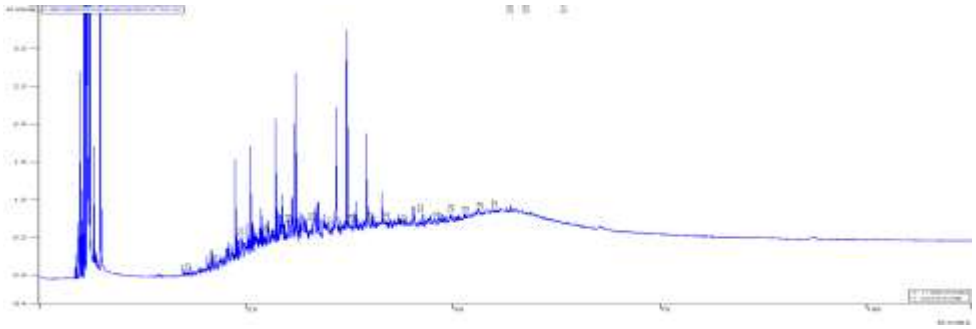
جدول (6): نتيجة اختبار توزيع الكربون لجهاز الكروماتوغرافيا الغازية (GC) لعينة من التربة ملوثة بنفط مفلتر بنسبة 10%

C1 10% .run

Peak No	Peak Name	Result (Wt %)	Ret. Time (min)
1	C9	0.636	11.597
2	C10	4.317	14.903
3	C11	10.773	18.329
4	C12	10.540	21.663
5	C13	15.945	24.905
6	C14	10.267	27.860
7	C15	12.074	30.647
8	C16	5.161	33.404
9	C17	7.070	35.896
10	C18	9.310	38.238
11	C19	4.178	40.605
12	C20	2.192	42.779
13	C21	1.725	44.792
14	C22	1.649	46.827
15	C23	1.141	48.717
16	C24	0.863	50.476
17	C25	0.624	52.202
18	C26	0.920	53.925
19	C27	0.616	55.793
Totals		100.001	693.558
Average		5.263211	36.50305
Median		4.178	38.238
std.deviation		4.831688	13.72731
Correlation		−0.57283	



شكل(8) :العلاقة بين وزن الكتلة الحيوية للبكتيريا والزمن لتكسير الكربوهيدرات عند نسبة 10%



شكل(9) :كروماتوغرام الغاز لنفط الشرارة المفلتر بنسبة 10% وزن/حجم

شكل(10) **شكل(11)**

شكل(12) **شكل(13)**

تبين الصور (10، 11، 12، 13) بعض الاختبارات المعملية الميكروبيولوجية

8 الخلاصة

بعد الاطلاع على نتائج الدراسة التي تمت بشأن المعالجة الحيوية لتربة مصفاة الزاوية الملوثة بالنفط الخام من حقل الشرارة خلصت الدراسة الى تحليل عالي للهيدروكربونات وتفكيكها يصل الى60 %.

1. قدرة سلالات البكتيريا (*Actinomycete , pseudomonas.aeruginos , Vibrio*) على نمو عالية جدا في البيئة الملوثة.
2. كفاءة المعالجة تتناسب طرديا مع الكتلة الحيوية النشطة في التربة.
3. التحلل بواسطة الميكروبات الاصلية لنفس البيئة يعطي نتائج أعلى مقارنة بإضافة خلايا ميكروبية من بيئات أخري بسبب تكييف وقدرة البكتيريا للبقاء على قيد الحياة.

تفكك الهيدروكربون يتناسب طرديا مع الزمن مع بداية فترة التحلل بواسطة البكتيريا المؤكسدة للهيدروكربونات بواسطة استخدام جهاز الكروماتوكرافيا الغازي كما موضح بالشكل (5، 7، 9) ويمكن ان تعزى الزيادة في عدد الخلايا البكيرية خلال الأيام الأولى الى استهلاك البكتريا للمركبات الهيدروكربونية البسيطة إذ تستهلك البكتيريا المركبات البسيطة مثل الألكان أولا ثم الاصعب تركيبا ويتم ذلك بفعل الانزيمات التي تمتلكها البكتيريا (PAHs) مثل المركبات الهيدروكربونية متعددة الحلقات إذا ان أنواع البكتريا التي تم عزلها جلها سالبة الجرام والتي يتميز غلافها باحتوائه على الدهون التي تمكنها من الحصول على أكبر كمية من المركبات الهيدروكربونية من البيئة ثم اكسدتها واستغلالها مصدرا للكربون وبعدها يقل التفكك ويتوقف غالبا السبب وجود هيدروكربونات ذات روابط فرعية متعددة صعب التحلل ايضا بسبب تراكم الحمض العضوي الذي يعد من العناصر السامية للخلايا البكتيرية.

المراجع

المراجع العربية

[1] بن صادق، علي. 1999 (التلوث البيئي. جامعة الملك سعود- الرياض- المملكة السعودية-الطبعة الثانية.

[2] أبو الغيث (2010) رسالة ماجستير – جامعة الزاوية هيدروكربونات الموجودة في النفط كمصدر للكربون والطاقة.

[3] الطائي، ميسون صالح؛ حمد، نداء شهاب؛ البكري، جولان جبار صاحب. 2016 (. دراسة إمكانية إزالة الهيدروكربونات النفطية وبعك الملوثات في مياه المخلفات النفطية لمصفى النجف. مجلة جامعة (60 – 50: 24) بابل/ العلوم الصرفة التطبيقية.

المراجع الأجنبية

[1] Thouand, G.; Bauda, P.; Oudot, J.; Kirsch, G.; Sutton,C Vidalie, J.F(1999). Laboratory evaluation of crude oil biodegradation with commercial or natural microbial inocula. Canadian Journal of Microbiology. 45(2):

[2] MSM recipe is from Coleman et al 2002(AEM, JS666), originally adapted from(Hartmans et Appl.Micr.Biotech.1992).

[3] The Oil Reserves of Libya — Discovered, Produced and Yet to Find: From Analysis of the Impact of Recent New Ideas from the Reserve Base". searchanddiscovery.com. 2008 مؤرشف من الأصل في 20-10-2017. اطلع عليه بتاريخ .28-05-2013

[4] MacFaddin, J. F. 2000. Biochemical tests for identification of medical bacteria. 3rd ed. Williams and willkins company. USA., pp. 912.

[5] - Itah J.P. (2005). "Growth Profile and Hydrocarbonoclastic Potential of Microorganisms Isolated from Tarballs in the Bight of Bonny Nigeria"، World Journal of Microbiology and Biotechnology 21 (6–7): 1317–22. doi:10.1007/s11274-004-6694-z.

[6] Jacobucci, D.F.C., Vasconcelos, C.K., Matsuura, A.B., Falconi, F.A. and Durrant, L.R. 2001. Degradation of Diesel Oil by Biosurfactant – Producing Bacterial Strains. The Association for Environmental Health and Sciences. Food Engineering Faculty. Companies State University. Unicamp Companies – Brazil Advanced Technology. pp.1-8.

[7] https://is.gd/J1yJ7J Accessed date: 20-12-2025.