

مجلة جامعة حمص

سلسلة العلوم الهندسية الكيميائية والبتروولية



مجلة علمية محكمة دورية

المجلد 47 . العدد 6

1447 هـ - 2025 م

الأستاذ الدكتور طارق حسام الدين رئيس جامعة حمص

المدير المسؤول عن المجلة

رئيس تحرير مجلة جامعة حمص للعلوم الإنسانية	أ. د. وليد حمادة
رئيس تحرير مجلة جامعة حمص للعلوم الطبية والهندسية والأساسية والتطبيقية	د.نعيمة عجيب

عضو هيئة التحرير	د. محمد فراس رمضان
عضو هيئة التحرير	د. مضر سعود
عضو هيئة التحرير	د. ممدوح عبارة
عضو هيئة التحرير	د. موفق تلاوي
عضو هيئة التحرير	د. طلال رزوق
عضو هيئة التحرير	د. أحمد الجاعور
عضو هيئة التحرير	د. الياس خلف
عضو هيئة التحرير	د. روعة الفقس
عضو هيئة التحرير	د. محمد الجاسم
عضو هيئة التحرير	د. خليل الحسن
عضو هيئة التحرير	د. هيثم حسن
عضو هيئة التحرير	د. أحمد حاج موسى

تهدف المجلة إلى نشر البحوث العلمية الأصيلة، ويمكن للراغبين في طلبها

الاتصال بالعنوان التالي:

رئيس تحرير مجلة جامعة حمص

سورية . حمص . جامعة حمص . الإدارة المركزية . ص . ب (77)

. هاتف / فاكس : ++ 963 31 2138071

. موقع الإنترنت : www.homs-univ.edu.sy

. البريد الإلكتروني : journal.homs-univ.edu.sy

ISSN: 1022-467X

شروط النشر في مجلة جامعة حمص

الأوراق المطلوبة:

- 2 نسخة ورقية من البحث بدون اسم الباحث / الكلية / الجامعة) + CD / word من البحث منسق حسب شروط المجلة.
 - طابع بحث علمي + طابع نقابة معلمين.
 - إذا كان الباحث طالب دراسات عليا:
يجب إرفاق قرار تسجيل الدكتوراه / ماجستير + كتاب من الدكتور المشرف بموافقة على النشر في المجلة.
 - إذا كان الباحث عضو هيئة تدريسية:
يجب إرفاق قرار المجلس المختص بإنجاز البحث أو قرار قسم بالموافقة على اعتماده حسب الحال.
 - إذا كان الباحث عضو هيئة تدريسية من خارج جامعة البعث :
يجب إحضار كتاب من عمادة كليته تثبت أنه عضو بالهيئة التدريسية و على رأس عمله حتى تاريخه.
 - إذا كان الباحث عضواً في الهيئة الفنية :
يجب إرفاق كتاب يحدد فيه مكان و زمان إجراء البحث ، وما يثبت صفته وأنه على رأس عمله.
 - يتم ترتيب البحث على النحو الآتي بالنسبة لكليات (العلوم الطبية والهندسية والأساسية والتطبيقية):
عنوان البحث .. ملخص عربي و إنكليزي (كلمات مفتاحية في نهاية الملخصين).
- 1- مقدمة
 - 2- هدف البحث
 - 3- مواد وطرق البحث
 - 4- النتائج ومناقشتها .
 - 5- الاستنتاجات والتوصيات .
 - 6- المراجع.

- يتم ترتيب البحث على النحو الآتي بالنسبة لكليات (الآداب - الاقتصاد - التربية - الحقوق - السياحة - التربية الموسيقية وجميع العلوم الإنسانية):
- عنوان البحث .. ملخص عربي و إنكليزي (كلمات مفتاحية في نهاية الملخصين).
- 1. مقدمة.
- 2. مشكلة البحث وأهميته والجديد فيه.
- 3. أهداف البحث و أسئلته.
- 4. فرضيات البحث و حدوده.
- 5. مصطلحات البحث و تعريفاته الإجرائية.
- 6. الإطار النظري و الدراسات السابقة.
- 7. منهج البحث و إجراءاته.
- 8. عرض البحث و المناقشة والتحليل
- 9. نتائج البحث.
- 10. مقترحات البحث إن وجدت.
- 11. قائمة المصادر والمراجع.
- 7- يجب اعتماد الإعدادات الآتية أثناء طباعة البحث على الكمبيوتر:
 - أ- قياس الورق 25×17.5 B5.
 - ب- هوامش الصفحة: أعلى 2.54- أسفل 2.54 - يمين 2.5- يسار 2.5 سم
 - ت- رأس الصفحة 1.6 / تذييل الصفحة 1.8
 - ث- نوع الخط وقياسه: العنوان . Monotype Koufi قياس 20
- كتابة النص Simplified Arabic قياس 13 عادي - العناوين الفرعية Simplified Arabic قياس 13 عريض.
- ج. يجب مراعاة أن يكون قياس الصور والجداول المدرجة في البحث لا يتعدى 12سم.
- 8- في حال عدم إجراء البحث وفقاً لما ورد أعلاه من إشارات فإن البحث سيهمل ولا يرد البحث إلى صاحبه.
- 9- تقديم أي بحث للنشر في المجلة يدل ضمناً على عدم نشره في أي مكان آخر، وفي حال قبول البحث للنشر في مجلة جامعة البعث يجب عدم نشره في أي مجلة أخرى.

10- الناشر غير مسؤول عن محتوى ما ينشر من مادة الموضوعات التي تنشر في المجلة
11- تكتب المراجع ضمن النص على الشكل التالي: [1] ثم رقم الصفحة ويفضل استخدام التهميش الإلكتروني المعمول به في نظام ورد WORD حيث يشير الرقم إلى رقم المرجع الوارد في قائمة المراجع.

تكتب جميع المراجع باللغة الانكليزية (الأحرف الرومانية) وفق التالي:

آ . إذا كان المرجع أجنبياً:

الكنية بالأحرف الكبيرة - الحرف الأول من الاسم تتبعه فاصلة - سنة النشر - وتتبعها معترضة (-) عنوان الكتاب ويوضع تحته خط وتتبعه نقطة - دار النشر وتتبعها فاصلة - الطبعة (ثانية . ثالثة) . بلد النشر وتتبعها فاصلة . عدد صفحات الكتاب وتتبعها نقطة .
وفيما يلي مثال على ذلك:

-MAVRODEANUS, R1986- Flame Spectroscopy. Willy, New York, 373p.

ب . إذا كان المرجع بحثاً منشوراً في مجلة باللغة الأجنبية:

— بعد الكنية والاسم وسنة النشر يضاف عنوان البحث وتتبعه فاصلة، اسم المجلد ويوضع تحته خط وتتبعه فاصلة — المجلد والعدد (كتابة مختزلة) وبعدها فاصلة — أرقام الصفحات الخاصة بالبحث ضمن المجلة.
مثال على ذلك:

BUSSE,E 1980 Organic Brain Diseases Clinical Psychiatry News , Vol. 4. 20 – 60

ج . إذا كان المرجع أو البحث منشوراً باللغة العربية فيجب تحويله إلى اللغة الإنكليزية و التقيد بالبنود (أ و ب) ويكتب في نهاية المراجع العربية: (المراجع In Arabic)

رسوم النشر في مجلة جامعة حمص

1. دفع رسم نشر (50000) ل.س أربعون ألف ليرة سورية عن كل بحث لكل باحث يريد نشره في مجلة جامعة البعث.
2. دفع رسم نشر (200000) ل.س مئة ألف ليرة سورية عن كل بحث للباحثين من الجامعة الخاصة والافتراضية .
3. دفع رسم نشر (200) مننًا دولار أمريكي فقط للباحثين من خارج القطر العربي السوري .
4. دفع مبلغ (15000) ل.س ستة آلاف ليرة سورية رسم موافقة على النشر من كافة الباحثين.

المحتوى

الصفحة	اسم الباحث	اسم البحث
28-11	م. آلاء حسن الخضر أ.د. محمد هلال د. نواف جمعة	تحضير وتوصيف الفحم الفعال من نوى التمر والزيتون
44-29	محمود محمد موسى أ.د. محمود حديد	دراسة مخبرية لتحسين كفاءة فاصل الرمل من خلال تحليل تأثير ضغط المدخل وخصائص المانع
66-45	علي سبله أ.د. عودي صالحه أ.د. نضال ابراهيم	التنبؤ بقيمة الكربون العضوي الكلي باستخدام الشبكة العصبونية الصناعية في تشكيله الشيرانيش ضمن حقل العمر - حوض الفرات
1003-67	فاطمة التركي أ.د. محمد هلال د. محمد أسعد	دراسة تأثير اختلاف نوع مادة الغشاء على كفاءة تطهير المياه

تحضير وتوصيف الفحم الفعال من نوى التمر والزيتون

م. آلاء حسن الخضر (1)، أ.د. محمد هلال (2)، د. نوحا جمعة (3)

الملخص

تُقدّم هذه الدراسة حلول فعّالة ومستدامة، لاستغلال المخلفات الزراعيّة من نوى التمر والزيتون المتوافرة بشكل واسع في مناطق عديدة من البلاد في تحضير الفحم الفعّال كلُّ على حدا. تمّ في هذا البحث تحضير الفحم الفعّال عبر كربيّة النوى وتنشيطها بطرق كيميائية وتحديد خصائصه، من حيث المسامية، مساحة السطح الداخلية، والمجموعات الفعّالة. أكدت النتائج أنّ الفحم الفعّال المحضّر من نوى التمر و الزيتون يمتلك خصائص امتزازية جيدة، و يتمتّع بمساحة سطحية عالية وبنية مسامية دقيقة تختلف باختلاف النوع. حيث أظهر تحليل المجهر الالكتروني الماسح (SEM) للفحم المحضّر من نوى التمر أنّه يتمتّع ببنية مسامية عالية وتوزيع غير منتظم للمسام فقد تراوحت اقطارها بين الميكروية الدقيقة والمتوسطة ضمن المجال (0.4-3.2) ميكرومتر، مقارنة مع تحليل الفحم المحضّر من نوى الزيتون الذي يظهر مسامية أكبر حجماً وأكثر انتظاماً نسبياً من نوى التمر وبأقطار تتراوح بين (1.1-3.2) ميكرومتر. كما أظهرت النتائج أنّ الرقم اليودي للفحم الفعّال المحضّر من نوى الزيتون بلغ 560.5 ملغ/غ مقارنة مع قيمته للفحم المحضّر من نوى التمر 520.1 ملغ/غ. تُوصي الدراسة بتبني استخدام الفحم الفعّال المحضّر محلياً كمادة معالجة مساعدة في التطبيقات الصناعية المختلفة كمحطات تنقية المياه، لما له من فعّالية عالية وتوافر مواد الأولية.

الكلمات المفتاحية: المسامية - الفحم الفعّال - نوى التمر - نوى الزيتون.

1. طالبة ماجستير - قسم الهندسة الكيميائية - كلية الهندسة الكيميائية والبتروولية - جامعة حمص. (عضو هيئة فنية - كلية الهندسة البتروكيميائية - جامعة الفرات)
2. أستاذ - قسم الهندسة الكيميائية - كلية الهندسة الكيميائية والبتروولية - جامعة حمص. (المشرف الرئيسي)

3. مدرّس - كلية الهندسة البتروكيميائية - جامعة الفرات. (المشرف المشارك)

Preparation and Classification of an Activated Charcoal from the Seeds of Dates and Olives

Abstract

This study presents effective and sustainable solutions to benefit from the agricultural residues as date and olive pits, which are widely available in our country to prepare the activated carbon as separated. In this research, activated carbon was prepared by carbonizing the nuclei and activating them using chemical and thermal methods., and determine their properties as porosity, interior surface area, and active groups. The results showed that the carbon prepared from date and olive pits has good adsorption properties as it has a high surface area and a fine porous structure. Scanning electron microscope (SEM) analysis of charcoal prepared from date pits showed that it has a highly porous structure with irregular pore distribution, ranging in size from fine to medium within the range of (0.4-3.2) micrometres, compared to charcoal prepared from olive pits, which exhibits larger and relatively more uniform porosity with pore sizes ranging between (1.1-3.2) micrometres. The results also showed that the iodine number of activated charcoal prepared from olive pits reached 560.5 mg/g compared to 520.1 mg/g for charcoal prepared from date pits. The study recommends the use of locally produced activated carbon as an auxiliary treatment material in industries application as purification plants, given its effectiveness, availability of raw materials.

Keywords:porosity, an activated charcoal, seeds of dates , olive stones.

1- مقدمة Introduction

يُعرّف الفحم الفعّال بأنه مادة كربونية ذات مسامية غير متبلورة، تتمتع هذه المادة بمساحة سطحية داخلية كبيرة تجعلها مادة فعّالة تجاه امتزاز المواد الكيميائية من أوساطها الغازية أو السائلة، وذات كلفة إنتاجية منخفضة نسبياً مقارنةً مع المواد المازّة اللاعضوية الأخرى. لذلك تحتل تجارة الفحم الفعّال مركزاً متقدماً في الأسواق العالمية.

من جهة أخرى، تعتبر بلادنا ذات طبيعة زراعية بالدرجة الأولى، تكثُر فيها المخلفات الزراعية بوفرة دائمة طيلة أيام السنة. بالتالي يُمكن استغلال هذه المخلفات الزراعية المتوفرة بكثرة (وخاصة نوى الزيتون والتمر) كمادة أولية لتحضير الفحم، انطلاقاً من مبدأ المحافظة على البيئة من التلوث والاستفادة من المخلفات الزراعية في تحضير مواد كالفحم الفعّال ذو الاستخدامات المتعدّدة وخاصة في مجال تنقية المياه، مما ينعكس إيجابياً على الناحية الاقتصادية للبلد من حيث الحد من استيراد الفحم التجاري المستورد واستبداله بمنتج محلي مصنع من مواد أولية متوفرة بكثرة.

تأتي أهمية تحضير الفحم الفعّال من نوى التمر والزيتون، التي تعتبر كمخلفات زراعية متوفرة بكثرة في المنطقة، كون هذه الطريقة اقتصادية، صديقة للبيئة، ومستدامة. لها استخدامات تطبيقية عديدة، وخاصة في مجال إزالة بعض الملوثات الضارة بشكل فعّال من أوساطها السائلة والغازية. ويحقق التوازن بين الكفاءة التقنية والمتطلبات البيئية والجذوى الاقتصادية.

تناولت عدّة دراسات وأبحاث علمية طرق تحضير الفحم الفعّال من المخلفات الزراعية واستخدامه في التطبيقات الصناعية، ومنها:

- دراسة أجريت في العام 2009، أظهرت إمكانية استخدام نوى التمر بعد معالجته حرارياً وكيميائياً لإنتاج فحم فعّال قادر على إزالة المعادن الثقيلة كالرصاص والنحاس والكروم من المياه العادمة بكفاءة عالية. بيّنت نتائج الدراسة أنّ استخدام الكربون الفعّال من نوى التمر يُعدُّ بديلاً مستداماً للفحم المستورد [1].
- ففي دراسة لعام 2013 تضمنت تحضير الفحم الفعّال من عدّة مخلفات نباتية كقشور الرمان والبَلوط والجوز واختبارها في امتزاز صبغ أزرق الميثيلين. ثمّ حددت خواص الفحم الفعّال عن طريق قياس كلاً من الرقم اليودي وسعة الامتزاز لصبغ أزرق

الميثيلين ومحتوى الرماد والرطوبة ومقارنتها مع نموذج من الفحم التجاري من شركة BDH. أشارت النتائج إلى أنّ خصائص جميع نماذج الفحم المحضّرة في هذه الدراسة كانت أفضل من خصائص الفحم المستورد، وخاصة فحم قشور البّلوّط كونها تتمتع بصلادة عالية، حيث بلغت السعة الامتزازية 247 ملغ/غ والرقم اليودي 649 ملغ/غ ومحتوى رماد 1% [2].

- وفي دراسة أخرى عام 2015 تم تحضير الفحم الفعّال من قشور جوز الهند الخضراء بطريقة التنشيط الكيميائي واستخدامه في معالجة المياه الملوثة بأزرق الميثيلين. أشارت النتائج إلى أنّ قدرة الامتزاز تعتمد على حجم المسام، ومساحة السطح، وحجم المسام الدقيقة للفحم الفعّال [3].

- أجريت في نفس السياق في عام 2020 دراسة تضمّنت اختبار امتزاز أيونات النترات من الماء باستخدام الفحم الفعّال المحضّر من نوى الزيتون، حيث قام الباحث بتحضير الفحم وتنشيطه كيميائياً باستخدام كلوريد الزنك، حيث يتميز الفحم الفعّال (-ZnCl₂ AC) بمساحة سطح نوعية تبلغ حوالي (1480 متر مربع/غ). أظهرت النتائج أنّ هذا للفحم الفعّال يمتاز النترات من الماء بفعالية عالية أي ما يعادل أربعة أضعاف سعة امتزاز الفحم الفعّال التجاري (CACs) [4].

- تم إجراء دراسة في عام 2022، استخدمت فحم فعّال مُعد من كعكة مخلفات الزيتون لإزالة مبيد الأعشاب " ميتريبوزين " من المياه. أظهرت الدراسة قدرة امتزاز تصل إلى 144.93 ملغ/غ، مع توافق البيانات مع نموذج لانغموير، مما يدلّ على فعالية هذا الفحم في إزالة الملوثات الكيميائية من المياه [5].

- وفي دراسة نُشرت عام 2023، تم استخدام فحم فعّال مشتق من نوى التمر في مفاعل سرير مميّع عكسي لإزالة الملوثات من مياه الصرف النفطي. أظهرت الدراسة كفاءة عالية في إزالة الملوثات، مما يؤكد إمكانية استخدام هذا النوع من الفحم في معالجة المياه الصناعية [6].

2- أهمية البحث وأهدافه Importance of the research and it aims

تتجلى أهمية هذا البحث، في تحضير الفحم الفعّال من خلال إعادة تدوير المخلفات الزراعية من نوى التمر والزيتون المتوفرة بكثرة في بلادنا (كلا على حدا)، و تتميز هذه المادة (الفحم) بأنها ذات مسامية عالية، تُستخدم على نطاق واسع في عمليات الامتزاز وإزالة الملوثات من الأوساط السائلة والغازية بشكل فعّال، بمعنى لها تطبيقات صناعية كبيرة. تُنتج من مصادر كربونية طبيعية مثل الخشب، المخلفات الزراعية. أثبتت الدراسات أنّ المخلفات الغنية بالكربون، مثل نوى التمر والزيتون، يُمكن أن تُحوّل إلى فحم فعّال ذي كفاءة امتزازية عالية باستخدام معالجة كيميائية مناسبة. تتوافر هذه المواد بكثرة في مناطق عديدة من سوريا، ممّا يجعلها مصدراً محلياً منخفض التكلفة لإنتاج الفحم الفعّال. تكمن أهمية هذه الدراسة بتحقيق المعالجة البيئية للمخلفات الزراعية، بالاستفادة منها في تحضير فحم فعّال وذلك بطريقة تنشيط جديدة تعتمد على المعالجة بالحمض ومن ثم المعالجة بأساس عند درجة حرارة متوسطة تبلغ 400°C . يُسهم البحث في تحسين البيئة والتنمية بالاستفادة من المخلفات الزراعيّة المتوفرة بكثرة في تحضير مواد مفيدة، يمكن استخدامها في التطبيقات الصناعية المختلفة.

يهدفُ هذا العمل - بشكل أساسي - إلى تحقيق الأهداف التالية:

- i. تحضير فحم فعّال من نوى التمر والزيتون (كلاً على حدا) باستخدام طرق فيزيائية وكيميائية مناسبة. تعتمد بالدرجة الأولى على مواد محلية متوفرة بكثرة.
- ii. تحديد الخصائص الفيزيائية والكيميائية للفحم الفعّال المحضّر، مثل المساحة السطحية والمسامية والمجموعات الفعّالة.
- iii. يُعد هذا البحث مُقدّمة لعمل بحثي قادم، حول إمكانية استخدام هذا الفحم في التطبيقات الصناعية (كمحطات معالجة مياه الشرب).

3- مواد وطرق البحث Materials and the research methods

3-1- المواد المستخدمة في الدراسة

تناولت عدة أبحاث دراسة إمكانية استخدام المخلفات الزراعيّة المحليّة كمصدر للفحم الفعّال واستخدامه في تطبيقات صناعية مختلفة، كقشور جوز الهند ونوى الزيتون والتمر. ما يميّز هذا البحث، الاهتمام بمحاولة الاستفادة من المخلفات الزراعية في تحضير الفحم بطريقة جديدة، وخاصة نوى التمر ونوى الزيتون المتوفرة بكثرة في بلادنا الزراعية، لما تحتويه هذه النوى من

مكوّنات كيميائية وفيزيائية تُميّزها عن غيرها في المناطق أخرى، و تؤهلها للاستخدام في تحضير الفحم.

3-1-1-1- نوى التمر (Date Pits): تُعدّ نوى التمر - كتركيب كيميائي - من المخلفات الزراعيّة الغنيّة بالمكوّنات الكربونيّة، ما يجعلها مناسبة للاستخدام كمادة أولية لإنتاج الفحم الفعّال. تحتوي نوى التمر تقريباً على:

1. سليلوز (Cellulose): % (20 to 30)
2. هيميسليلوز (Hemicellulose): % (10 to 15)
3. لجنين (Lignin): % (30 to 35)
4. محتوى رماد منخفض (Ash content): % (1 to 2)
5. محتوى كربون مرتفع (Carbon content): يصل % (50 to 60) بعد الكربنة.

توفر هذه المكوّنات، وخاصة اللجنين والسليلوز، قاعدة ممتازة لتكوين بنية مسامية بعد المعالجة الحراريّة أو الكيميائيّة، ممّا يُعزّز خصائص الامتزاز للفحم الفعّال [7].

3-1-1-2- نوى الزيتون (Olive Stones/ Olive Pits): تُعدّ نوى الزيتون كتركيب كيميائي من المواد الغنيّة بالمركّبات العضويّة التي تجعل منها مادة أولية ممتازة لتحضير الفحم الفعّال. تتكوّن نوى التمر بشكل تقريبي من:

1. سليلوز (Cellulose): % (30 to 35)
2. هيميسليلوز (Hemicellulose): % (15 to 25)
3. لجنين (Lignin): % (25 to 30)
4. محتوى دهني (زيوت وشحوم): % (5 to 8)
5. محتوى رماد (Ash content): % (1 to 3)
6. كربون ثابت (Fixed Carbon): يصل إلى % 60 بعد الكربنة.

بفضل هيكله الصلب ومحتواه المرتفع من الكربون، ينتج عن نوى الزيتون فحم فعّال يتميز بمسامية عالية وسطح نوعي كبير عند تفعيله كيميائياً أو فيزيائياً [8].

3-1-1-3- الخصائص المشتركة لنوى التمر والزيتون كمصدر للفحم الفعّال: تشترك نوى التمر والزيتون كمصدر محلي لإنتاج الفحم الفعّال بالمميزات الآتية:

1. توفر واسع وانخفاض التكلفة.

2. ارتفاع محتوى الكربون، مما يزيد من فعالية الامتزاز.

3. إنتاج مسامية كبيرة بعد التفعيل.

تمت دراسة نوى التمر والزيتون في إطار البحث للحصول على بديل محلي للفحم الفعال، وتبين للباحثين إمكانية استخدام هاتان المادتان المحليتان المتوافرتان في منطقتنا بكثرة، كبديل عن الفحم الفعال المستورد، مما يعطي منافع بيئية واقتصادية هائلة للاقتصاد الوطني ولصناعة الفحم المحلية.

2-3- الدراسة التجريبية Experimental study

1-2-3- الأدوات والأجهزة المستخدمة في الدراسة التجريبية

استخدمت الأجهزة والأدوات التالية في الدراسة التجريبية، وهي : مجفف حراري و مرمدة (فرن حرق) و ميزان حساس إلكتروني و مسخن ومحرك مغناطيسي و أرلينات و بياشر وسليندر وأقماع زجاجية وجففات بورسلان و ورق قصدير وهاون بورسلان و جهاز تحليل مطيافية الأشعة تحت الحمراء بتقنية تحويل فورييه FTIR و أوعية نظيفة ومعمة لحفظ عينات الفحم - المجهر الإلكتروني الماسح SEM وجهاز قياس pH .

2-2-3- المواد الكيميائية المستخدمة في الدراسة التجريبية

تتضمن المواد التالية: ماء مقطر و حمض كلور الماء HCl (نو نقاوة 37%) و هيدروكسيد الصوديوم NaOH .

3-2-3- مراحل الدراسة التجريبية

1-3-2-3- تحضير عينات الفحم الفعال: وتتضمن المراحل التالية:

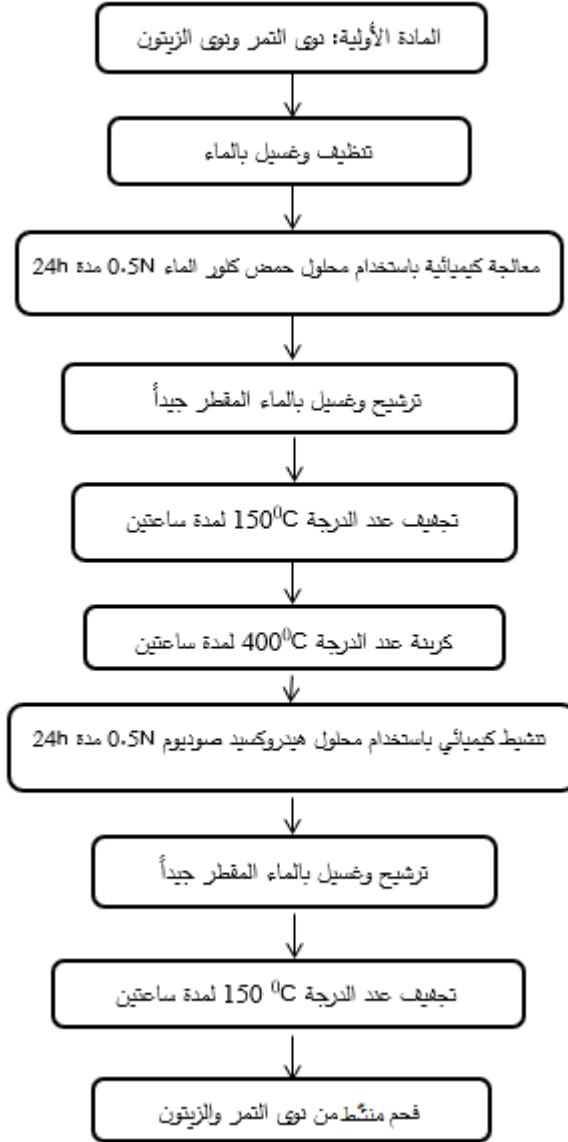
(1) - تهيئة المادة الأولية:

تم جمع نوى الزيتون ونوى التمر وتنظيفها من الشوائب العالقة بها عن طريق غسلها بالماء عدة مرات بشكل جيد، ثم تجفيفها عند درجة حرارة الغرفة مدة يوم كامل، بعد ذلك جففت العينات في مجفف حراري عند الدرجة 105°C حتى ثبات الوزن.

(2) - عملية الكربنة (التفحيم) والتنشيط الكيميائي لنوى التمر والزيتون:

يُظهر الشكل (1) المخطط الصندوقي لعملية الحصول على عينات الفحم من نوى التمر والزيتون.

تحضير وتوصيف الفحم الفعّال من نوى التمر والزيتون



الشكل (1) المخطط الصندوقي لعملية الحصول على عينات الفحم من نوى التمر والزيتون. أُخذت العينات المنظّفة والمجفّفة في مرحلة التحضير الأولى، عند الدرجة 105°C إلى فرن تجفيف حراري، ومن ثمّ تمّ طحن النوى إلى قطع صغيرة وتمّت معالجتها بحمض كلور الماء، حيث عُمرت في محلول حمض كلور الماء ذو التركيز 0.5 N لمدة 24 ساعة من الزمن.

رُشِّحت بعد ذلك العينات وغُسلت جيداً بالماء المقطَّر عدّة مرات حتى التأكّد من خلو السائل الرّاشح من شوارد الكلوريد، بعد اتمام عملية الترشّيح جُفِّت العينات من جديد عند درجة حرارة المخبر ثم وُضعت عند الدرجة 150°C حتى ثبات الوزن ليوم كامل. من ثم نُقلت إلى مرمدة (فرن حرق) لتفحيمها عند الدرجة 400°C لمدة ساعتين بوسط خامل وفق برنامج حراري بمعدّل تسخين $(15^{\circ}\text{C}/\text{min})$ ، وبعد حرق العينات تُركت لتبرد ومن ثم نُقلت إلى هاون بورسلان لسحقها بشكل جيد حتى الحصول على مسحوق ناعم جداً. في اليوم التالي تمّت معالجة الفحم الناتج بهيدروكسيد الصوديوم ذو التركيز 0.5 N لمدة 24 ساعة وليتمّ بعدها إجراء عملية الغسل والتجفيف عند الدرجة 150°C لمدة ساعتين. ومن ثم الحصول على عينات الفحم الفعّال من نوى التمر والزيتون كلا لوحده، وحفظهما في عبوات بلاستيكية لحين لاستخدام.

3-2-3-2- توصيف الفحم الفعّال:

تُعَدّ معرفة الخصائص الفيزيائية والكيميائية والهيكلية لأي مادة مازة امرأ ضرورياً للمساهمة في فهم ظاهرة الامتزاز من أجل تحدي استخداماته ولاسيما في تطبيقات المعالجة البيئية. تتمثّل هذه الخصائص فيما يلي:

(1)- قياس المساحة السطحية الداخلية للفحم الفعّال عن طريق امتزاز اليود من محلوله المائي تُمثّل هذه القيمة عدد المليغرامات من اليود الممتزة من محلوله المائي بواسطة غرام واحد من الفحم الفعّال، حيث تمّ وزن غرام واحد من كلا النوعين من الفحم الفعّال من نوى الزيتون ونوى التمر، ووُضعت في أربينة سعة 250 ml على مسخّن ومحرك وأضيف له 10 ml من محلول حمض كلور الماء 3%، ليتمّ التسخين إلى درجة الغليان لأقل من دقيقة واحدة، ثمّ تمّ التبريد إلى درجة حرارة المخبر، وأضيف بعد ذلك 100 ml من محلول اليود 0.1 N مع التحريك المغناطيسي لمدة نصف ساعة. بعد ذلك تمّ ترشيح العينات، جُمع حجم مقداره 25ml من السائل الرّاشح بعد إهمال 25ml الأولى وتمّت معايرة الحجم المقطَّر باستخدام محلول 0.1 N من ثيوسلفات الصوديوم وبوجود مطبوخ

النشاء ككاشف. حُسب حجم محلول ثيوسلفات الصوديوم المستهلك من السحاحة، وتمّ حساب وزن اليود الممتز من قبل الفحم الفعّال من خلال المعادلتين (1) و (2):

$$(1) \quad (\text{ثيوسلفات}) \quad N_1.V_1 = N_2.V_2 \quad (\text{بود})$$

$$I N = \frac{\text{وزن اليود الممتز بواسطة الفحم المنشط (mg)}}{\text{وزن الفحم المنشط المستخدم (g)}} \quad (2)$$

(2)- قياس الكثافة:

تمّ وضع كمية الفحم الفعّال المحضّر من كل نوى الزيتون ونوى التمر في مقياس مدرج 5ml، بعد ذلك تمّ وزن هذا الحجم من الفحم الفعّال باستخدام ميزان حساس وليتم حساب الكثافة من خلال المعادلة (3):

$$\rho = \frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}} \text{ g / cm}^3 \quad (3)$$

(3)- تحديد النسبة المئوية للرماد:

تمّ وزن 10 g من كلا النوعين للفحم الفعّال بعد التجفيف إلى 105°C في جفنة بورسلانية معلومة الوزن مسبقاً، وتم وضع الجفنة في فرن حرق عند الدرجة 1000°C لمدة ثلاث ساعات، و تُركت لتبرد، ثم وُزنت بواسطة ميزان حساس وتمّ حساب وزن الرماذ المتبقي، علماً أنّه تمّ حساب النسبة المئوية للرماد لكل عينة من عينات الفحم الفعّال المحضّر من خلال المعادلة (4):

$$\text{النسبة المئوية للرماد} = \left(\frac{\text{وزن الرماذ}}{\text{وزن النوى المجففة قبل الترميد}} \right) \times 100 \quad (4)$$

(4)- تقدير النسبة المئوية للرطوبة:

تمّ وزن 10g من كل عينة من الفحم الفعّال ووضعت في جفنة بورسلان في فرن تجفيف عند الدرجة 105°C لمدة ثلاث ساعات، ثمّ وُزنت الجفنة من جديد وتمّ حساب النسبة المئوية للرطوبة من خلال المعادلة (5):

$$\text{النسبة المئوية للرطوبة} = \frac{\text{وزن النوى قبل التجفيف عند } 105^\circ\text{C} - \text{وزن النوى بعد التجفيف}}{\text{وزن النوى قبل التجفيف}} \times 100 \quad (5)$$

(5)- تحديد pHs سطح الفحم الفعّال:

قيست PH سطح عينات الفحم الفعّال المحضّر من نوى الزيتون والتمر والفعّالة كيميائياً بحمض كلور الماء وهيدروكسيد الصوديوم بواسطة ورق PH، حيث تمّ وضع 1.0g من كل من عينات الفحم الفعّال الجاف في أريونة سعة 250ml وأضيفت لها 100ml ماء مقطّر، وسُخّن المزيج حتى الغليان لمدة 10min وبعدها رُشّح وعُينت قيم PH الرشاحة.

(6)- توصيف الفحم الفعّال باستخدام طيف الأشعة تحت الحمراء FTIR

يُفيد جهاز مطياف الأشعة تحت الحمراء (FTIR) في التعرف على التركيبة الكيميائية للكربون الفعّال و أهم المجموعات الوظيفية الموجودة فيه، كما يعتمد التحليل الطيفي باستخدام الأشعة تحت الحمراء على امتصاص الأشعة بواسطة المادة المراد تحليلها، ليسمح بالكشف عن الاهتزازات المميزة للروابط والوظائف الكيميائية الموجودة في المادة.

(7)- توصيف الفحم الفعّال باستخدام المجهر الإلكتروني الماسح SEM

تمّ استخدام المجهر الإلكتروني لدراسة بنية السطح لكل من عينات الفحم الفعّال في مخابر هيئة الطاقة الذرية بدمشق.

4 - النتائج والمناقشة Results and Discussion

1-4- توصيف الفحم الفعّال:

1-1-4- نسبة الرطوبة والرماد والكثافة

يبيّن الجدول (1) نسب الرطوبة والرماد والكثافة للعينات المقاسة في التجارب.

الجدول (1) يُبيّن نسبة الرطوبة والرماد والكثافة لعينات الفحم المختبرة.

فحم فعّال محضّر من نوى الزيتون	فحم فعّال محضّر من نوى التمر	الفحم والتنشيط
كربنة وتنشيط كيميائي	كربنة وتنشيط كيميائي	نوع التحليل
560.5	520.1	الرقم اليودي mg/g
0.565	0.595	الكثافة g/cm ³
10.2	10.3	الرماد %
10.5	10	الرطوبة %

1-4-2- pHs السطح : يُمكننا ملاحظة أنّ قيم pHs لعينات الفحم الفعّال المدروسة تساوي 7.2 لنموذج الفحم الفعّال المحضّر من نوى الزيتون و 7.1 لنموذج الفحم المحضّر من نوى التمر.

3-1-4- تحليل طيف الأشعة تحت الحمراء FTIR:

تمّ تسجيل طيف الأشعة تحت الحمراء باستخدام تقنية (FTIR) لعينتي فحم نوى التمر والزيتون بهدف تحديد المجموعات الوظيفية المتبقية بعد عملية التحميم، وتقييم طبيعة البنية الكيميائية للعينات الموضّحة في الشكلين (2) و(3).

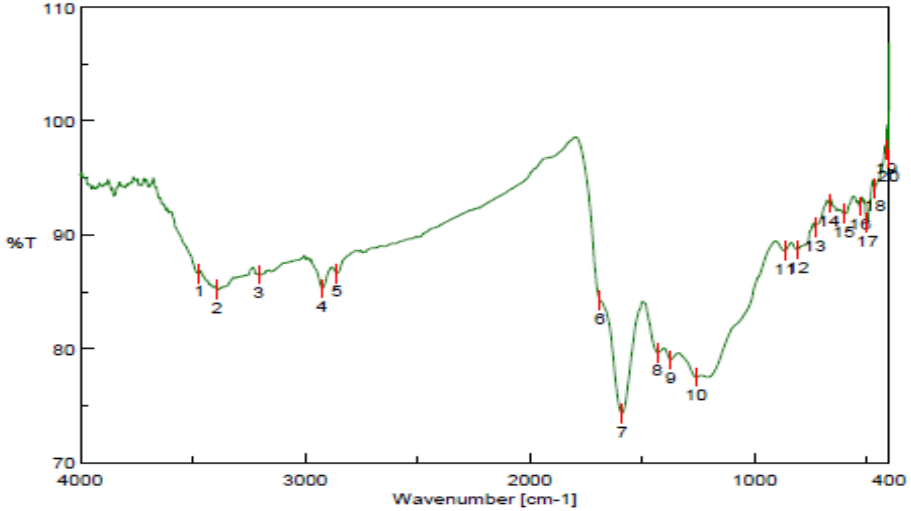
أظهر الشكل (2) طيف الأشعة تحت الحمراء لعينة فحم نوى الزيتون عدداً من القمم الامتصاصية المميزة، والتي يمكن تحليلها كما يلي:

(a) $3472.2 - 3391.2 - 3208 \text{ cm}^{-1}$

عائدة إلى اهتزازات O-H (روابط هيدروكسيلية)، غالباً تعود لمجموعات الهيدروكسيل المرتبطة بالماء الممتص أو مجموعات الكحول والفينولات على سطح الفحم الفعّال.

(b) $2923.56 - 2857.99 \text{ cm}^{-1}$

عائدة إلى اهتزازات C-H في المجموعات الأليفاتية (Aliphatic CH)، وغالباً تدلّ على وجود بقايا هيدروكربونية ناتجة عن مكونات عضوية كالدّهون على سطح الفحم.



الشكل (2) يوضّح المجموعات الوظيفية في الفحم الفعّال المحضّر من نوى الزيتون.

(c) 1686.44 cm^{-1}

عائدة إلى اهتزاز $\text{C}=\text{O}$ (كربونيل)، والتي قد تعود لمجموعات كربوكسيلية أو ألدهيدية أو كيتونية متبقية على سطح الفحم الفعّال.

(d) 1589.06 cm^{-1}

عائدة إلى اهتزازات $\text{C}=\text{C}$ في الحلقات العطرية، مما يدل على وجود بنية عطرية في الفحم الفعّال.

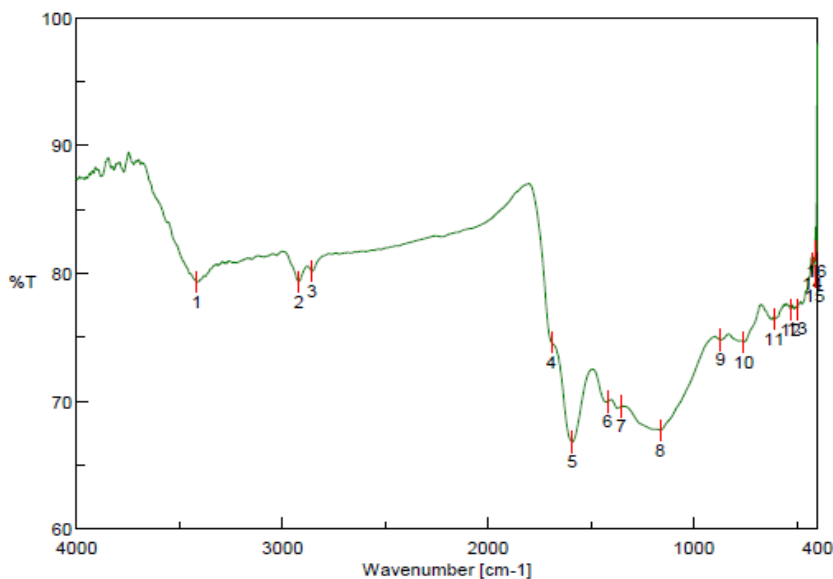
(e) $1430.92 - 1373.07 \text{ cm}^{-1}$

عائدة إلى اهتزازات $\text{C}-\text{H}$ في المجموعات الميثيلية.

(f) 1259.29 cm^{-1}

عائدة إلى اهتزازات $\text{C}-\text{O}$ الإيترية.

أظهر طيف FTIR لعينة فحم من نوى التمر في الشكل (5) عدداً من القمم الامتصاصية والتي يمكن تحليلها كما يلي:



الشكل (3) يوضّح المجموعات الوظيفية في الفحم الفعّال المحضّر من نوى التمر.

(a') 3416 cm^{-1}

تعود هذه القمة إلى اهتزازات $\text{O}-\text{H}$ ، وتشير إلى وجود مجموعات الهيدروكسيل، سواء من الماء الممتص أو من الكحولات والفينولات المتبقية على السطح.

(b') 2920 cm^{-1} و 2857

تُمثّل اهتزازات C-H في المجموعات الأليفاتية، مما يدلّ على بقايا هيدروكربونية على سطح الفحم الفعّال.

(c) 1692 cm^{-1} :

تُشير إلى اهتزازات C=O (كربونيل)، وغالباً ما تعود لمجموعات كربوكسيلية أو ألدهيدية أو كيتونية، وهي مجموعات وظيفية متبقية من المادة الخام أو نتجت أثناء التنشيط.

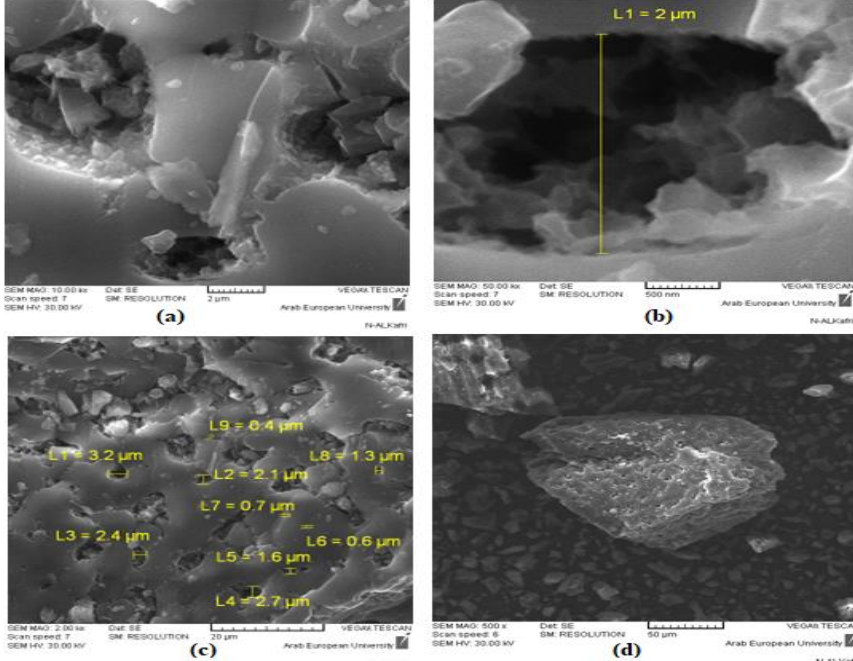
(d) 1591 cm^{-1} : تعود هذه القمة إلى اهتزازات C=C في الحلقات العطرية.

(e) 1421 cm^{-1} و 1354 : تُمثّل اهتزازات C-H في المجموعات الميثيلية.

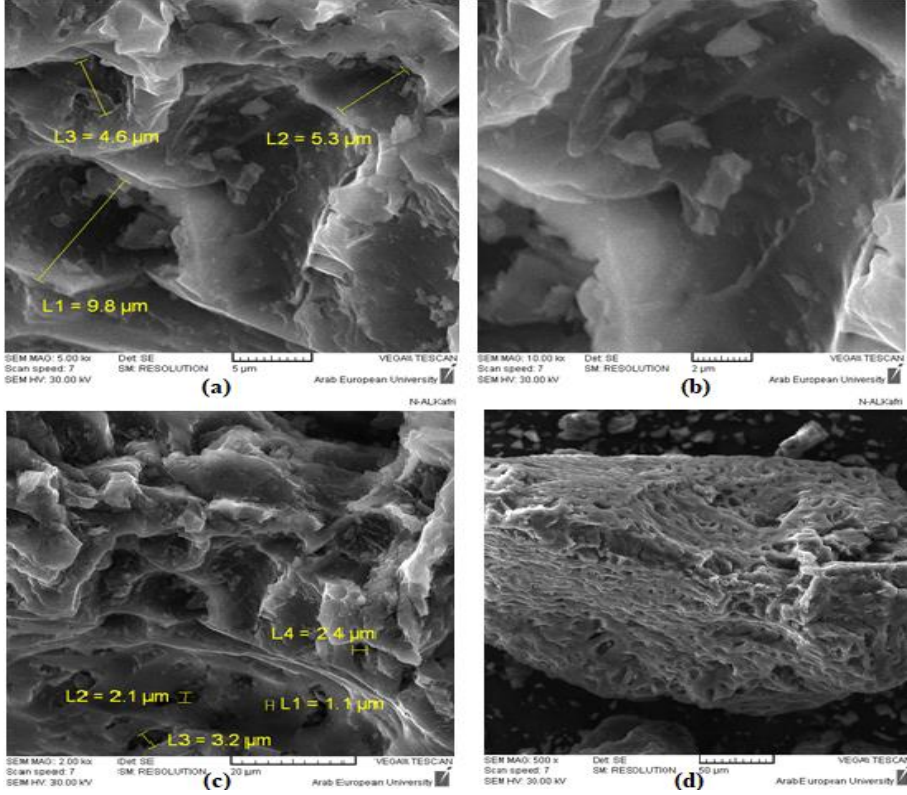
(f) 1164 cm^{-1} : تعود إلى اهتزازات C-O .

4-1-4- تحليل المجهر الإلكتروني الماسح SEM:

تمّ فحص عينتي الفحم الفعّال المحضّر من نوى التمر والزيتون باستخدام المجهر الإلكتروني الماسح (SEM)، وباستخدام نسب تكبير مختلفة (200,500,10000) وذلك بهدف دراسة خصائص السطح والمسامية الناتجة عن التنشيط الكيميائي والتي تلعب دوراً جوهرياً في أداء الامتزاز. تُبيّن صور SEM للفحم المحضّر من نوى التمر أنّه يتمتع ببنية مسامية عالية وتوزيع غير منتظم للمسام مع تنوع في حجمها، فقد تراوحت بين الميكروية الدقيقة (Micropores) والمتوسطة، حيث أقطارها المتوسطة تقع في المجال $(0.4 - 3.2) \mu \text{ m}$ كما هو موضّح في الشكل (4).



الشكل (4) يبين صور المجهر الالكتروني الماسح للفحم الفعال المحضّر من نوى التمر. بينما تُظهر صور SEM للفحم المحضّر من نوى الزيتون مسامية أكبر حجماً وأكثر انتظاماً نسبياً من نوى التمر حيث يتراوح القطر المتوسط للمسام المقاس بين $0.6 \mu\text{m}$ إلى $3.2 \mu\text{m}$ ، وكما يبدو التركيب السطحي خشناً مع وجود تجاويف أوسع نسبياً من تلك الموجودة في فحم نوى التمر كما هو موضح في الشكل (5).



الشكل (5) يبين صور المجهر الالكتروني الماسح للفحم الفعّال المحضّر من نوى الزيتون.

5- الاستنتاجات والتوصيات Recommendations and Conclusion

- (1)- تُشير النتائج إلى فعالية التنشيط الكيميائي باستخدام كل من حمض كلور الماء وهيدروكسيد الصوديوم والذي ساهم في إزالة المكونات غير الكربونية وتشكيل مسامية جيدة مناسبة لتطبيقات عديدة.
- (2)- أظهر تحليل SEM أنّ الفحم الفعّال المحضّر من نوى التمر يمتلك قدرة أكبر على الامتزاز الدقيق وذلك لمساميته الدقيقة والموزعة بكثافة في حين أنّ الفحم المحضّر من نوى الزيتون قد يكون مناسباً لتطبيقات تتطلب امتزاز جزيئات أكبر .
- (3)- أشارت نتائج تحليل FTIR لعينات الفحم الفعّال المدروسة إلى وجود عدد متنوع من المجموعات الوظيفية النشطة على سطح كل من الفحمين المحضرين ممّا يُعزّز من قدرتهما

على إمتزاز مجموعة واسعة من الملوثات العضوية وغير العضوية وذلك يجعلهما خياراً مناسباً في تطبيقات المعالجة البيئية.

(4)- تزداد قيم امتزاز اليود من محلوله بشكل كبير لدى تطبيق التنشيط الكيميائي، وهذا يُعزى إلى أنّ الحمض المستخدم أدى إلى تحطيم الفجوات والمسامات على سطح الفحم الفعّال ممّا أدى إلى زيادة السطح النوعي للفحم المحضّر من كل من نوى الزيتون ونوى التمر، حيث أنّ الحموض والأسس تسببان نخر في بنية المادة الأولية وتغيير التركيب المسامي للفحم الفعّال الناتج.

(5)- انخفضت الكثافة نتيجة التنشيط الكيميائي في الفحم المحضّر من نوى الزيتون أكثر منه في الفحم المحضّر من نوى التمر لأنّ المادة الأولية ذات مسامية أعلى، وهذا يعني أنّ قيم الامتزاز ستكون أفضل بالنسبة للفحم الفعّال المحضّر من نوى الزيتون.

(6)- أظهرت القياسات التجريبية، أنّ قيم pHs لعينات الفحم الفعّال المدروسة كانت مساوية 7.2 لنموذج الفحم الفعّال المحضّر من نوى الزيتون، و 7.1 لنموذج الفحم المحضّر من نوى التمر.

بالنتيجة:

يُمكن اعتبار نوى التمر والزيتون خياراً مثالياً لتحضير الفحم الفعّال بشكل اقتصادي وصديق للبيئة كونها من أكثر المخلفات الزراعية وفرة في المنطقة. ممّا يؤدي إلى تحقيق الوفرة الاقتصادي المطلوب بتأمين الفحم الفعّال كمنتج محلي يستخدم في التطبيقات الصناعية المختلفة.

References:

1. Al-Qodah, Z., and Shawabkah, R., 2009- Production and characterization of granular activated carbon from activated sludge. *Environmental Technology*, 30(13).
2. Albadrani, M., 2013- Preparation of activated carbon from different plant sources using chemical treatment. *Journal of Education and Science*, 26(2), 41- 46.

3. Das, D., Debi, P., S., and Meikap, B., C. 2015- Preparation of activated carbon from green coconut shell and its characterization. *Journal Chemical Engineering Process Technology*, 6.5 ,1000248.
4. Nassar, H. N., Zyoud, A. H., El-Hamouz, A. M., and Tanbour, R.K., 2020 - Aqueous nitrate ion adsorption/desorption by olive solid waste-based carbon activated using ZnCl₂. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 18 , 100335.
5. Guesmi, A., Bouaziz, M., and Hamdi, H., 2022- Adsorption of metribuzin herbicide using activated carbon from Olive cake: equilibrium and isotherm studies. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 19(6), 4803–4814.
6. Mohamed, A. A., and Al-Kayiem, H. H. 2023- Utilization of date pits derived activated carbon in a reverse fluidized bed reactor for treating petroleum wastewater. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 48, 15123–15135.
7. Belhachemi, M., and Addoun, F. 2011- Physico-chemical characteristics of activated carbon prepared from date stones using phosphoric acid. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 86(6), 789–794.
8. Bouchelta, C., Medjram, M. S., Bertrand, O., and Bellat, J. P. 2008- Preparation and characterization of activated carbon from olive stones by physical activation with steam. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 82(1), 70 –77.

دراسة مخبرية لتحسين كفاءة فاصل الرمل من خلال تحليل تأثير ضغط المدخل وخصائص المائع

الاسم: محمود محمد الموسى¹

المشرف: أ.د. محمود حديد²

الملخص:

فاصل الرمل (الهيدروسيكلون) هو جهاز فصل يعتمد على مبدأ الطرد المركزي لفصل الجسيمات الصلبة مثل الرمل والفتات الصخري عن سائل الحفر. يُستخدم على نطاق واسع في صناعات مثل التعدين ومعالجة المياه، وتبرز أهميته في الصناعة النفطية بوصفه عنصراً أساسياً في منظومة تنظيف سائل الحفر، لما له من دور في فصل الجزيئات الصلبة من سائل الحفر والحفاظ عليها ضمن الحدود المسموح بها وبالتالي الحفاظ على مواصفاته التكنولوجية وتجنب انسداد الأنابيب وتآكل المضخات.

في هذا البحث، تم اعتماد نهج تجريبي مخبري، بإجراء تجارب مخبرية على جهاز فاصل رمل المصمّم وفق مواصفات API وتمت التجارب على عينة مُحضّرة من الماء وعينة اخرى محضرة من سائل الحفر تحت ظروف تشغيلية متنوعة، عبر تغيير ضغط مدخل الجهاز. حيث أُجريت سلسلة تجارب أولية باستخدام الماء، ثم أُعيدت التجارب باستخدام سائل الحفر، مع الحفاظ على نفس ظروف التشغيل، وذلك لتقييم سلوك وكفاءة الفصل عند تغيير المائع وظروف الضغط.

أظهرت النتائج أن كفاءة الفصل تزداد مع ارتفاع ضغط المدخل، كما تبين أن المائع المستخدم يؤثر بوضوح على كفاءة الأداء، حيث كانت الكفاءة أعلى عند استخدام الماء مقارنة بسائل الحفر.

الكلمات المفتاحية: كفاءة الفصل، فاصل الرمل، الهيدروسيكلون، سائل الحفر، ضغط المدخل.

Laboratory Study on Enhancing the Efficiency of the Desander Through Analysis of Inlet Pressure and Fluid Properties

Abstract:

Desander (hydrocyclone) is a separation device that operates on the centrifugal principle to separate solid particles such as sand and rock cuttings from fluids. It is widely utilized in industries including mining and water treatment, with particular significance in the petroleum industry as a crucial component of drilling mud cleaning systems. Its function involves removing solid particles from the drilling fluid, thereby maintaining its technological specifications and preventing pipe blockages and pump erosion.

This study employed an experimental laboratory approach, conducting tests on a desander unit designed according to API specifications. Experiments were performed on both a water-based sample and a drilling mud sample under varying operational conditions by adjusting the device's inlet pressure. An initial series of tests was conducted using water, followed by repeated experiments with drilling mud under identical operational parameters to evaluate separation behavior and efficiency under different fluid and pressure conditions.

The results demonstrated that separation efficiency increases with higher inlet pressure. Furthermore, the testing fluid significantly influenced performance efficiency, with water demonstrating higher separation efficiency compared to drilling mud.

Keywords: Hydrocyclone, Desander, Drilling Fluid, Solid-Liquid Separation, Inlet Pressure, Efficiency.

يُشكّل الحفاظ على خصائص سائل الحفر تحدياً بالغ الأهمية في صناعة النفط والغاز، حيث تؤدي النسبة المرتفعة للمحتوى الصلب غير المرغوب فيه_ وبشكل خاص الحبيبات الرملية _ إلى تأثيرات تشغيلية خطيرة تتراوح بين انسداد الأنابيب، وتسريع معدلات تآكل المعدات، وارتفاع تكاليف الصيانة بشكل ملحوظ. وتبرز خطورة هذه المشكلة في ظروف حفر البئر أيضاً لما تسببه من مشاكل داخل البئر متمثلة بزيادة الضغط داخل البئر بشكل غير مدروس، مما يستلزم وجود أنظمة تنظيف فعالة تعمل على إطالة عمر سائل الحفر والحفاظ على خصائصه الريولوجية.

في هذا الإطار، يمثل جهاز الهيدروسايكلون (فاصل الرمل) حلاً هندسياً متقدماً بفضل تصميمه البسيط، وخلوه من الأجزاء المتحركة، وتكلفة صيانتها المنخفضة، وقدرته على فصل الجسيمات الدقيقة التي يتراوح قطرها بين 40-175 ميكرومتر قدر الإمكان وضبطها ضمن الحدود المسموح بها والتي ينصح ألا تتجاوز 5% وزناً . ويعتمد مبدأ عمل هذا الجهاز على الاستفادة من قوى الطرد المركزي الناتجة عن الحركة الدوامية للمائع داخل جسم الفاصل، حيث تُدفع الجسيمات الأكثر كثافة نحو الجدار الداخلي لتسقط بعد ذلك عبر الفتحة السفلية، بينما يخرج المائع المعالج عبر الفتحة العلوية.

على الرغم من هذه المزايا الواضحة، تواجه التصميمات التقليدية للهيدروسايكلون تحديات متعددة تتعلق بالشكل الهندسي وكفاءة الفصل، خاصة عند التعامل مع التراكيز العالية للجسيمات الصلبة.

وقد كشفت الدراسات الحديثة عن تأثير العوامل التصميمية والمؤشرات التشغيلية على أداء الجهاز، حيث أظهرت دراسة Wang تأثير طول الجزء المخروطي على كفاءة الفصل حيث ان الجزء الاسطواني مهمته استقبال المائع المحمل بالحبيبات الصلبة بينما للجزء المخروطي دور بارز في عملية الفصل وكلما كان الجزء المخروطي اطول

كانت كفاءة الفصل أفضل [1] ، بينما اقترح Ghodrat أشكالاً مخروطية غير تقليدية (مقعرة ومحدبة) وتفوق التصميم المحدب على التصميم التقليدي من حيث كفاءة الفصل وتوزع الضغط [2] ، وأضاف Liu حجرة حلزونية عند مدخل الفاصل عملت على توزيع الحبيبات الصلبة وزيادة كفاءة فصل الحبيبات الخشنة [3] ، في حين صمم Li Feng فاصلاً بمدخل مزدوج وزاوية دخول مختلفة وبين أثر هذه التعديلات زيادة القوة الطاردة المركزية والتي تنعكس بشكل مباشر على كفاءة الفصل [4] ، و Cui أكد على أهمية قطر فتحة خروج الجزيئات الصلبة (الفتحة السفلية للفاصل) ومن خلال دراسته تبين أن القطر المثالي لفتحة الخروج السفلية تتراوح من 0.24D إلى 0.36D حيث D قطر الجزء الاسطواني للفاصل. [5]

من ناحية أخرى، ركزت أبحاث أخرى على المؤشرات التشغيلية، حيث توصل Mokni إلى أن ارتفاع درجة حرارة سائل التغذية يقلل اللزوجة ويزيد من كفاءة الفصل [6] ، بينما أكدت دراسة Senfter على تأثير خصائص المواد المصنعة لجدران الفاصل في كفاءة الفصل، حيث أظهرت النتائج أن الفواصل المصنعة من الزجاج تمتاز بكفاءة فصل عالية مقارنة بالفواصل التقليدية [7] كما بينت دراسة Zhang أن تحويل المقطع الدائري للقسم الاسطواني إلى مقطع ذي شكل بيضوي (إهليلجي) يمكن أن يخفض فقدان الضغط بنسبة 10-30% مع تحقيق زيادة طفيفة في الكفاءة [8] .

على الرغم من هذا الزخم البحثي الملحوظ، تبقى هناك حاجة ماسة لإجراء تقييم مخبري شامل لتأثير المتغيرات التشغيلية الرئيسية _ وعلى رأسها ضغط المدخل وخصائص المانع _ في ظل ظروف تحاكي البيئات التشغيلية الحقيقية. حيث إن معظم الدراسات السابقة ركزت على تحسين التصميم الهندسي دون دراسة شاملة للتفاعل المعقد بين هذه المتغيرات التشغيلية وكفاءة الفصل.

انطلاقاً من هذه الفجوة البحثية، تهدف هذه الدراسة إلى إجراء تقييم عملي مخبري متكامل لعملية فصل الرمل عن سائل الحفر باستخدام جهاز فاصل الرمل، مع التركيز على تأثير متغيرين رئيسيين هما: ضغط المدخل، وخصائص المائع، مع تثبيت العوامل التصميمية الأخرى. كما تسعى الدراسة إلى تحديد النطاق الأمثل لضغط التشغيل الذي يحقق أعلى كفاءة فصل، مع تحليل تأثير الخصائص الفيزيائية للمائع على أداء الجهاز. وتمثل هذه الدراسة إضافة نوعية للمعرفة العلمية من خلال تقديم بيانات تجريبية دقيقة يمكن أن تساعد المهندسين والعاملين في مجال هندسة الحفر على تحسين أداء أنظمة تنظيف سائل الحفر، وبالتالي خفض تكاليف التشغيل وزيادة الكفاءة الإنتاجية في حقول النفط والغاز.

2. التصميم الهندسي لجهاز فاصل الرمل:

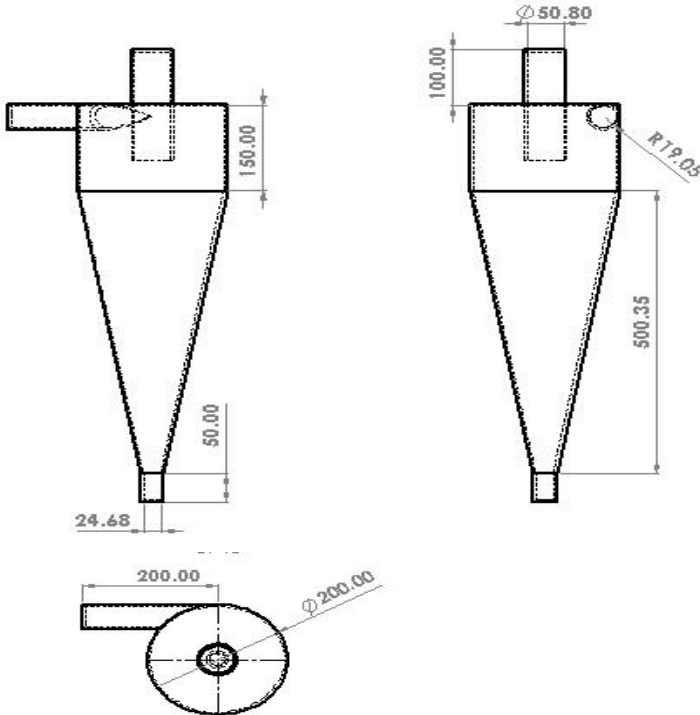
تم العمل على جهاز فاصل الرمل الموجود في مخبر كلية الهندسة البتروولية في الجامعة العربية الخاصة للعلوم والتكنولوجيا والمصمم وفق مقاييس حقلية تتناسب مع واقع التشغيل في مواقع الحفر، وذلك بغرض إجراء تجارب مخبرية تخدم في تقييم كفاءة فصل الرمل عن سائل الحفر.

1.2. المكونات الرئيسية للجهاز:

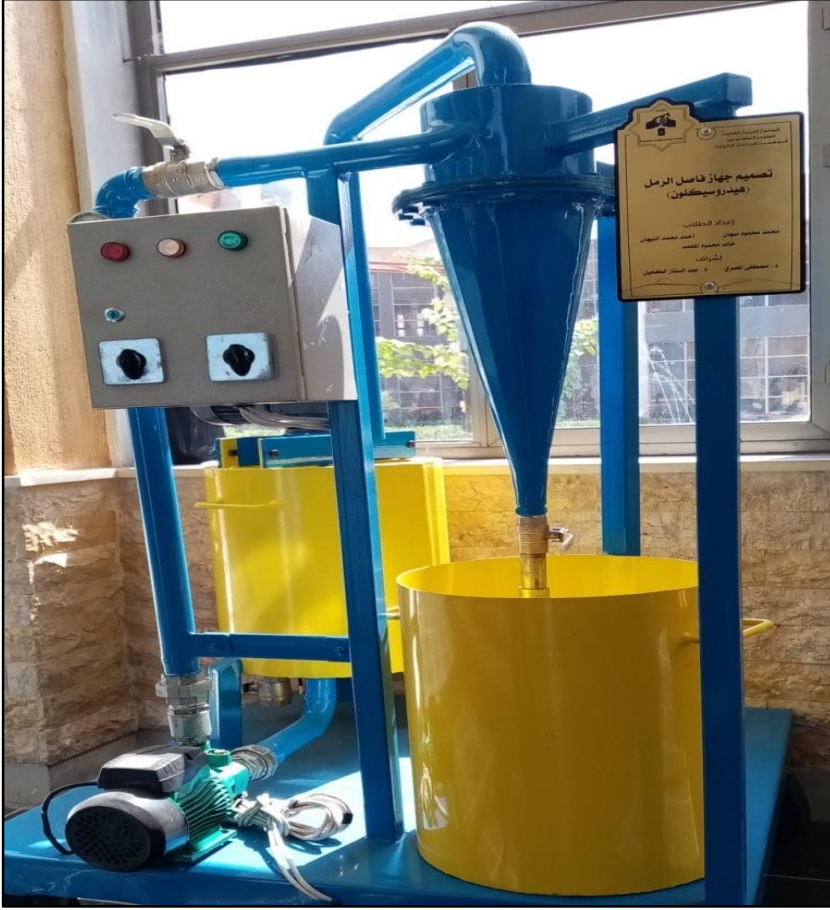
يعرض الشكل (1) رسماً تخطيطياً للجهاز، في حين تُظهر الصورة في الشكل (2) الجهاز الفعلي داخل مخبر الحفر في الجامعة العربية الخاصة للعلوم والتكنولوجيا.

الجدول (1): البارامترات التصميمية لفاصل الرمل.

الابعاد (mm)	البارامترات التصميمية
200	قطر الجزء الاسطواني
38.1	قطر فتحة المدخل
50.8	قطر فتحة المخرج العلوي
24.68	قطر فتحة المخرج السفلي
100	طول المخرج العلوي ضمن جسم الفاصل
150	طول الجزء الاسطواني
500	طول الجزء المخروطي



الشكل (1) يبين رسم تخطيطي لجهاز فاصل الرمل



الشكل (2) يبين جهاز فاصل الرمل ومكوناته الرئيسية

نميز من الشكل السابق المكونات الأساسية لفاصل الرمل هي على التالي:

1.1.2. منظومة تحضير سائل الحفر:

- خزان التحضير: خزان أسطواني سعة 50 لتر.

- الخلاط: محرك دورانه 80 دورة/دقيقة، مزود بشفرتين (علوية وسفلية) لخلط السائل بكفاءة.
- مضخة سائل الحفر (الاستطاعة: 0.75 Kw -الضغط: 4 bar).

2.1.2. خزان استقبال الرمل:

خزان مخصص لاستقبال الحبيبات الصلبة أسفل القسم المخروطي.

3.1.2. التوصيلات:

أنابيب وخرطوم مقاومة للضغط العالي، لتأمين حركة سائل الحفر عبر المنظومة.

4.1.2. الملحقات الأخرى الموجودة على جهاز فاصل الرمل:

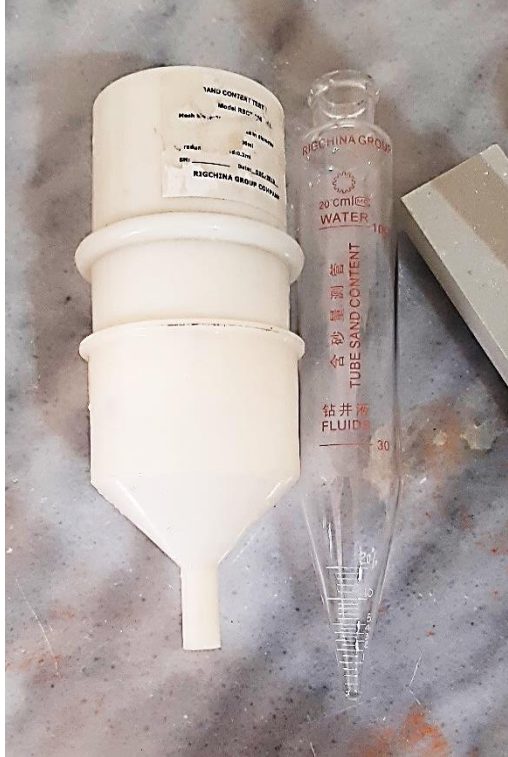
صمامات على مدخل السائل والمخرج السفلي للسائل ومقياس ضغط على خط الدخول.

3. منهجية القياس والتجربة:

1.3. قياس نسبة الرمل:

تم استخدام جهاز Sand Content Kit لقياس نسبة الجسيمات الصلبة المتبقية، وذلك وفق الخطوات التالية:

1. رج العينة جيداً.
2. مزج 50 مل من العينة مع ماء نقي حتى 100 مل.
3. ترشيح المزيج عبر منخل (Mesh 200).
4. غسل الرمل بالماء النقي وترسيبه في أنبوب مدرج.
5. قراءة النسبة مباشرة وتسجيلها.



الشكل (3) يبين جهاز قياس نسبة الرمل

وتكون عليه القراءة المأخوذة على جهاز Sand Content Kit تمثل نسبة الرمال مع السائل
النظيف الخارج من فتحة الخروج العلوية.

ويتطبيق العلاقة (1-1) نحصل على كفاءة الفصل كنسبة مئوية التي يبيدها جهاز
فاصل الرمل (الهيدروسيكلون). [9].

$$E = \frac{N - N_0}{N} \times 100 \quad (1 - 1)$$

حيث:

N -نسبة الجزيئات الصلبة في السائل قبل عملية الفصل.

N_0 -نسبة الجزيئات الصلبة في السائل بعد عملية الفصل.

5- منهجية العمل التجريبي:

5-1 باستخدام الماء:

تم تحضير 30 لتراً من الماء يحتوي على رمل بنسبة 15% وزناً، وأجريت أربع

تجارب مستقلة على الجهاز باستخدام الماء كسائل حامل للحبيبات الرملية، وبأربعة

ضغوط تشغيل مختلفة، وقد تم ملاحظة ان زيادة الضغط على مدخل الفاصل تؤدي

الى زيادة القوة الطاردة المركزية وبالتالي زيادة كفاءة الفصل ومن الملاحظ ان كفاءة

الفصل مرتفعة نسبياً عند استخدام الماء. وكانت القراءات على جهاز Sand

Content Kit موضحة في الجدول (2):

الجدول (2): كفاءة الفصل باستخدام الماء (نسبة الرمل 15% وزناً).

كفاءة الفصل %	نسبة الرمل في السائل المعالج %	ضغط المدخل bar
80	3	4
83.4	2.5	4.8
86.7	2	5.4
93.4	1	6

5-2 باستخدام سائل حفر:

تم تكرار التجارب ذاتها باستخدام سائل حفر لزوجه (15 cp)، وتم إضافة رمل بنسبة 15 %

وزناً، وبأربع تجارب مستقلة وعند أربع قيم للضغط تم دراسة تأثير زيادة الضغط على كفاءة

الفصل، وكانت القراءات على جهاز Sand Content Kit موضحة في الجدول (3):

الجدول (3): كفاءة الفصل باستخدام سائل الحفر (نسبة الرمل 15% وزناً).

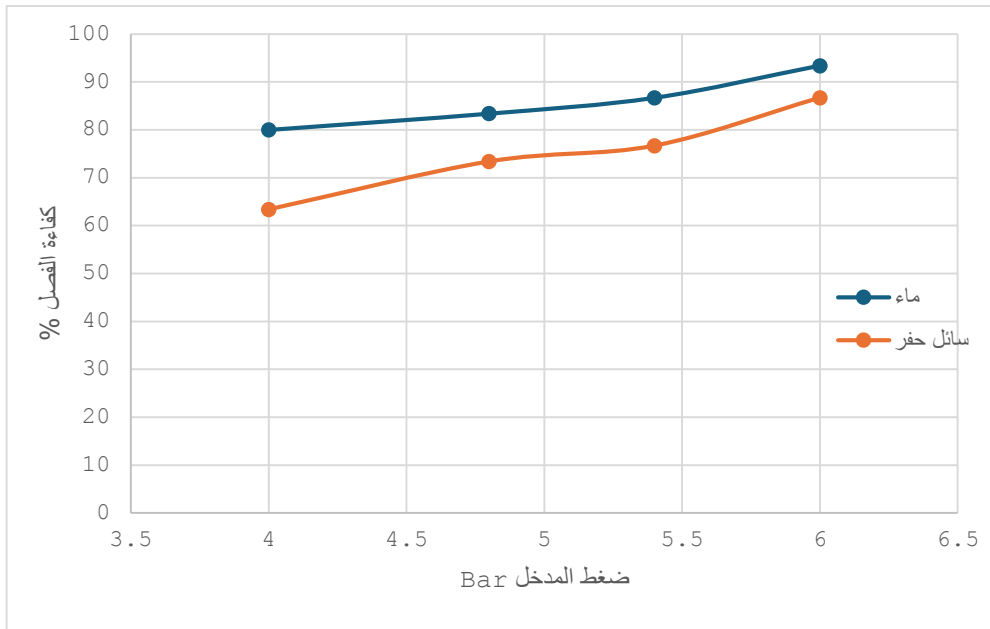
كفاءة الفصل %	نسبة الرمل في السائل المعالج %	ضغط المدخل bar
63.4	5.5	4
73.4	4	4.8
76.7	3.5	5.4
86.7	2	6

تم التأكيد من خلال هذه الدراسة على تأثير نوع المائع المستخدم على كفاءة فاصل الرمل (الهيدروسيكلون)، حيث أظهرت المقارنة بين الماء وسائل الحفر المحضر مخبرياً (بلزوجة 15 cp) اختلافاً جوهرياً في كفاءة الفصل. فكما هو مبين في الشكل (4) مقارنة بين تأثير المائعين (ماء_ سائل حفر) على كفاءة الفصل حيث سجلت كفاءة فصل الرمل عند استخدام الماء كفاءة عالية تراوحت بين 80% إلى 93.4% تحت ضغوط تشغيلية متدرجة (4 - 6 bar)، انخفضت هذه الكفاءة بشكل ملحوظ عند استخدام سائل الحفر لتبلغ 63.4% إلى 86.7% تحت نفس الظروف التشغيلية.

يفسر هذا التفاوت إلى الخصائص الريولوجية للمائعين، إذ تُعد اللزوجة العامل المهيمن على كفاءة الفاصل حيث تؤدي زيادة لزوجة سائل الحفر إلى إعاقة الحركة النسبية للجسيمات الصلبة،

مما يقلل من فعالية القوة الطاردة المركزية في فصل الحبيبات الرملية كما تساهم الزيادة في اللزوجة في رفع مقاومة الجريان الداخلي، محدثةً إعاقة ترسيب الجسيمات نحو المخرج السفلي. هذه النتائج تتماشى مع دراسات سابقة (كدراسة Mokni) التي أكدت العلاقة العكسية بين لزوجة المائع وكفاءة الفصل. [6]

مما يبرز أهمية تحسين خصائص سوائل الحفر أو تعديل معاملات التشغيل لتعويض هذا الأثر السلبي.



الشكل (4): تأثير قيمة ضغط المدخل على كفاءة الفصل

نستنتج إن بقاء 2% من الجسيمات الصلبة (ما يعادل 13.3% من إجمالي الرمل الداخل) في السائل المعالج يعتبر ضمن النطاق المقبول. هذا الاستنتاج يقود إلى أن الهيدروسيكلون ذو القطر 8 أنش، وتحت هذه الظروف الريولوجية، يكون فعالاً في فصل الجسيمات ذات الأبعاد 130 ميكرون تقريباً بشكل فعال.

5. نتائج الدراسة

أسفرت التجارب العملية عن عدد من النتائج المهمة التي تعزز من فهم آلية عمل جهاز فاصل الرمل تحت ظروف تشغيلية مختلفة:

1. تأثير الضغط على كفاءة الفصل:

لوحظ بشكل واضح أن رفع ضغط مدخل الجهاز أدى إلى زيادة كفاءة الفصل لكل من الماء وسائل الحفر، و بشكل واضح عند ضغوط أعلى من 5 bar وذلك عند استخدام سائل حفر أما عند استخدام الماء كمائع لحمل الحبيبات الرملية فإن تأثير ارتفاع ضغط المدخل ضئيل جداً أن هذا الارتفاع يقابله انخفاض في زمن بقاء السائل داخل الجهاز، ما قد يُضعف عملية الفصل في بعض الحالات. لذلك، يُوصى بإيجاد توازن بين الضغط وزمن البقاء لضمان أعلى كفاءة ممكنة، كما أن الزيادة الغير مدروسة للضغط قد تؤدي الى زيادة اضطراب الجريان داخل الفاصل وبالتالي ارتداد الجزيئات الصلبة عن الجدران الداخلية للفاصل وخروجها مع تيار السائل النظيف و بالتالي انخفاض في كفاءة الفصل.

2. تأثير نوع المانع:

أظهرت الدراسة أن الماء يُحقق كفاءة فصل أعلى من سائل الحفر عند نفس شروط التشغيل، ويُعزى ذلك إلى انخفاض لزوجة الماء، ما يُسهم في زيادة سرعة الجسيمات النسبية وانفصالها بفعل الطرد المركزي.

3. إمكانية تحسين الأداء عبر التعديلات التصميمية:

يُمكن تحسين كفاءة الجهاز بشكل أكبر من خلال تقليل قطر فتحة الخروج السفلية، مما يزيد من زمن بقاء الجسيمات داخل الفاصل ويُحسن من أداء الجهاز، خصوصاً عند استخدام موائع لزجة، والقطر المثالي لفتحة الخروج السفلية كما وردت في الدراسة التي قدمها Cui هي أكبر من 0.24D وأقل من 0.36D [9].

4. الاستفادة من تطبيق هذا العمل صناعياً:

هذه النتائج تُوفر أساساً عملياً قابلاً للتطبيق في مواقع الحفر ، وتُساعد في تحسين كفاءة تشغيل وحدات فصل الرمل بتعديلات بسيطة ومنخفضة التكلفة.

المراجع العلمية

أ - المراجع الأجنبية:

1. Wang and al, 2006 **Numerical Study of Particle-Fluid Flow in Hydrocyclones with Different Body Dimensions**, Minerals Engineering.
2. Ghodrat and al, 2013 **Numerical Analysis of Hydrocyclones with Different Conical Section Designs**, Minerals Engineering.
3. Liu P.K, and al, 2008 **Enhancement of Hydrocyclone Classification Efficiency for Fine Particles by Introducing a Volute Chamber**, Chemical Engineering & Technology.
4. Li, Feng, and al, 2021 **Purification of Granular Sediments Using a Novel Hydrocyclone**, Powder Technology.
5. Cui, B, and al 2017 **Effects of feed size distribution on separation performance of Hydrocyclones with different vortex finder diameters**, Powder Technology.
6. Mokni, Inés, and al. 2020 **Feed temperature effect on separation performance of industrial hydro cyclone advanced CFD analysis**, Separation Science and Technology.
7. Senfter, T, 2024 **An Empirical Study on the Upcycling of Glass Bottles into Hydrocyclone Separators**, Separations.
- 8 - Zhang, K, and al 2024 **Performance evaluation and prediction model for novel elliptical cyclone separators**. SSRN Electronic Journal.

ب - المراجع العربية:

- 9 - أ. د. حديد، محمود - ميكانيك آلات الحفر والإنتاج (2) - القسم النظري ، كلية الهندسة الكيميائية و البترولية ، منشورات جامعة حمص 2010-2011.

التنبؤ بقيمة الكربون العضوي الكلي باستخدام الشبكة العصبونية الصنعية في تشكيلة الشيرانيش ضمن حقل العمر – حوض الفرات

أ.د. عودي صالحه أ.د. نضال ابراهيم م. علي سبله

الملخص:

يعتبر محتوى الكربون العضوي الكلي أهم البارامترات الجيوكيميائية والمؤشرات الحاسمة في تقييم الصخور المصدرية وإمكانية توليد الهيدروكربونات في أحواض البترول إضافة للدور المهم في تقييم صخور نفط الشيل، وعادةً ما يتم قياس هذا البارامتر عن طريق إجراء تحاليل مخبرية خاصة على عينات تُؤخذ أثناء الحفر من الصخر المراد دراسته وعادةً ما تكون العملية باهظة الثمن وتستغرق وقت وجهد، لذلك قمنا في هذا البحث باستخدام الشبكة العصبونية ذات الانتشار الخلفي للتنبؤ بالقيمة السابقة في تشكيلة الشيرانيش ضمن حقول العمر في حوض الفرات اعتماداً على القياسات البئرية الأساسية المتعلقة بالظاهرة والمقابلة لهذه القيم لما لهذه الشبكات قدرة عالية على التعامل مع العلاقات غير الخطية (حيث إنّ الدراسات السابقة اعتبرت العلاقة بين القيم السابقة مع السجلات البئرية خطية بشكل مطلق)، حيث أظهرت استخدام هذه الشبكة الحصول على نتائج مرضية وجيدة وبدقة مقبولة وكما أظهرت أفضلية استخدامها وبشكل خاص في حالة التغييرات الحادة في التركيب الليتولوجي للصخر المدروس حيث لا ينفع استخدام النماذج الرياضية التقليدية والتي افترضت العلاقات الخطية، على عكس الشبكات العصبونية والتي تستخدم أكثر من سجل بئري وتعكس التغييرات السابقة بشكل أكثر واقعية مما يعطي الدقة الأعلى.

الكلمات المفتاحية: كربون عضوي كلي، الشيرانيش، الشبكة العصبونية الصنعية

**Predicting the value of total organic carbon using an artificial
neural network in the Sheranesh Formation within the Al–Omar
field – Euphrates Basin**

Abstract

Total Organic Carbon (TOC) content is considered one of the most critical geochemical parameters and decisive indicators in evaluating source rocks and their potential for hydrocarbon generation in petroleum basins. It also plays a significant role in assessing shale oil formations. Typically, this parameter is measured through specialized laboratory analyses conducted on samples taken during drilling from the rock under study. This process is often expensive, time-consuming, and labor-intensive.

Therefore, in this research, we employed a backpropagation neural network to predict TOC values in the Sheranesh Formation within the Omar fields of the Euphrates Basin, based on basic well log measurements related to the phenomenon and corresponding to these values. Neural networks possess a high capability to handle nonlinear relationships—unlike previous studies that assumed a strictly linear relationship between TOC values and well logs.

The use of this neural network yielded satisfactory and reliable results with acceptable accuracy. It also demonstrated superiority, especially in cases of abrupt changes in the lithological composition of the studied rock, where traditional mathematical models based on linear assumptions fail. In contrast, neural networks utilize multiple well logs and reflect these variations more realistically, resulting in higher precision.

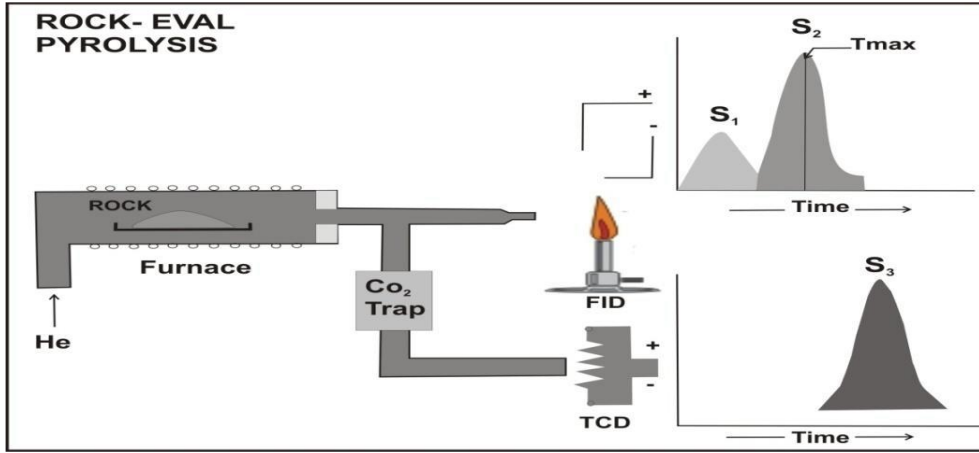
Keywords: total organic carbon, sheranesh, artificial neural network

1-المقدمة :

يندرج الهدف الأساسي للعمليات والدراسات الاستكشافية البتروولية الجيوكيميائية تحت إطار تأكيد وجود تجمعات بتروولية من عدم وجوده، وذلك عن طريق تحديد الاحتمالية البتروولية والطاقة على توليد وطرد البترول للصحور الرسوبية، ، وتعتبر كمية المادة العضوية ضمن الصخر الرسوبي بشكل أساسي أهم البارامترات الجيوكيميائية والأكثر استخداماً في عملية تقييم كفاءة الصخر كصخر أساس [1] ، ويتمّ التعبير عن هذه الوفرة ب TOC (كمية الكربون العضوي الكلي) كنسبة مئوية وزناً من الصخر .

ويتم الحصول على هذه القيمة السابقة (وعلى البارامترات الجيوكيميائية عموماً) وبشكل مباشر عن طريق تحاليل مخبرية خاصة وهي بشكل أساسي اختبار التحلل الحراري (البيروليز) الذي يُجرى على العينات الصخرية، ولكن لدى هذه الطريقة العديد من العيوب والقيود بأنها تقتصر على عدد قليل من العينات وتكاليف الاختبار الباهظة وخاصةً في الطبقات المعقدة ليتولوجياً والتي يستوجب تكثيف عدد العينات منها إضافةً للجهد والوقت المستغرق وخاصةً في الطبقات العميقة كما أنها تقتصر فقط على أماكن العينات وليست مستمرة على كامل طول البئر .

والشكل التالي يبين جهاز التحلل الحراري :



الشكل (1-1) مخطط توضيحي لجهاز التحلل الحراري

ويتم الحصول على البارامترات الجيوكيميائية جميعها من نتيجة تجربة التحلل الحراري للعينة الصخرية بتعريض هذه العينة لمصدر حراري وبدرجة متغيرة (متزايدة تدريجياً) من 200 إلى 550 درجة مئوية، حيث كمية المواد العضوية تتمثل بكل من المقدارين S_1, S_2 اللذان يعبران عن كمية المواد الهيدروكربونية الكيروجينية والبيتومينية في الصخر t_{max} (درجة الحرارة القصوى الموافقة لخروج المواد الكيروجينية S_2) وهي مؤشر لدرجة النضج وإضافة لتحديد نوع المواد العضوية باستخدام مخطط خاص يتم إنشاؤه بالاعتماد على S_1, S_2, TOC

تمت في الدراسات السابقة محاولة لإيجاد علاقة بين السجلات البثرية وكمية المادة العضوية اعتماداً على بعض الخصائص الفيزيائية للمواد العضوية، حيث وضع العديد من الباحثين مجموعة من النماذج والعلاقات الرياضية التجريبية التي تربط بين TOC مع سجل بئري فردي أو أكثر التي ترتبط بالمادة العضوية وتتغير بتغير كميتها

ومن أهم هذه النماذج :

- نموذج شموكر وهستر الذي يعتمد على سجل الكثافة الظاهرية انطلاقاً من كثافة المادة العضوية المنخفضة نسبياً مقارنة بالصخور والمعادن الفلزية :

$$\text{العلاقة (1-1)} \dots\dots\dots \text{TOC\%} = (154,497/\rho) - 57,261$$

- نموذج ماير أدخل نسبة اليورانيوم مع الكثافة على اعتبار المادة العضوية تترسب معها نسبة من العناصر المشعة وخاصة اليورانيوم :

$$\text{العلاقة (1-2)} \dots\dots \text{TOC\%} = 0,049 W(U) + (-13,373) \rho + 36,735$$

ولم تلق هذه النماذج الانتشار الواسع بسبب الدقة غير الكافية لها في التنبؤ بالكربون الكلي ، حيث كان لهذه النماذج العديد من الإشكاليات وأهمها بأنها تقتصر على حالات خاصة ومحددة أي كانت بقابلية ضيقة جداً على التعميم وأنها تتأثر بالتغيرات الليتولوجية والمعدنية ضمن الصخر وبشكل كبير بسبب اعتماد أغلبها على سجل بئري واحد (فمثلاً وجود عنصر الباربيت ضمن الصخر والذي يترسب مع المادة العضوية قد يؤثر سلباً على دقة القياس في النماذج التي تعتمد على الكثافة)، وأن هذه النماذج اعتبرت العلاقة بين السجلات البئرية وكمية الكربون الكلي خطية بشكل مطلق والعلاقة بينها أعقد من ذلك . [2]

ومع التطور العلمي وظهور نماذج التعلّم الآلة والذكاء الصناعي وخاصة الشبكات العصبونية والتي كانت إحدى فروع الذكاء الاصطناعي والتي لها العديد من الخصائص الهامة والقدرة على التعامل مع المشكلات والعلاقات غير الخطية ، لذلك قمنا في هذا البحث باستخدام الشبكة العصبونية كأداة هامة في التنبؤ بالكربون العضوي الكلي ضمن واحدة من أهم التشكيلات الصخرية في حقل العمر ضمن حوض الفرات .

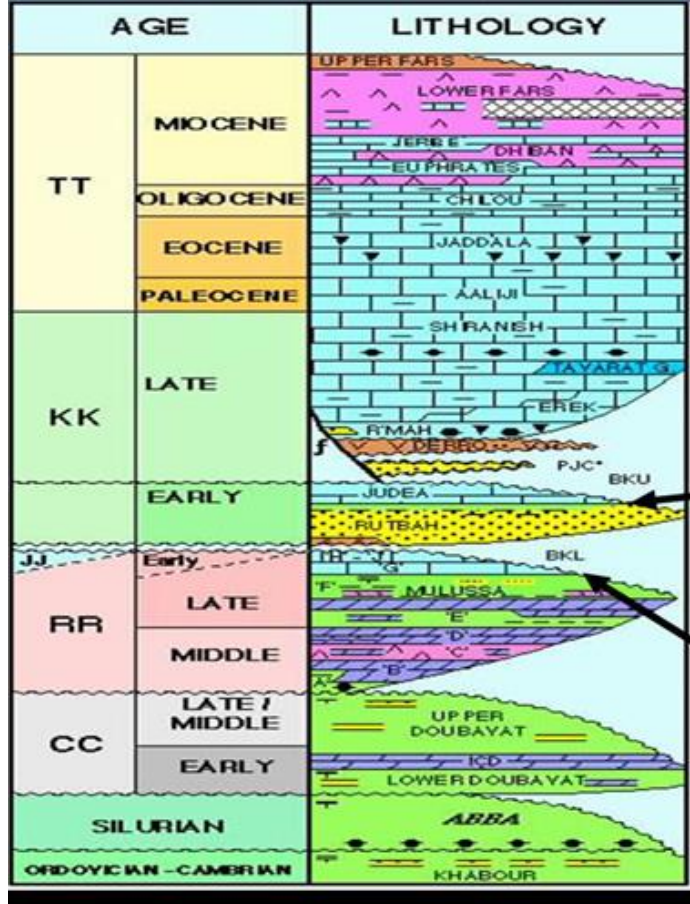
2- منطقة الدراسة :

حوض الفرات يقع في الجزء الشرقي من سوريا ضمن منطقة معقدة تكتونياً وهو أحد أهم الأحواض المنتجة للنفط في سوريا ، أكدت جميع الدراسات والمسوحات السيزمية والجيولوجية السابقة التي تناولت تشكل الحوض بأنه تشكل نتيجة النشاط التكتوني التبايدي الناجم بشكل أساسي عن حركة الصفائح ، حيث بالداية بدأ طور انهزامي قوي نسبياً زمن التورينيان-كونيساسيان واستمر طور

الانهدام حتى زمن السنتونيان زمن توضع الرماح ولكن بشدة أقل ثم أُتبع بطور انهدامي آخر ضعيف نسبياً زمن الكامبيان حتى أول الماستريختيان وهو زمن توضع تشكيلة الشيرانيش بجزأها السفلي وتم حدوث هبوط قوي بالحوض ناجم عن وزن وحجم وسماكة الرسوبيات الكبيرة لتشكيلة الشيرانيش ومعظم الدراسات أكدت توقف الحركات والنشاطات التكتونية بعد ذلك ، حيث توضعَت الشيرانيش بجزأها العلوي .

حيث توضعَت الشيرانيش ضمن حوض الفرات وبثخانة كبيرة وصلت لبضع مئات الأمتار ضمن أحداث تكتونية متنوعة أدت وبشكل طبيعي إلى تنوع بيئات الترسيب مما أدى أيضاً إلى تنوع واختلاف نوع المواد العضوية المترسبة وكميتها ضمن هذه التشكيلة وبالتالي ستختلف الطاقة التوليدية لهذه التشكيلة ضمن أجزاءها المختلفة.[3]

حيث وكما قُسمت لبيتولوجياً إلى قسمين تم تقسيمها وبنتيجة دراستنا من الناحية الجيوكيميائية (من ناجية المحتوى العضوي بشكل خاص) إلى قسمين أيضاً ، ومن الناحية الليتولوجية فهي تتألف من الحجر الجيري المارلي مع وجود نسبة صغيرة من الغضار وخاصةً في جزءها السفلي. والشكل التالي يبين العمود البيتولوجي

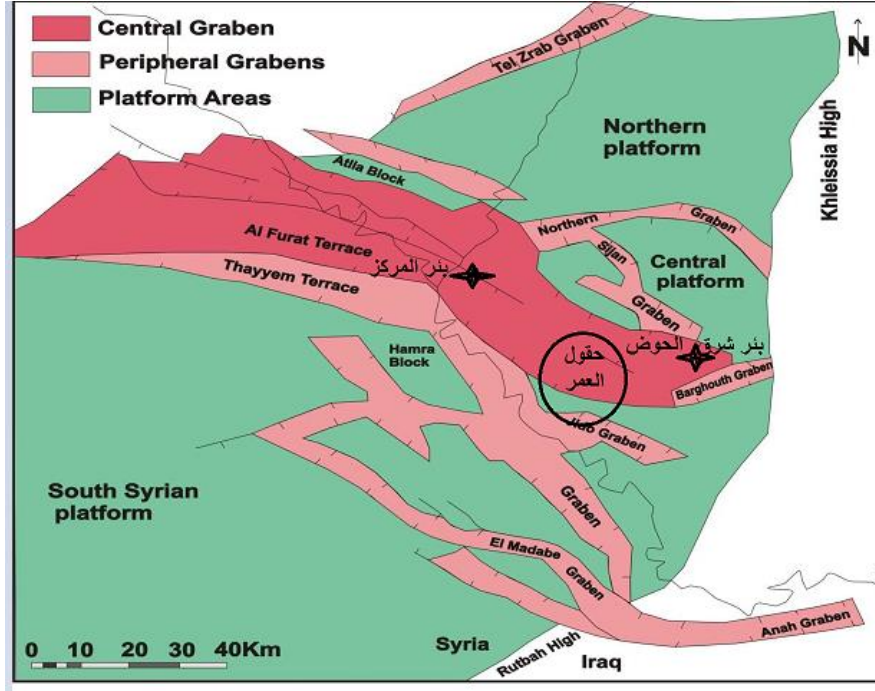


الشكل (1-2) العمود الليتولوجي لحوض الفرات

- وتم اختيار حقل العمر ضمن حقول الحوض كأحد أهم الحقول المنتجة للنفط من أجل التنبؤ ودراسة قيمة الكربون العضوي وتم الاستعانة بأربع آبار من الحوض والتي أجريت عليها دراسات لتحديد TOC (بئر في مركز الحوض ، بئر في الجزء الشرقي من الحوض وبئرين في حقل العمر) والشكل التالي يبين موقع هذه الآبار حيث تعبر المنطقة الحمراء عن الجزء الأساسي المركزي

التنبؤ بقيمة الكربون العضوي الكلي باستخدام الشبكة العصبونية الصناعية في تشكيلة الشيرانيش ضمن حقل العمر -حوض الفرات

للحوض واللون الأخضر يعبر عن الأجزاء الحدودية المحيطة بالحوض والمنطقة المتبقية باللون البرتقالي تشير للمناطق الطرفية المحيطة بالحوض



الشكل (1-3) موقع أبار الدراسة ضمن الحوض المدروس

3- هدف البحث :

التنبؤ بقيمة الكربون العضوي الكلي %TOC لتشكيلة الشيرانيش في حقل العمر ضمن حوض الفرات بهدف تقييم وضع هذه التشكيلة من حيث محتواها العضوي وأمالها البترولية كصخر مصدر

4- مواد البحث وطرائقه:

قمنا في هذا البحث ببناء شبكة عصبونية ذات انتشار خلفي BPANN للتنبؤ بالكربون الكلي العضوي وتمّ استخدام برنامج PYTHON لبناء وتدريب الشبكة السابقة ، مع الاستعانة بنتائج دراسة العينات المخبرية المتوفرة من أبار الدراسة .

5- الشبكة العصبونية الصناعية (Artificial Neural Network) :

هي تقانات حسابية مصممة لمحاكاة الطريقة التي يؤدي بها الدماغ البشري مهمة محددة ، وذلك بطرائق معالجة ضخمة مكونة من وحدات معالجة بسيطة ، هذه الوحدات عبارة عن عناصر حسابية تسمى عصبونات أو عقد (neurons) والتي لها خاصية عصبية من حيث إنها تقوم بتخزين المعلومات التجريبية والعملية لتجعلها متاحة عن طريق ضبط الأوزان فالشبكات العصبونية تتشابه مع الدماغ البشري في أنها تكتسب المعرفة بالتدريب وتخزن هذه المعرفة ، باستخدام قوى وصل داخل العصبونات تسمى الأوزان . وتوصف الشبكة العصبونية حسب بنيتها ، وطريقة تعلّمها وتابع التنشيط activation function المستخدم بها. تقسم من ناحية البنية إلى طبقات عدة : طبقة الدخل ، وطبقات مخفية ، وطبقة الخرج وتابع التنشيط الذي هو عبارة عن تابع رياضي يُطبق على الشبكة بهدف تنظيم قيم الخرج لتنظيمًا ملائمًا للمشكلة المدروسة (لذلك الاختيار الصحيح لهذا التابع يحسّن عمل الشبكة ودقة تنبؤها) ، تختلف طريقة التعلّم في الشبكات فبعضها يتم تدريبها باستخدام خوارزميات تعتمد على الانحدار الخطي وهي شبكات وحيدة الطبقة غالباً وبعضها الآخر يتدرب باستخدام خوارزميات تعتمد على الاشتقاق اللوغاريتمي وتقانة راجعة أو غير راجعة لتحديث متغيرات الشبكة وتكون بنيتها متعددة الطبقات . [4]

6-القسم العملي:

أ- تجهيز العينات :

التنبؤ بقيمة الكربون العضوي الكلي باستخدام الشبكة العصبونية الصناعية في تشكيلة الشيرانيش ضمن حقل
العمر - حوض الفرات

تمّ استخدام 153 عينة (قيمة لـ TOC) من الآبار الأربعة السابقة وبأعماق متباينة حيث تمّ الوصول لهذه القيم من النتائج المخبرية لتحلل الحراري التي أجرتها شركة شل على هذه التشكيلة باستخدام جهاز 6-ROCKEVAL المزود بوحدة قياس الكربون ، وكانت ولحسن الحظ قيم الكربون ضمن الآبار السابقة تتراوح من 1 حتى 7% وزناً من الصخر أي أنّها تشمل جميع مجالات التقييم من الضعيف للممتاز كما نلاحظ ذلك وفق الجدول التالي :

جدول (1-1) تقييم الصخور الغضارية والكلسية تبعاً لكمية الكربون العضوي الكلي فيها

Interpretation of Total Organic Carbon (TOC) (based on early oil window maturity)		
Hydrocarbon Generation Potential	TOC in Shale (wt. %)	TOC in Carbonates (wt. %)
Poor	0.0-0.5	0.0-0.2
Fair	0.5-1.0	0.2-0.5
Good	1.0-2.0	0.5-1.0
Very Good	2.0-5.0	1.0-2.0
Excellent	>5.0	>2.0

حيث تمّ في الجدول السابق مقارنة بين تقييم الصخر غضاري والصخر كربوناتي وفق المحتوى العضوي

وتمت بعد ذلك مطابقة العمق لهذه العينات مقابل السجلات البئرية وتمّ الحصول على هذه القياسات البئرية بصيغتها الرقمية .

ب_ دراسة الحساسية واختيار المدخلات للشبكة :

تمت دراسة الحساسية عن طريق تحديد معامل الارتباط بين الكربون العضوي الكلي والسجلات البئرية الأساسية المتعلقة بالظاهرة والتي تم التأكيد عليها من خلال الدراسات السابقة بأنها سجلات أساسية تتأثر بالظاهرة السابقة وهذه القياسات (الكثافة ، أشعة غاما ، زمن العبور الصوتي ، المقاومة الكهربائية ، المسامية النثرونية) والجدول التالي يبين سبب اعتماد هذه السجلات وعلاقتها بالظاهرة :

الجدول (1-2) العلاقة بين TOC والسجلات البئرية الأساسية

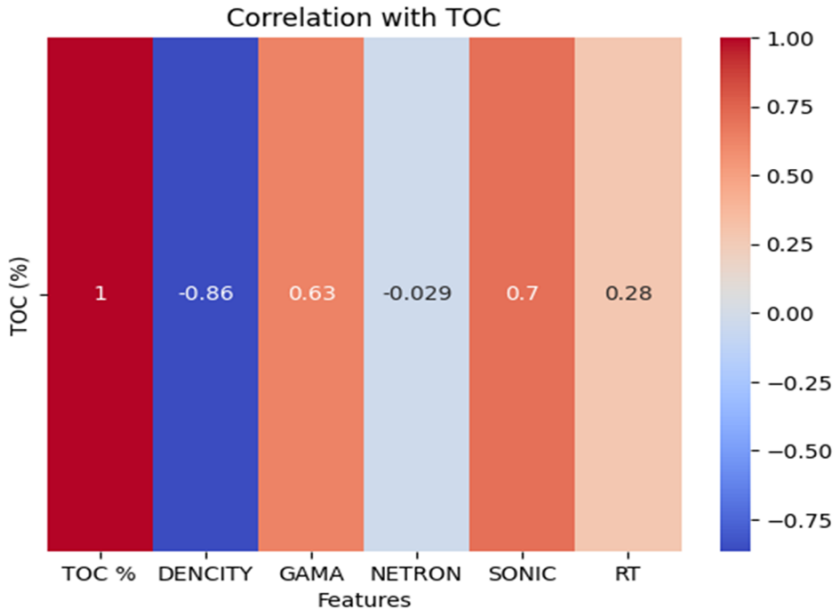
التأثير على الظاهرة	السجل البئري
تبلغ كثافة المادة العضوية ٠,٩ حتى ١,٦ غرام \ سم ^٣ حسب النضج، بينما الفلز الصخري تبلغ كثافته وسطياً ٢,٧ غرام \ سم ^٣	الكثافة
يبلغ زمن العبور الصوتي في المادة العضوية ١٣٠ - ٢٣٠ ميكرو ثانية \ قدم وفي الكلس ٤٩ ميكرو ثانية \ قدم	القياس الصوتي
تحتوي المواد العضوية عموماً على عناصر مشعة وخاصةً اليورانيوم ترسب أثناء مرحلة الدياتينيز مع المادة العضوية	أشعة غاما
يؤدي مؤشر الهيدروجين العالي للمادة العضوية إلى ارتفاع قيمة السجل النيتروني بزيادة كمية المادة العضوية وكما أنه ومن مخطط فان كرفلن فإنه وبزيادة درجة نضج المادة العضوية خلال الكاتاجينيز فسوف تتناقص النسبة الهيدروجين إلى الأكسجين	القياس النثروني
إنّ المواد العضوية هي مواد غير ناقلة كهربائياً وليس لها موصلية تُذكر أي لها مقاومة كهربائية عالية	المقاومية الكلية

وتمت دراسة الحساسية عن طريق علاقة معامل بيرسون :

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^N [(x_i - \bar{x}_i) - (y_i - \bar{y}_i)]}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x}_i)^2 \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y}_i)^2}} \quad \text{العلاقة (1-3)}$$

حيث تشير قيم x_i إلى القياس البئري و y_i القيم المخبرية للكربون و n عدد العينات، \bar{x} متوسط السجلات البئرية و \bar{y} متوسط القيم المقاسة في المختبر.

وكانت النتيجة كالتالي وفق الشكل (1-3)



الشكل (1-4) معامل الارتباط بين toC والقياسات البئرية

وحيث لاحظنا الارتباط جيد وقوي في كل القياسات باستثناء القياس النيتروني كان الارتباط ضعيف ومن الممكن أن نفسر ذلك لربما لوجود كميات متفاوتة من المياه الطبقة ضمن الصخر المدروس والتي تسبب تفاوت في قيم القياس النيتروني الذي يتحسس بشكل أساسي لذرة الهيدروجين، لذلك تم الاستغناء عنه كمدخل واستخدام القياسات الأربعة المتبقية فقط .

ج- بناء الشبكة :

- ليس هناك قانون ثابت لتحديد عدد طبقات الشبكة وعدد العصبونات في كل طبقة وكيفية الوصل بين الطبقات ، وإنما يتبع ذلك لنوعية وضخامة وطبيعة المشكلة والظاهرة المدروسة وما يزال هذا التحديد يعتمد على التجريب بالرغم من الخوارزميات والفرضيات الموضوعية ، بمعنى آخر يجب أن تخضع الشبكة لعدة تجارب تغيير وتعديل في بنيتها حتى يتم الوصول إلى البنية التي تعطي النتائج الأفضل [5].

-تم بناء شبكة عصبونية للتنبؤ ب TOC مكونة من : طبقة دخل مؤلفة من أربعة مدخلات وهي (DENCITY GAMA- SONHC –RT) وهي السجلات الأكثر ارتباطاً مع الظاهرة المدروسة .

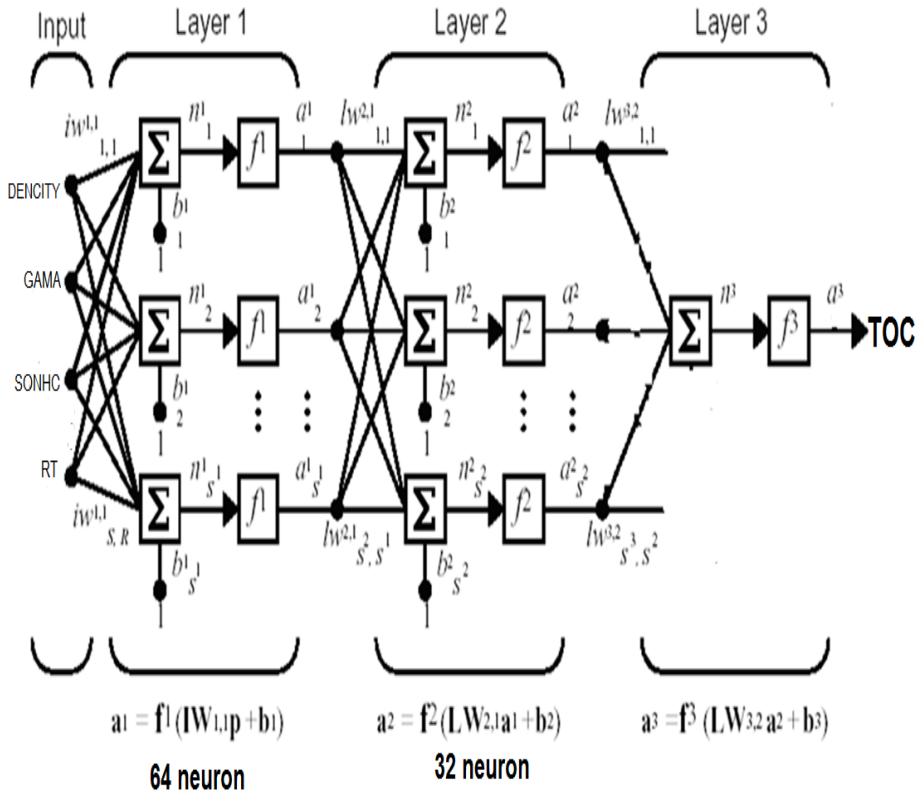
-أوزان الشبكة : تم اتباع نهجين بالعمل وكان الأول عن طريق إعطاء الشبكة أوزاناً بدائية تحمل طابعاً فيزيائياً وتم اختيار قيم ونتائج دراسة الحساسية كأوزان بدائية للشبكة وهذه الأوزان هي : 0,28 -0,7-0,63-0,86

أما الأسلوب الثاني في العمل فكان بتدريب الشبكة بطريقة عشوائية (أي الشبكة تنتج أوزاناً بشكل عشوائي دون أي توجيه فيزيائي)

-طبقتين خفيتين وبعدها عصبونات 64 عصبون للطبقة الأولى و32 عصبون للطبقة الثانية وعصبون واحد لطبقة الخرج حيث وفي مجال بحثنا تم التوصل مرجعياً وبعد التجارب المكثفة إلى أن طبقة

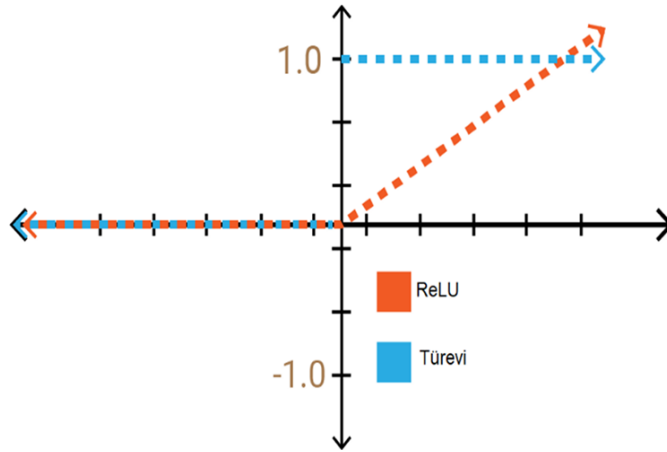
أو طبقتين خفيتين هي الأفضل من حيث الدقة الناتجة وتبسيط هيكلية الشبكة قدر الإمكان ، وإنّ عدد العصبونات أن يكون من مضاعفات الرقم 2 هو الأفضل من حيث دقة التنبؤ .

(F1-F2) تابعا التفعيل في الطبقتين الخفيات تم استخدام تابع التفعيل (RELU) ، F3 : تابع التفعيل في طبقة الخرج وهو sigmoid ، a هو شعاع الخرج وهي مصفوفة من عمود واحد، w هي مصفوفة الوزن وهي للطبقة الخفية الأولى مكونة من 64 سطر و 4 أعمدة وللثانية مكونة 32 سطر و 4 أعمدة ، b شعاع الإزاحة ومن الواضح أنّ الارتباط كلي بين الطبقات والشكل التالي يبين الهيكل الرياضي للشبكة المقترحة :



الشكل (1-5) البنية الرياضية للشبكة المقترحة

- تابع التفعيل Relu: من أكثر التوابع شيوعاً ووجب استعماله في حالتنا دون غيره من التوابع لأنه لا يُفضل استخدام في الشبكات متعددة الطبقات أي تابع أخر بسبب مشكلة تلاشي الانحدار حيث هذا التابع يتغلب على مشكلة تلاشي الانحدار ويكون التدريب أسرع . [4]



الشكل (1-6) شكل تابع التفعيل ريلو ومشتقه

-تم تقييم أداء الشبكة المقترحة عن طريق معامل الارتباط بين القيم الحقيقية والقيم المُنتبأ بها بواسطة الشبكة لعينات الاختبار والتدريب، والخطأ التربيعي لمتوسط الجذر التربيعي RMSE والذي يحسب الخطأ في كل مرة تدريب ويعيد ضبط الأوزان وفق آلية الانتشار الخلفي ويعطى بالعلاقة التالية:

$$NRMSE = \frac{\sqrt{\sum_{j=1}^N \frac{(x_j - y_j)^2}{N}}}{|y_{max} - y_{min}|} \quad \text{العلاقة (1-5)}$$

x_j : القيم المتوقعة للشبكة .

y_j : القيم المقاسة في المختبر .

y_{max} : هي القيم القصوى المقاسة في المختبر

y_{min} : هي الحد الأدنى للقيم المختبرية المقاسة

N : هي عدد العينات

ج- تدريب الشبكة:

-تم الاعتماد في التدريب على طريقة الانتشار الخلفي لأن هذه الطريقة تربط بين الخطأ المرتكب مع الأوزان بشكل عددي وبالتالي كل وزن جديد معدّل يكون بخطأ أقل .

-وتمّ تقسيم البيانات كاملة بشكل عشوائي من كل الأبار السابقة إلى 80% للتدريب و20% للاختبار ،

-توصلنا لمعامل ارتباط بين عينات التدريب والعينات الحقيقية قدره 85% وفق نتيجة التدريب وذلك بعدد مرات تدريب بلغ 68 مرة وفق النهج الأول باختيار الأوزان (اختيار أوزان توافق نتيجة دراسة الحساسية)، وتمّ الوصول لهذه القيمة (معامل الارتباط) أيضاً وفق النهج الثاني (الشبكة تنتج أوزاناً بشكل عشوائي) بعدد مرات تدريب أعلى وبلغ 112 مرة مما يبين فائدة دراسة الحساسية ومساهمتها في تبسيط العمل وبشكل كبير .

وكانت قيم مصفوفة الوزن في طبقة الخرج بنتيجة التدريب وفق ذلك النهج كالتالي :

الجدول (1-3) قيم الأوزان النهائية بعد التدريب

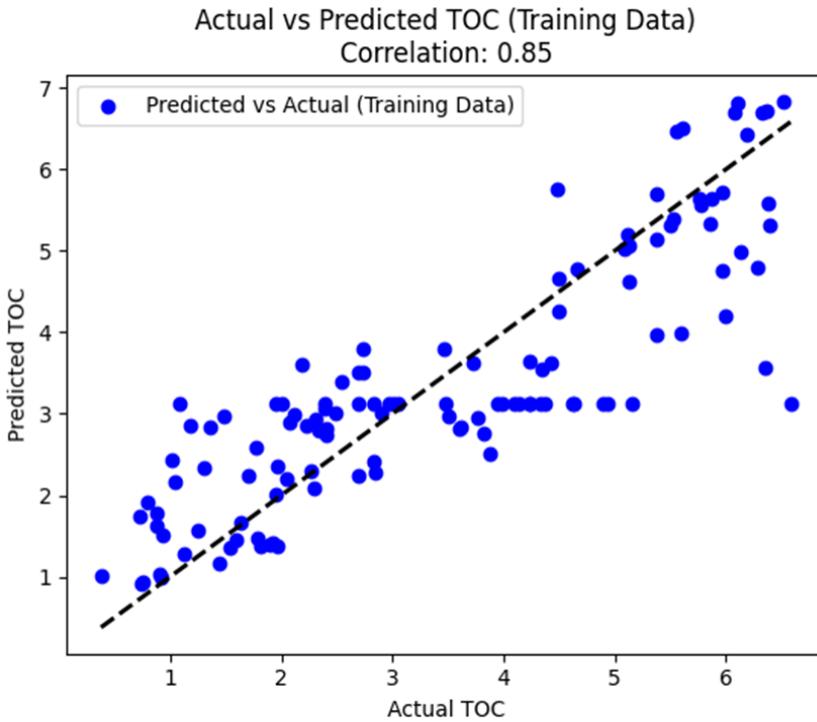
density	sonic	gama	Rt
0.849372	0.690904	0.644154	0.370616

نلاحظ محافظة قيم هذه الأوزان النهائية على تناسبها مع قيم الارتباطات مع القياس البثري (درجة الحساسية السابقة) ، حيث الارتباط الأعلى بقيّ محافظاً على تأثيره الأكبر كوزن ضمن

مصفوفة الأوزان للطبقة النهائية للشبكة بعد نهاية تدريبها (نلاحظ ذلك من الجدول السابق) والعكس بالعكس ،

-مما يبين فائدة دراسة الحساسية ومساهمتها في تبسيط العمل وبشكل كبير وأنها دراسة صحيحة وأعطت الشبكة الطابع الفيزيائي وتعبيرها الجيد عن الظاهرة المدروسة

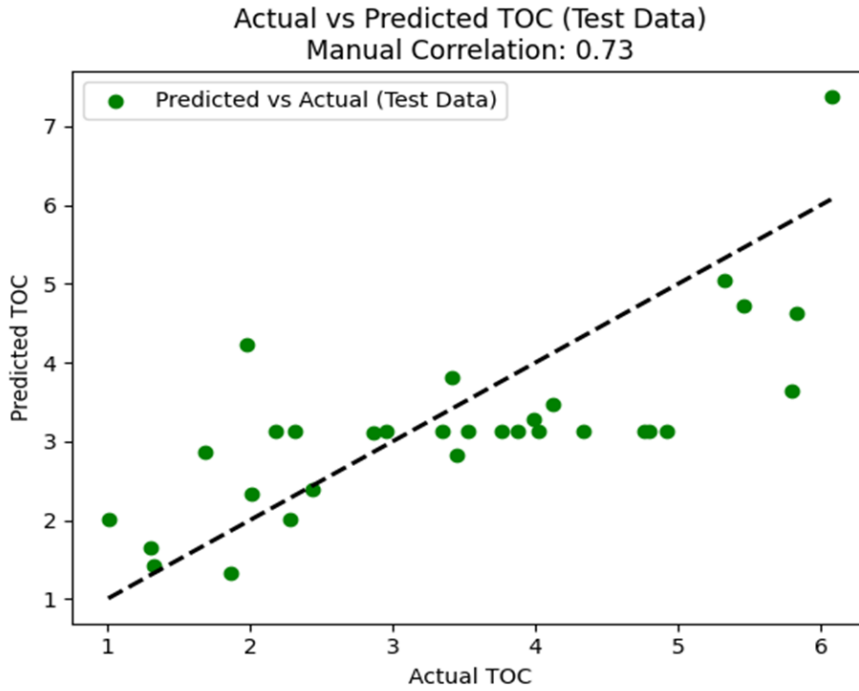
والشكل التالي: يبين دقة التدريب عن طريق معامل الارتباط بين القيم المُتنبأ بها بواسطة الشبكة أثناء التدريب وبين القيم الحقيقية



الشكل (1-7) معامل الارتباط بين القيم المُتنبأ بها بواسطة الشبكة أثناء التدريب وبين القيم الحقيقية

د- المصادقة على النموذج واختبار الشبكة :

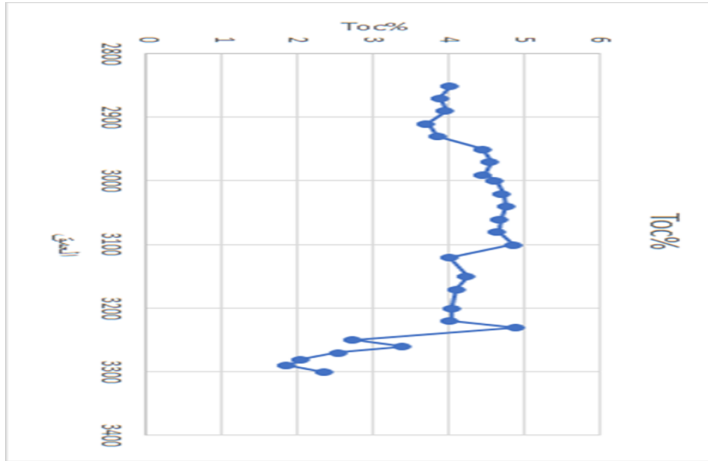
وتمّ ذلك عن طريق معامل الارتباط بين القيم الحقيقية والقيم المُتنبأ بها في الشبكة لبيانات الاختبار فكان معامل الارتباط 73% كما في المخطط التالي:



الشكل(8-1) معامل الارتباط بين القيم الحقيقية والقيم المُتنبأ بها في الشبكة لبيانات الاختبار

هـ- المحاكاة واستثمار الشبكة :

تمت عملية المحاكاة على بئرين من حقول العمر وهما العمر 102 والعمر 194 وكانت النتيجة كالتالي:

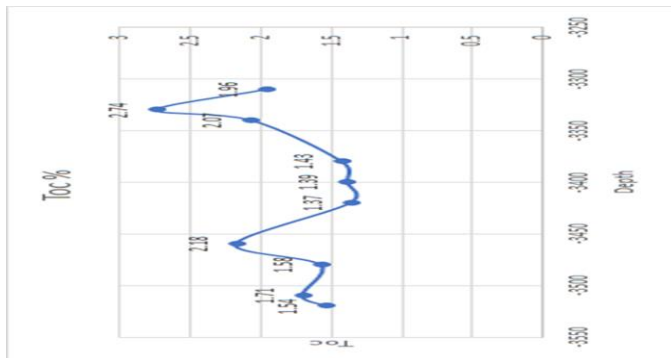


الشكل (9-1) قيم TOC المُتنبأ بها بواسطة الشبكة في القسم العلوي للشيرانيش في بئر العمر

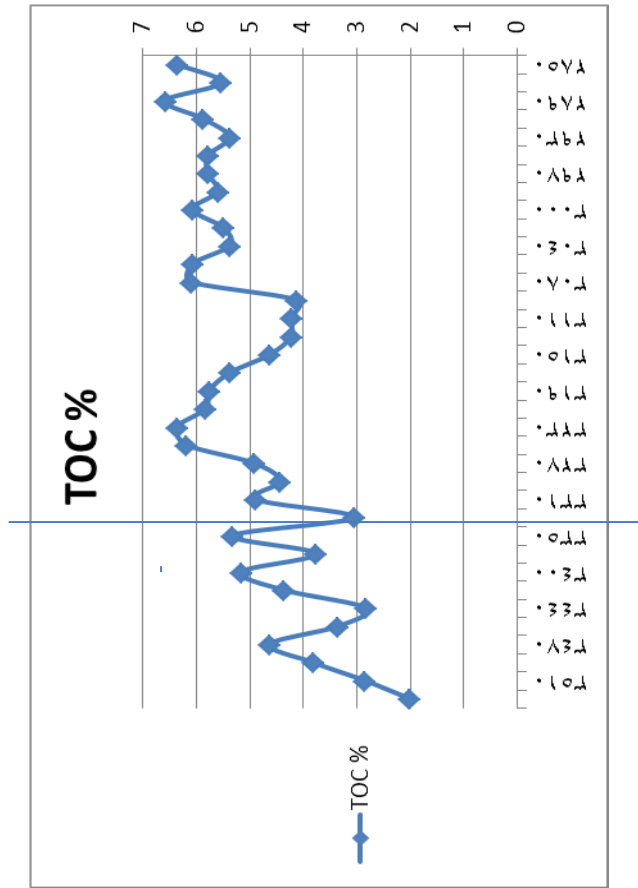
102

الشكل (10-1) قيم TOC المُتنبأ بها بواسطة الشبكة في القسم السفلي للشيرانيش في بئر العمر

102



التنبؤ بقيمة الكربون العضوي الكلي باستخدام الشبكة العصبونية الصناعية في تشكيلة الشيرانيش ضمن حقل العمر -حوض الفرات



الشكل (1-11)التنبؤ بـ toC في الجزء العلوي والسفلي للشيرانيش من بئر العمر 194

النتائج والتوصيات :

- 1- تمّ التوصل بنتيجة البحث إلى بناء شبكة عصبونية بدقة عالية وصلت إلى 85% .
- 2- نتيجة اختبار الشبكة على 20% من البيانات المتوفرة ككل على مستوى الحوض (وليس على حقل واحد مستقل) والتي لم تُدرب الشبكة عليها أعطت دقة جيدة ومقبولة لاستخدام الشبكة على حقول أخرى على مستوى الحوض المدروس ، وأيضاً ولحسن الحظ أنّ عينات التدريب

تواجدت بقيم شملت جميع مجالات الظاهرة المدروسة وبالتالي الشبكة تدرّبت على جميع مجالات التقييم (من الضعيف إلى المحتوى الممتاز) ، بالتالي إن العاملين السابقين أعطى الشبكة المقترحة قابلية أكبر للتعميم والاستخدام .

3- بنتيجة الدراسات المخبرية ونتائج محاكاة الشبكة العصبونية لاحظنا أن تشكيلة الشيرانيش في حقول العمر ومعظم حقول الحوض الأخرى مقسمة إلى جزأين أيضاً من الناحية الجيوكيميائية حيث تميّز الجزء العلوي بمحتوى عضوي واحتمالية بترولية أفضل من الجزء السفلي وهذا ما يعطى دليل على أن الشروط الترسيبية له أفضل من شروط الجزء السفلي ويعطي مؤشر على أن شروط حفظ المادة العضوية كان أفضل ومعدل الترسيب لهذا الجزء كان أقل ، مما يؤكد الدراسات السيزمية ونظرية تشكّل الحوض التي تحدّثت بأن الجزء السفلي ترّسب في ظل حركات تكتونية (ضعيفة) في حين الجزء العلوي ترّسب في ظل هدوء تكتوني نوعاً ما.

4- تمتاز هذه الطريقة بفائدة اقتصادية كبيرة من حيث أنها توفر الوقت والجهد وتوفر سرعة في العمل وبدقة جيدة ومقبولة وتعطي قيماً على كامل طول البئر وليس على مجالات من طول البئر ، لذلك ونظراً للدور الكبير لهذه الطرائق فإنه يُنصح باستخدامها وتطبيقها في الحقول السورية بشكل أوسع في مجالات هندسة البترول المختلفة الجيوكيميائية وغيرها من اختصاصات هندسة المخزون ، الإنتاج ، الحفر وغيرها من المجالات التي تقتضي استخدام النمذجة ويصعب استخدام الطرائق التقليدية فيها، كما يُنصح باختبار الشبكة السابقة على حقول أخرى ضمن الحوض والاستفادة منها أكثر وخاصة في الحقول والمناطق قيد الاستكشاف أو في إعادة تقييم حقول مكتشفة.

5- هناك مجال هام جداً ننصح باستخدام هذه الطريقة فيه وهو تقييم ودراسة صخور نفط الشيل لاحتياجها لعدد كبير من العينات للدراسة ، حيث تعد هذه الصخور مصدر مهم جداً للطاقة ، حيث ومن الممكن استخدام الشبكة المقترحة في دراسة هذه الصخور والتي تكون متوافقة ومشابهة

بالتركيب الليتولوجي مع تشكيلة الشيرانيش ، وخاصةً أنه لا توجد أية دراسة محلية لهذه الصخور
رغم انتشارها والحاجة إليها.

المراجع:

- 1-Salha .A , Ibrahem .M ,2007- oil geology. Homs university publications.
- 2- Yosar f .et al , 2016 - determination of source rock potential using toc model log ngimbang formation . jurnal geosaintek, north east java basin.
- 3- Molen et al , 2006- structural evaluation of the central Euphrates garben . Syrian geological conference.
- 4- LiuY. H, Mehta. S, 2019- Hands-On Deep Learning Architectures with Python: Create deep neural networks to solve computational problems using TensorFlow and Keras.Packt Publishing Ltd.
- 5- Bahram.A , Saeid. N, AliKadkhodaie. I,2012- Artificial neural network modeling and cluster analysis for organic facies and burial history estimation using well log data: A case study of the South Pars Gas Field.Persian Gulf, Iran: Computers & Geosciences, 45, 261-269.

دراسة تأثير اختلاف نوع مادة الغشاء على كفاءة تطهير المياه

فاطمة التركي * محمد هلال ** محمد أسعد ***

*طالبة دكتوراه، قسم الهندسة الكيميائية، كلية الهندسة الكيميائية والبتروولية، جامعة حمص

**أستاذ دكتور في قسم الهندسة الكيميائية، كلية الهندسة الكيميائية والبتروولية، جامعة حمص

***أستاذ مساعد قسم الهندسة الكيميائية، كلية الهندسة الكيميائية والبتروولية، جامعة حمص

ملخص

تم في هذا البحث دراسة تأثير عدة مركبات بوليميرية مستخدمة في تصنيع أغشية الترشيح النانوي لمعالجة المياه، وذلك بعد تطعيمها بالفضة الغروانية من أجل دمج عمليتي التطهير والترشيح في مرحلة واحدة. حيث استخدمت ثلاثة مواد في التصنيع هي: بولي ستايرن (PS)، بولي لاكتيك أسيد (PLA)، بولي أكريلونتريل بوتاديين ستايرن (ABS). حيث تم تصنيع الأغشية باستخدام تقنية الغزل بالنفخ والتي يتم من خلالها الحصول على شبكات من الألياف النانوية.

أظهرت النتائج أن غشاء البولي أكريلونتريل بوتاديين ستايرن (ABS) أعطى أفضل نتيجة لتطهير المياه عند تركيز 0.06 mg/l للفضة الغروانية، كما أعطى كفاءة ترشيح للأملاح المنحلة بنسبة 48.05%. علماً أن قطر ألياف غشاء ABS كانت الأصغر وفق المقياس النانوي بقطر متوسط 302.3 نانومتر، وبمسامية 10.63%. يليه غشاء البولي ستايرن (PS) عند تركيز 0.07 mg/l للفضة الغروانية، وبكفاءة ترشيح للأملاح بنسبة 11.4%. علماً أن متوسط قطر الألياف 381.9 نانومتر، وبمسامية 9.17%. بينما غشاء بولي لاكتيك أسيد (PLA) أظهر كفاءة أقل من حيث الترشيح والتطهير، وكان لهذا الغشاء أعلى قطر متوسط للألياف من بين الأغشية بقيمة 518.1 نانومتر، وبمسامية عالية 15.8%.

كلمات مفتاحية: غشاء، معالجة المياه، تطهير، ترشيح، ألياف نانوية.

Studying the Effect of Different Membrane Material Types on the Efficiency of Water Purification

Abstract

This research investigated the effect of several polymeric compounds used in the manufacture of nanofiltration membranes for water treatment after doping them with colloidal silver to combine the purification and filtration processes in a single stage. Three materials were used in the manufacture: polystyrene (PS), polylactic acid (PLA), and polyacrylonitrile butadiene styrene (ABS). The membranes were manufactured using the blow-spinning technique, which produces nanofiber networks

The results showed that the polyacrylonitrile butadiene styrene (ABS) membrane provided the best water disinfection results at a colloidal silver concentration of 0.06 mg/L, and also achieved a filtration efficiency of 48.05% for dissolved salts. Note that the (ABS) membrane fiber diameter was the smallest on the nanoscale, with an average diameter of 302.3 nm and a porosity of 10.63%. The polystyrene (PS) membrane followed at a colloidal silver concentration of 0.07 mg/L, with a salt filtration efficiency of 11.4%. Note that the average fiber diameter was 381.9 nm and a porosity of 9.17%. Meanwhile, the polylactic acid (PLA) membrane showed lower filtration and disinfection efficiency. This membrane had the highest average fiber diameter of 518.1 nm, with high porosity 15.8%.

Keywords: Membrane, Water Treatment, Filtration Purification, Nanofibers.

1. مقدمة:

تأتي عمليات معالجة المياه بهدف التخلص من هذه الملوثات بشكل أو بآخر، بواسطة طرائق متعددة، أحدثها التطهير باستخدام جسيمات نانوية كالفضة. وقد تم الاعتماد في الآونة الأخيرة

على تقنيات الفصل بالأغشية من أجل تنقية المياه ومعالجتها، حيث يمكن استخدام هذه الطريقة على مستوى ضيق كمحطات تنقية المياه المنزلية أو نطاق واسع كمحطات تنقية مياه ضخمة، ويتكاتف مقبولة نسبياً، فتطور علم الأغشية يوماً بعد يوم، وتم تصنيع الأغشية بأشكال وأنواع كثيرة ومتعددة ومن مواد كثيرة طبيعية وأخرى صناعية وتم إدخال مواد لتركيبات تلك الأغشية لتحسين وظائفها.

إن سبب تلوث المياه وجود مركبات تغير نوعية المياه الجوفية والسطحية، وبالتالي نقل من صلاحية المياه الطبيعية للاستخدام البشري وغير ذلك من العمليات الحيوية. تنتج هذه المركبات عن الأنشطة البشرية، وخاصة تلك الصناعية والزراعية والمنزلية [1].

تتم معالجة المياه بهدف الحصول على مياه الشرب، ومياه صناعية، ومياه للري، ومياه للاستحمام وغيرها العديد من الاستخدامات الأخرى، بحيث تستطيع هذه المعالجة أن تزيل أو تقلل ملوثات ومكونات غير مرغوب بها. ويصبح الماء مناسباً للاستخدام النهائي المطلوب [2].

تعد طريقة الترشيح الغشائي طريقة فعالة في معالجة مياه الصرف حيث تعيد استخدام حوالي 80% من المياه [3]. يستخدم الترشيح الغشائي بشكل متزايد كعملية معالجة للمياه ومياه الصرف الصحي والصناعي لإزالة المعادن الثقيلة، ويوجد عدة أنواع للترشيح منها الفائق، والتناضح العكسي [4,5].

تختلف الأغشية عن بعضها البعض بعوامل رئيسية منها: نوعية مادة الغشاء، والشكل الهندسي لنموذج الغشاء، وحجم المسام.

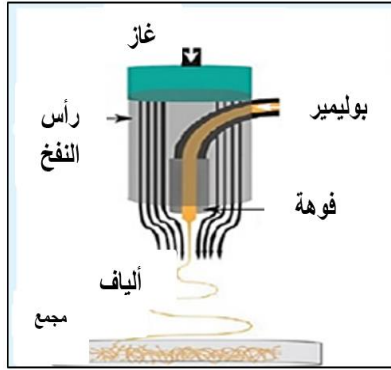
المادة التي يصنع منها الغشاء تتوضع ضمن غلاف خارجي يعطي الشكل الهندسي النهائي الذي يباع للمستهلك وهو ما يسمى بنموذج الغشاء. تصنع مادة الغشاء من أنواع مختلفة من المواد لتلبي الاحتياجات الصناعية المختلفة. يمكن أن تصنع الأغشية من مواد أولية طبيعية أو مواد أولية صناعية. تعتبر الأغشية السيراميكية أهم أنواع الأغشية المنتجة من مواد طبيعية وهي

تستخدم صناعياً في الترشيح الميكروبي والترشيح الفائق، وكذلك الأغشية المصنعة من بعض المعادن كالبالاديوم والمستخدم في فصل الهيدروجين من المزائج الغازية. أما الأغشية المنتجة من مواد أولية صناعية فهي الأكثر انتشاراً اليوم على المستوى الصناعي، حيث تصنع مادة الغشاء من بوليميرات عضوية مختلفة كالبولي إيثيلين [6].

تعتمد طريقة الترشيح الفائق على استخدام أغشية نانوية، حيث تمتلك الألياف النانوية خصائص فريدة عن غيرها من الألياف الأخرى مثل السطح النوعي الكبير، والمسامية العالية، إمكانية الحصول على طبقات رقيقة جداً منها، النفوذية العالية والوزن المنخفض مما يجعلها مهمة جداً في كثير من التطبيقات مثل: التطبيقات الطبية، التطبيقات التقنية، الفلاتر، المكثفات وغيرها [7].

يتم تطبيق الترشيح النانوي (NF) على نطاق واسع لمعالجة مياه الصرف الصناعي الناتج عن عملية الصباغة وتتميز هذه الأغشية بمسام قطرها المتوسط صغير، وكفاءة عالية وتكلفة منخفضة. يمكن تطبيق تقنيات معالجة الغشاء الهجين (MF / NF) في مياه المنصرفات الصناعية للنسيج وأشارت النتائج إلى نسبة إزالة الألوان حوالي 99% بالإضافة إلى تخفيض في العكارة حتى القيمة 0.2 [8-10].

يتكون جهاز الغزل بالنفخ بصورة عامة من فوهة يتم من خلالها حقن محلول البوليمير مع تيار من الغاز المتسارع والذي يخرج من مصدر للغاز المضغوط، ومجهز بمنظم ضغط، ومحقنة، ومضخة للتحكم في معدل الحقن، رأس النفخ يتكون من فوهات متحدة المركز، ومجمع مع سرعة دوران يمكن التحكم فيها [12]. وتعتمد نظرية الغزل بالنفخ على مبدأ برنولي الذي يتم فيه تحويل التغيرات في الضغط إلى طاقة حركية [11].



الشكل (1): نموذج داخلي لرأس غزل بالنفخ [11]

يتم تشكيل الشبكات النانوية عبر جهاز النفخ انطلاقاً من مادة بوليميرية ما. حيث أن البوليميرات هي مركبات تنتج عن ضم جزيئات كثيرة (مونوميرات) إلى بعضها البعض لتشكيل مركبات ذات كتلة مولية كبيرة (جزيئات عملاقة) تدعى البوليميرات.

تنتج البوليميرات الصناعية مثل بولي بروبيلين (polypropylene) والبولي استر (polyester) من خلال عملية تعرف باسم البلمرة التي تتضمن البدء وتكاثر (نمو) وحدات المونومير (monomeric) حتى تشكيل البوليمير [13].

إن البوليميرات الحيوية تعمل كمادة مازة لذا فقد تم البحث فيها على نطاق واسع لإزالة المعادن الثقيلة عند معالجة المياه. حيث أجريت دراسات حول قدرة البوليميرات الحيوية على الامتزاز، بما في ذلك الكيتوزان [14] والسليولوز [15] وحمض الألجينيك [16] وحمض البولي- γ -جلوتاميك والعديد من المواد الحيوية الأخرى [17].

إن مرحلة تجديد البوليمر خطوة أساسية بعد عمليات التعقيد والترشيح أثناء معالجة المياه أو مياه الصرف الصناعي. يمكن العثور على العديد من الطرق لتجديد البوليمر، بما في ذلك التجديد الكيميائي التقليدي والتجديد الكهروكيميائي [18].

انطلاقاً من تعدد المواد البوليميرية التي يمكن استخدامها في تصنيع الأغشية واختلاف خصائصها، جاء هذا البحث لبيان تأثير استخدام مواد أولية متنوعة في تصنيع أغشية بوليميرية مناسبة لترشيح المياه وتطهيرها.

2. دراسات مرجعية:

قام Christiaens Eam وفريقه في عام 2008 بدراسة تطهير المياه من الفيروسات بالفضة النانوية المحملة في أغشية بولي فينيلدين فلوريد، تم تحضير الغشاء بطريقة الغزل بالطرد المركزي، حيث تم تحضير المزيج وخلطه عند درجة حرارة 50 لمدة 10 دقائق. من ثم غزله عند شروط تشغيل تدفق 185 cm^3 في كل دقيقة واحدة. تم تحميل الغشاء بالفضة النانوية بطريقة الغمر والترسيب في سائل يحوي الفضة النانوية لفترة زمنية محددة من ثم تجفيف الغشاء. تم تحديد نفوذية الأغشية المدروسة للماء من ثم فحصه باستخدام المجهر الإلكتروني، وإجراء تقنية للمياه باستخدام تلك الأغشية لدراسة فعاليتها للقضاء على الفيروسات بطريقة الترشيح.

بينت نتائج فعالية هذه الطريقة للقضاء على أنواع مختلفة من الفيروسات، حيث تفوقت الأغشية المحملة بالفضة على غشاء الشاهد وتبين أنه زادت فعالية التطهير بازدياد تركيز الفضة الممتزة على الغشاء [19].

قام De Gusseme وآخرون عام 2011 بدراسة ارتباط الجسيمات النانوية الفضية بسطح الخلية البكتيرية والفيروسات المتواجدة على سطح غشاء مصنع من بولي فينيلدين فلوريد PVDF نانوي باستخدام معالجتين مختلفتين: الغمر والترسيب. تم إثبات تعطيل البكتيريا باستخدام هذه الأغشية بنجاح وكان على الأرجح مرتبطاً بإطلاق بطيء لـ Ag من الأغشية [19].

قام Hajdu وآخرون في عام 2012 بإزالة أيونات الرصاص السامة من المحلول المائي بواسطة تقنية فصل الغشاء النانوي المشترك. تم استخدام حمض بولي جاما غلوتاميك القابل للتحلل

الحيوي (gamma-PGA)، وهو بوليمر حيوي خطي، جسيماته النانوية المترابطة تحتجز أيونات المعدن عن طريق تكوين جزيئات نانوية الحجم. حيث تمت إزالة جزيئات أيون البوليمر المعدني، بأحجام تتراوح بين 80-350 نانومتر، عن طريق الفصل الغشائي. تمت دراسة تقنيتين للترشيح الفائق بهدف تطوير عملية فصل معززة بالجسيمات النانوية لإزالة أيونات الرصاص من المحلول المائي بكفاءة، ودراسة تأثير المعلمات مثل أيونات الرصاص المغذية وتركيزات gamma-PGA ونسبها، ونسبة الارتباط المتبادل لـ gamma-PGA ودرجة حموضة المحلول على كفاءة إزالة الرصاص وتدفق النفاذية. أظهرت النتائج أن مادة gamma-PGA قادرة على ربط وإزالة أكثر من 99.8% من أيونات الرصاص من الماء من خلال تقنية الترشيح الفائق الملائمة ذات الضغط المنخفض، مما يؤدي إلى نفاذية تلبى معيار مياه الشرب الذي أوصت به منظمة الصحة العالمية [1].

قام Rashidi وآخرون في عام 2014 بتقييم تطبيق غشاء النانو المصنوع من البولي أميد لإزالة الأصباغ لخمسة أنواع من مياه صرف صحي مختلفة تحوي أصباغ تفاعلية للألياف، وهي الأزرق التفاعلي، والأحمر التفاعلي، والأصفر التفاعلي، والأسود التفاعلي، والبرتقالي التفاعلي. تم اختبار الأصباغ التي تمت دراستها عند تركيز منخفض (16 ملغ / لتر) أثناء عملية ترشيح مدتها 60 دقيقة. تم حساب كفاءة الترشيح بناءً على التجارب التحليلية قبل العملية وبعدها. تراوحت التدفقات لجميع العينات بين 7.8 و 9.2 مل/سم². ثانياً. ولوحظ أن قيمة الرقم الهيدروجيني لنفوذية العينات قد زادت قليلاً، في نطاق 6.4-7.1. وكانت كفاءة إزالة الصبغة أكثر من 90%، وبالتالي تلبية المعيار القانوني البيئي بنجاح [10].

قام Liu وآخرون في عام 2019 أيضاً بتصنيع أغشية مركبة من ألياف نانوية باستخدام طريقة الغزل الكهربائي ذات الفوهتين، حيث تم دمج ألياف نانوية من بولي فينيل الكحول (PVA) وبولي أكريلونيتريل (PAN).

تم تحديد الخصائص الهندسية للغشاء المركب من حيث قطر الألياف وحجم المسام وتوزيعاتها، والتي تأثرت بمتغيرات عملية الغزل الكهربائي. تم تحسين الخصائص الميكانيكية ومتانة الغشاء المركب الذي يحتوي على هيكل بولي (فينيل الكحول) المترابط مع دعامة بولي أكريلونيتريل فائقة الدقة بشكل كبير مقارنة بالغشاء الأحادي، وتم اقتراح نموذج لشبكات نانوية ليفية متداخلة. أظهر الغشاء المركب الناتج نفاذية عالية للمياه بالإضافة إلى امتزاز عالٍ للكروم (VI) من المياه الملوثة بعد تفعيل مكون PAN عن طريق تطعيم السطح بأنواع مشحونة موجبة [20].

قام Singh and Mishra عام 2020 بدراسة تنقية مياه الصرف الصحي باستخدام أغشية نانوية قاموا بتصنيعها من عدة بوليميرات، تم تصنيع أغشية نانوية من ألياف نانوية بأقطار نانوية متعددة.

عند اختبار فعالية الأغشية في تنقية المياه، تبين أنها ذات فعالية عالية في إزالة ملوثات الأصبغة بنسبة 80%، كما أثبت قدرة عالية على إزالة العناصر الثقيلة كالرصاص والكاديوم وغيرها، بالإضافة لقدرته على خفض الزيت بنسبة 99% و 80% من الشحوم وخفض نسبة BOD بنسبة 76% وخفض COD بنسبة 92% [21].

3. هدف البحث:

الهدف من البحث دراسة كفاءة معالجة المياه باستخدام أغشية مصنعة من بوليميرات مختلفة هي: بولي ستايرن، بولي لاكتيك أسيد، بولي أكريلونيتريل بوتاديين ستايرن ABS، وذلك بدمج عمليتي التطهير والترشيح في مرحلة واحدة من خلال تطعيم الأغشية بالفضة الغروانية.

4. الدراسة التجريبية:

1.4. المواد والأجهزة:

- المواد المستخدمة في البحث:

بولي لاكتيك أسيد PLA (متعدد حمض اللبنيك): وهو بوليمير ذو كتلة جزيئية عالية، بنيته التركيبية هي $-O-CH-CO-$ ، وهو متعدد إستر أليفاتي، يتحلل حيويًا. خصائص مادة PLA: تستخدم في الطباعة ثلاثية الأبعاد، وهي عبارة عن بكرة وزنها الصافي 1kg، تحوي شريط ذو قطر 1,75mm، لونه شفاف (CC Transparent)، الكثافة: 1,25 gr/cm³، صنع الصين، وإعادة تدويرها للحصول على ألياف.

PS بولي ستايرين: تم الحصول عليه بإعادة تدوير حبيبات من الفلين المستخدمة تجارياً وإذابتها باستخدام ثنائي ميثيل الفورم أميد DMF. ABS بولي أكريلونتريل بوتاديين ستايرين: نوع من البوليميرات الحرارية المشتركة، يتمتع بخصائص متانة عالية، مقاوم للصدمات. تم الحصول عليه على شكل شريط كثافته: 1.06-1.04 g/cm³، درجة انصهاره: 210-250 درجة مئوية.

الأسيتون: كثافته 0.78 g/ml نقاوته 99%.

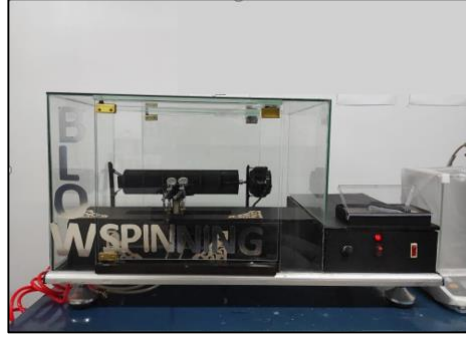
ثنائي ميثيل الفورم أميد DMF: وزنه المولي 73.09 g/mol، كثافته 30.94 g/cm³.

• الأجهزة:

جهاز الغزل بالنفخ:

استخدم جهاز غزل حديث في إنتاج شبكات من الألياف النانوية، موجود في مخبر الألياف النانوية في قسم هندسة الغزل والنسيج-جامعة حمص، الشكل (2).

مبدأ عمله: عند فتح صمام الضاغط الهوائي يخرج تيار الهواء المضغوط عبر الأنابيب إلى رأس النفخ والذي يتم تثبيته على وضعية التشغيل ليتم نفخ المحلول البوليميري، من جهة أخرى فإن تشغيل أزرار لوحة التحكم ستؤدي إلى تشغيل الحركة الترددية لحامل رأس النفخ، والحركة الدورانية لأسطوانة التجميع، حيث أن المحرك يعطي الحركة لأسطوانة التجميع لتبدأ بالدوران، أما المحرك يعطي الحركة عن طريق الذراع إلى الحامل ليبدأ بالحركة الترددية [11].



الشكل (2): جهاز الغزل بالنفخ في مخبر الألياف النانوية في قسم الغزل والنسيج

حجرة التجفيف:

وهي حجرة من تصنيع شركة Wira موديل S/N 041101، وتستخدم في تكييف العينات. تعتمد على نظام تسخين هوائي موزع بانتظام على 4 رفوف متوازية ضمن الحجرة توضع العينات عليها، وتحتوي على مؤشر للتحكم بدرجة حرارة هواء التكييف ضمن المجال (10-50) درجة مئوية. الجهاز موجود في مخبر النسيج - كلية الهندسة الكيميائية والبترولية.



الشكل (3): حجرة التجفيف في مخبر النسيج

المجهر الإلكتروني الماسح SEM:

أجري فحص العينات المنتجة باستخدام المجهر الإلكتروني الماسح الموجود في هيئة الطاقة الذرية بدمشق، والذي يلتقط صوراً مكبرة للعينات.

يعتبر المجهر الإلكتروني من أهم أجهزة التصوير المجهرية والتي لها الكثير من الاستخدامات في العلوم الهندسية والطبية الحديثة، يتميز بقدرته التكبيرية العالية والسبب في ذلك هو استخدام إشعاع الكتروني مكون من حزمة من الإلكترونات عالية الطاقة تصطدم عمودياً بسطح العينة المدروسة، ويتم جمع الإشارات المنعكسة والصادرة عن العينة باستخدام كواشف مختلفة.

معالجة الصور المجهرية:

تمت معالجة الصور المجهرية الناتجة باستخدام برنامج Image J. حيث يعتبر من البرامج الهامة في تحليل ومعالجة الصور العلمية، حيث يمكن من خلاله حساب أبعاد ومسافات على الصورة وفقاً لمقياس رسم مناسب يعطي القيمة الحقيقية لهذا البعد وفقاً للوحدة المستخدمة، كما يمكن من خلاله حساب زوايا وانحرافات معينة ضمن الصورة إضافة إلى وظائف أخرى. وقد تم استخدامه لتحليل صور العينات المجهرية الناتجة.

جهاز الفضة الغروانية:

وهو جهاز مولد لأيونات الفضة الغروانية، روسي الصنع. يتألف من مسبار يحتوي على الكتروليت من الفضة فائق النقاوة بنسبة % 99.99 موصول على الوحدة المركزية للجهاز المسؤولة عن تشتريد جزيئات هذا الالكتروليت، يبين الشكل (4) جهاز الفضة الغروانية.



الشكل (4): جهاز الفضة الغروانية

مبدأ عمل الجهاز يعمل على مبدأ تشريد جزيئات الفضة الموجودة في الالكترود، حيث يمكن التحكم بتركيز شوارد الفضة، وذلك تبعاً لحجم السائل المراد معالجته، كما يقوم الجهاز تلقائياً بإيقاف عملية التشريد عندما يتحقق التركيز المطلوب للحجم المراد تنقيته.

2.4. مرحلة تصنيع الأغشية:

أولاً: تحضير المحاليل البوليميرية:

تم تحضير مجموعة من المحاليل البوليميرية بتركيز 10 wt% وفق شروط موضحة في الجدول (2)، حيث تم استخدام البوليميرات التالية:

- بولي لاكتيك أسيد مع مذيب مزيج من (75% أسيتون+25% DMF).

- بولي ستايرين مع مذيب 100% DMF.

- بولي ABS مع مذيب مزيج من (50% DMF +50% أسيتون).

تم وزن مقدار معين من مادة كل بوليمير بحسب التركيز المراد الوصول إليه، وحلها ضمن حجم محدد من المذيب، وتحريك المزيج بوجود حرارة باستخدام خلاط مغناطيسي.

ثانياً: إجراء تجارب الغزل بالنفخ لتصنيع الأغشية:

أجريت التجارب على جهاز الغزل بالنفخ الموجود في مخبر الألياف النانوية في قسم هندسة الغزل والنسيج بجامعة حمص.

خطوات التشغيل والعمل:

تم تحضير الجهاز للقيام بتجارب الغزل بالنفخ وفق الخطوات التالية:

- وضع المحلول البوليميري ضمن حجرة البوليمير في رأس النفخ وإغلاقها بإحكام.
- تم وضع طبقة من زيت تشحيم (خاص بماكينات الخياطة) على سطح التجميع من أجل تسهيل إزالة العينة.
- تشغيل الضاغط عند قيمة الضغط المدروسة.

تم تصنيع ثلاثة عينات من الأغشية ببارامترات تشغيل مختلفة موضحة في الجدول (2). وتم تجفيف العينات لمدة ساعة عند درجة حرارة 50 درجة مئوية للتخلص من بقايا المذيب.

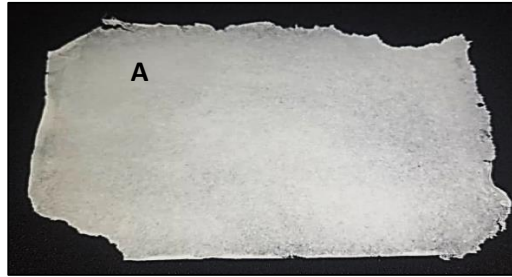
الجدول (2): بارامترات تشغيل العينات على جهاز الغزل بالنفخ

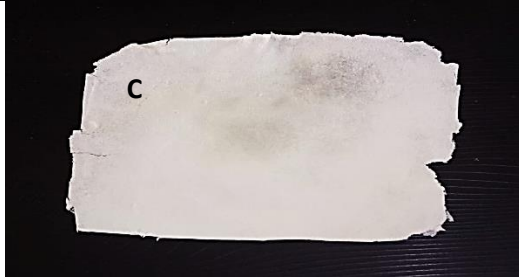
العينة	مادة الغشاء	ضغط الهواء	قطر الفوهة	مسافة الرأس عن المجمع	تركيز المحلول	حجم المحلول
		bar	mm	cm	%wt	ml
1	بولي ستايرن	2	1.8	20	10	15
2	PLA	2	1.8	20	10	15
3	ABS	2	1.8	20	10	15

دراسة تأثير اختلاف نوع مادة الغشاء على كفاءة تطهير المياه



الشكل (5): عملية تشكيل الأغشية بتقنية الغزل بالنفخ





الشكل (6): الأغشية المصنعة: A: بولي ستايرن، B: بولي لاكتيك أسيد، C: بولي أكريلونتريل

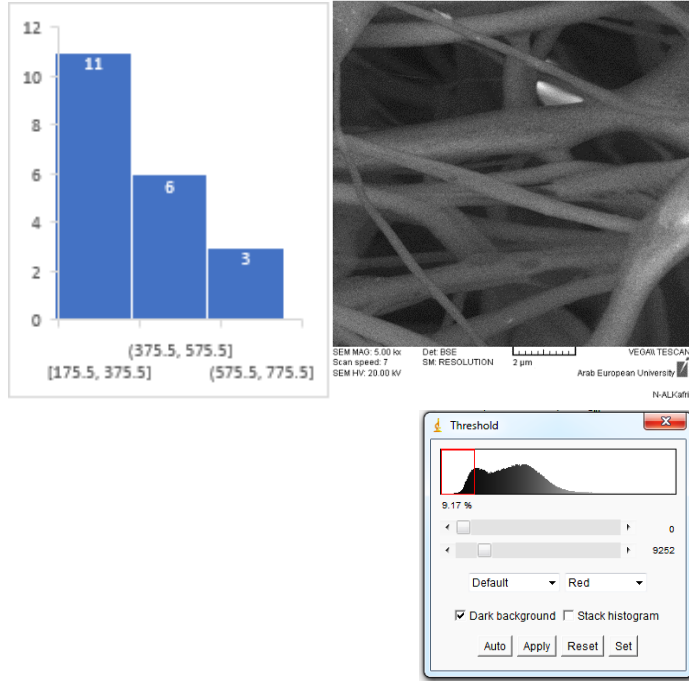
بوتاديين ستايرن

ثالثاً: فحص الأغشية المحضرة وتحليلها مجهرياً:

بعد انتهاء عملية تصنيع الأغشية النانوية بالغزل بالنفخ، تم إرسال العينات إلى هيئة الطاقة الذرية في دمشق، وفحصها مجهرياً باستخدام المجهر الإلكتروني الماسح، ثم معالجتها باستخدام برنامج Image z وحساب أقطار الألياف، وكثافتها السطحية ومساميتها بناء على طرق مذكورة في المراجع. فيما يلي الصور المجهرية للعينات، ومخططات توزيع الأقطار في كل عينة.

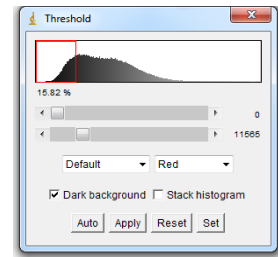
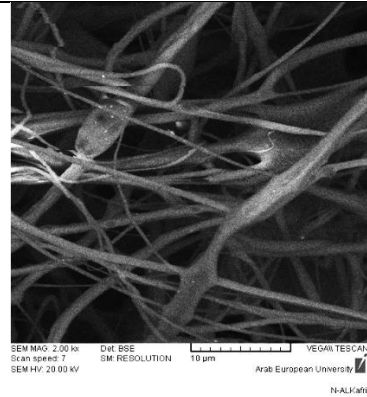
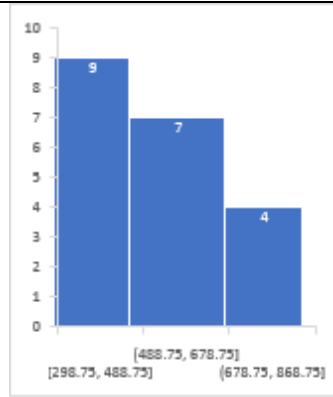
العينة 1: بولي ستايرن:

دراسة تأثير اختلاف نوع مادة الغشاء على كفاءة تطهير المياه



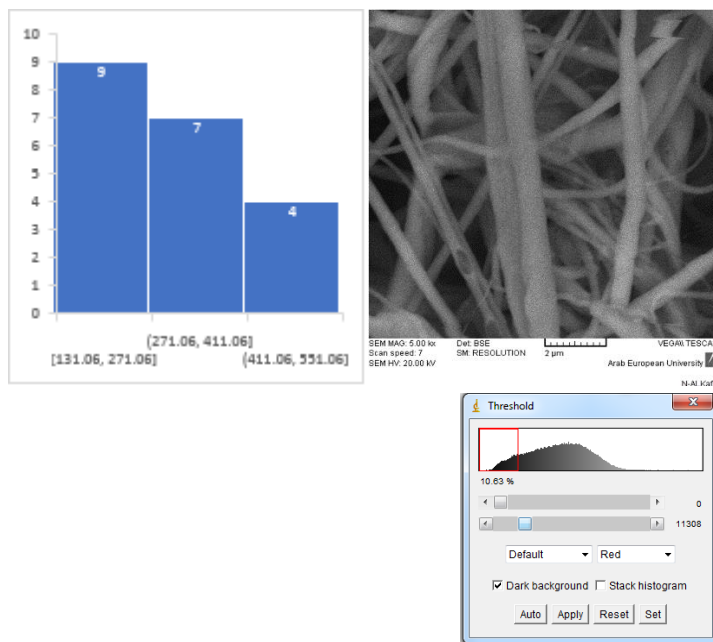
الشكل (7): الصورة المجهرية للعينة 1 ومخطط توزيع الأقطار، ومخطط المساحة هيستوغرام

العينة 2: بولي لاكتيك أسيد:



الشكل (8): الصورة المجهرية للعينة 2 ومخطط توزيع الأقطار، ومخطط المساحة هيستوغرام

العينة 3: ABS:

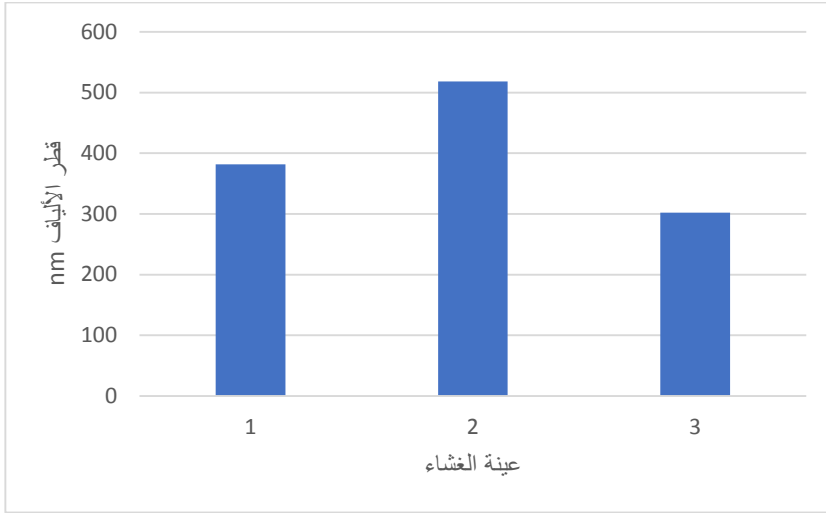


الشكل (9): الصورة المجهرية للعينة 3 ومخطط توزيع الأقطار، ومخطط المساحة هيستوغرام

الجدول (3): نتائج الفحص المجهرية للأغشية

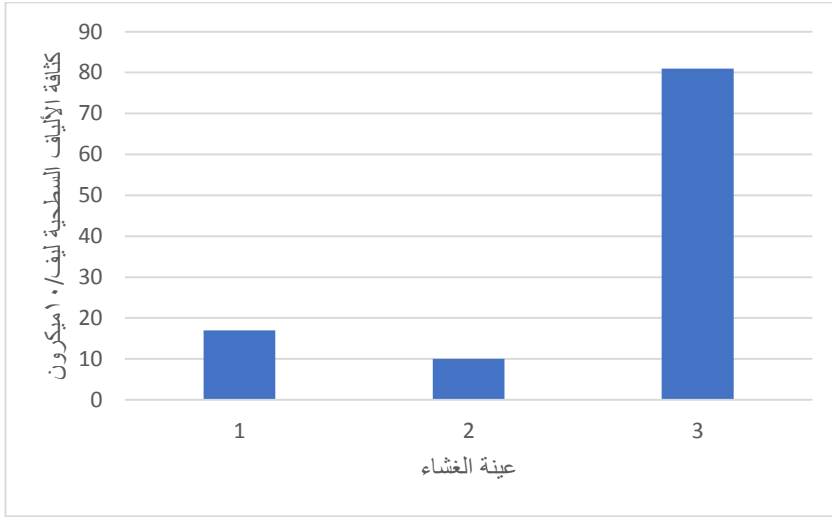
المسامية (المساحة المظلمة) %	الكثافة السطحية للألياف ليف/ 10 مكرون	متوسط قطر الألياف nm	مجال الأقطار nm	عينة الغشاء
9.17	17	381.9	753.6-175.5	1 بولي ستايرين
15.8	10	518.1	777.8-298.7	2 PLA
10.63	81	302.3	499-131	3

				ABS
--	--	--	--	-----



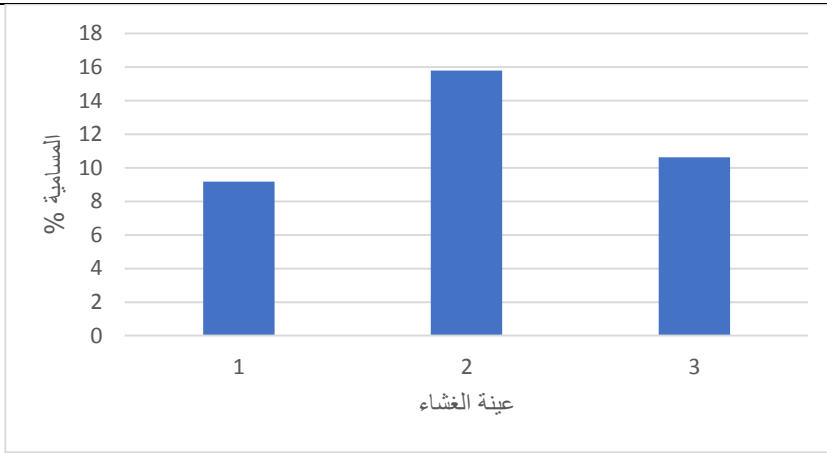
الشكل (10): مقارنة أقطار ألياف الأغشية المصنعة

من حيث قطر الألياف: يلاحظ من الشكل (10) أن نوع المادة البوليميرية أثر على قطر ألياف الغشاء المصنع، وبلغ أصغر متوسط قطر للألياف 302.3 نانومتر في غشاء ABS وأصغر قطر تم قياسه ضمن الغشاء كان 131 نانومتر. أما غشاء البولي ستايرن فقد أظهر متوسط قطر نانوي بمقدار 381.9 نانومتر لأليافه وأصغر قطر تم قياسه في الغشاء 175.5 نانومتر. بينما غشاء PLA أظهر متوسط أقطار أعلى وصل حتى 518.1 نانومتر وأصغر قطر تم قياسه كان 298.7 نانومتر. بالتالي فإن الأغشية الثلاث المصنعة أبدت خصائص نانوية من حيث القياس.



الشكل (11): مقارنة كثافة ألياف الأغشية المصنعة

من حيث الكثافة: يلاحظ من الشكل (11) أن نتائج الكثافة متوافقة مع قيم أقطار الألياف لكل غشاء، حيث أنه من أجل قطر أصغر للألياف تكون الكثافة أعلى لأن الليف في هذه الحالة يشغل عرضاً أقل ضمن الشبكة. ومنه فإن غشاء ABS أظهر أعلى كثافة وصلت حتى 81 ليف/10ميكرون، يليه غشاء البولي ستايرن بمقدار 17 ليف/10ميكرون، ثم غشاء PLA بكثافة مقدارها 10 ليف/10ميكرون.



الشكل (12): مقارنة مسامية الأغشية المصنعة

ليس هناك مقياس دقيق لحساب مسامية الشبكات النانوية، خاصة أن الألياف تتجمع على شكل طبقات فوق بعضها بشكل عشوائي ضمن الشبكة الليفية. لكن من خلال تطبيق تباين لوني على الصورة المجهرية باستخدام برنامج Image J يمكن التنبؤ بنسبة المساحة المظلمة (الفراغات بين الألياف) والتي تعتبر مؤشراً تقريبياً لمسامية العينة.

يلاحظ من الشكل (12) أن مسامية PLA كانت الأعلى بين الأغشية المصنعة ووصلت حتى 15.8% من مساحة العينة، يليه غشاء ABS بمسامية 10.63% ثم البولي ستايرن 9.17%.

3.4. اختبار الغشاء:

تم القيام باختبار الأغشية المصنعة وتحديد فعاليتها في تخفيض تركيز الأملاح المنحلة وتطهير عينة المياه المخبرية معاً.

1.3.4. تحديد مصدر المياه المدروسة:

تم أخذ عينة المياه من بحيرة عين التتور والتي هي بحيرة صغيرة متشكلة نتيجة تجميع مياه الصادرة من نبع عين التتور، ويقع هذا النبع على بعد حوالي 35 Km جنوب غرب مدينة حمص السورية.

2.3.4. طريقة جمع العينات:

تم ملئ العبوات الزجاجية المعقمة بالمياه، الشكل (13). وتغطيتها بأغطية زجاجية مصنفة ومعقمة من ثم لفها بورق الألمنيوم، وتم إغلاقها بشكل محكم وحفظها في حاوية العينات بعيداً عن الضوء والمؤثرات الخارجية لحين وصولها إلى المختبر، والبدء بإجراء التجارب.



الشكل (13): يظهر طريقة قطف العينات من البحيرة

3.3.4. التحاليل الأولية (طريقة التحليل الجرثومي):

يقصد بالتحليل الجرثومي للماء تحليل الماء بهدف تقدير عدد الجراثيم الموجودة بكل 1 cm^3 منه.

بعد التأكد من جاهزية وتعقيم الأدوات للفحص الجرثومي تم التحليل وفق مايلي:

- يوضع بحدود 3-5 ml ماء مقطر في الوسط المغذي لترطبيه مع الحرص على تعقيم القطارة جيداً قبل أخذ الماء المقطر منها، وضع عينة بمقدار 100 ml في وعاء زجاجي معقم مسبقاً بتعريضه للهب، ومن ثم تعقيم القاعدة التي يوضع عليها الفلتر الورقي بتعريضه للهب أيضاً، وتعريض الملقط للهب، ثم أخذ الفلتر الورقي (ورق الترشيح)، ووضع الفلتر الورقي على القاعدة الزجاجية ثم يوضع عليها وعاء العينة وسكب العينة داخل الوعاء لغاية 100 ml مل حيث أن الفلتر الورقي أو ورق الترشيح ذو مسامية 0.45 ميكرومتر. عند نزع ورقة الترشيح عن الغطاء الذي يغلفها يتم ذلك من خلال الملقط المعقم مع الحذر من ملامسة ورقة الترشيح باليد أو بالإصبع.

- يجهز طبق التحضير (طبق بتري) حيث تكون علبة الأطباق معقمة ومغلقة بإحكام حتى لا يحدث أي تلوث بكتيري ويأخذ 3 مل ماء مقطر بواسطة الماصة ويرطب بها طبق التحضير حتى يصبح جاهز لاستقبال عينة الفحص البكتيري.
- توضع العينة المراد فحصها في كأس زجاجي خاص محكم الإغلاق ومعقم سابقاً، حيث تمدد عينة الماء داخل الوعاء الزجاجي لغاية 100 مل.
- يتم تشغيل المضخة (vacuum pump) لسحب عينة الماء اللازم للفحص، حيث تسحب عينة الماء للأسفل ويكون قد نفذ الماء من ورقة الترشيح التي لا تسمح بنفاذ البكتيريا وإمساكها على سطحها.
- تؤخذ ورقة الترشيح بواسطة ملقط وتوضع في داخل طبق الفحص البكتيري.
- أطباق بتري التي تعد وسط مغذي وهنا الوسط المستخدم لمياه الشرب هو ترجيتول آغار Tregaitol agar.
- يوضع طبق بتري في جهاز الإنكوبيتر (Incubator) الحاضنة الجرثومية وتضبط درجة حرارة 37 مئوية لمدة 24 ساعة. وتتم قراءة النتائج بعد مضي 24 ساعة عن طريق عدد المربعات الموجودة على الورقة.

4.3.4. اختبار كفاءة الغشاء المصنع في تطهير المياه:

في هذه الدراسة تم العمل على تطعيم الأغشية المصنعة باستخدام جهاز الفضة الغروانية من خلال غمرها في عينات المياه المفضضة.

في عملية تحضير تراكيز مختلفة من الفضة الغروانية تم الاعتماد على تركيز الفضة المسموح به في مياه الشرب وفقاً للمواصفات القياسية السورية لمياه الشرب [22] كنقطة انطلاق، حيث أن تركيز الفضة المسموح به كحد أقصى وفقاً للمواصفة السورية هو 0.1 mg/L لذلك تم الاعتماد

على هذا الحد كأقصى قيمة من تركيز الفضة في عملية التطهير، والتراكيز التي اعتمد عليها هي (0.04-0.05-0.06-0.07-0.08-0.1) mg/L ، وجرت عملية التطهير باستخدام هذه التقنية باستخدام جهاز تشريد فضة غروانية.

بعد الانتهاء من عملية تطعيم الأغشية بالمياه المفضضة، تم معالجة المياه بالترشيح باستخدام الأغشية المطعمة من خلال إجراء التحاليل الجرثومية عليها وذلك لمعرفة فعالية التطهير والترشيح الذي جرى في الطرق المذكورة عند كل تركيز. التحاليل المجرأة هي:

1- التعداد العام Total count

2- تعداد الكولونيات Colony count

3- تعداد الاشيرشياكولي E.coli count

4- نسبة الأملاح المنحلة TDS

نتائج التحليل الجرثومي موضحة في الجدول (4) وفقاً لكل غشاء.

الجدول (4): نتائج تطهير المياه من خلال الأغشية المطعمة بالفضة الغروانية

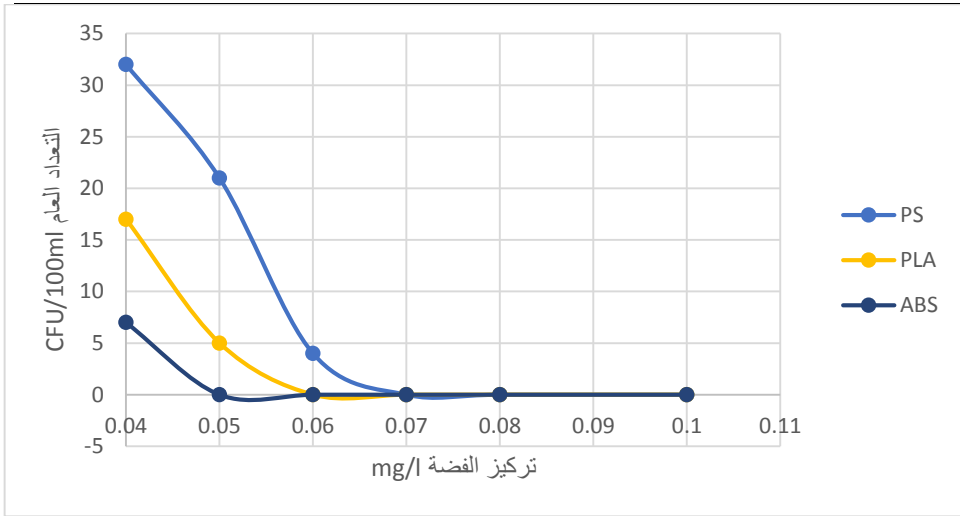
تعداد الأشيرشياكولي CFU/100ml	تعداد الكولونيات CFU/100ml	التعداد العام CFU/100ml	تركيز الفضة mg/l		
75	800	1000	-	التحليل الأولي	نوع البوليمير المصنع منه الغشاء
0	0	0	0.1	التحليل النهائي	1 بولي ستايرن
0	0	0	0.08		
0	0	0	0.07		
3	8	4	0.06		
7	15	21	0.05		
11	23	32	0.04		
0	0	0	0.1	التحليل النهائي	2 بولي لاكتيك أسيد
0	0	0	0.08		
3	7	0	0.07		
5	8	0	0.06		
8	10	5	0.05		

دراسة تأثير اختلاف نوع مادة الغشاء على كفاءة تطهير المياه

13	22	17	0.04		
0	0	0	0.1	التحليل النهائي	3 ABS
0	0	0	0.08		
0	0	0	0.07		
0	0	0	0.06		
2	5	0	0.05		
9	3	7	0.04		

تأثير تغيير تركيز الفضة الغروانية على التعداد العام للجراثيم لجميع الأغشية:

يلاحظ على الشكل (14) تغيير التعداد العام للجراثيم لجميع الأغشية مع تغيير تراكيز الفضة الغروانية المطبقة، ولوحظ أن أكثر الأغشية فعالية هو ABS.



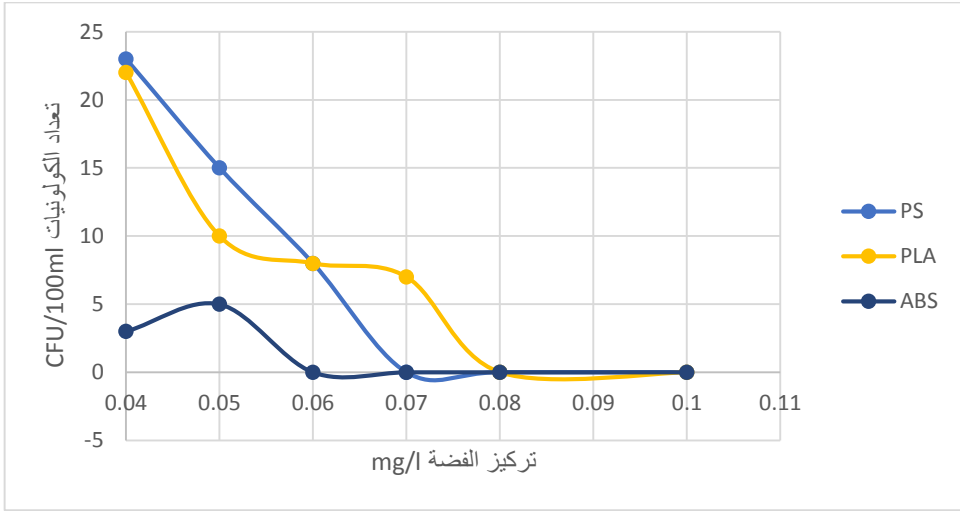
الشكل (14): تأثير تركيز الفضة على التعداد العام للجراثيم لجميع الأغشية

يلاحظ من الشكل (14) أيضاً أنه بازيدياد تركيز الفضة الغروانية ينخفض التعداد العام للجراثيم، بالنظر إلى المنحني الممثل لكل غشاء يلاحظ أن الغشاء 3 أظهر أفضل نتائج من حيث تعداد الجراثيم، حيث كانت قيمة التعداد (0) عند تركيز 0.05 mg/l، يليه الغشاء 2 ثم 1.

تأثير تغيير تركيز الفضة الغروانية على تعداد الكولونيات لجميع الأغشية:

تم توضيح نتائج تعداد الكولونيات لجميع الأغشية عند كل تركيز من تراكيز الفضة الغروانية المطبق، وتم الحصول على النتائج الموضحة في الشكل (15).

دراسة تأثير اختلاف نوع مادة الغشاء على كفاءة تطهير المياه

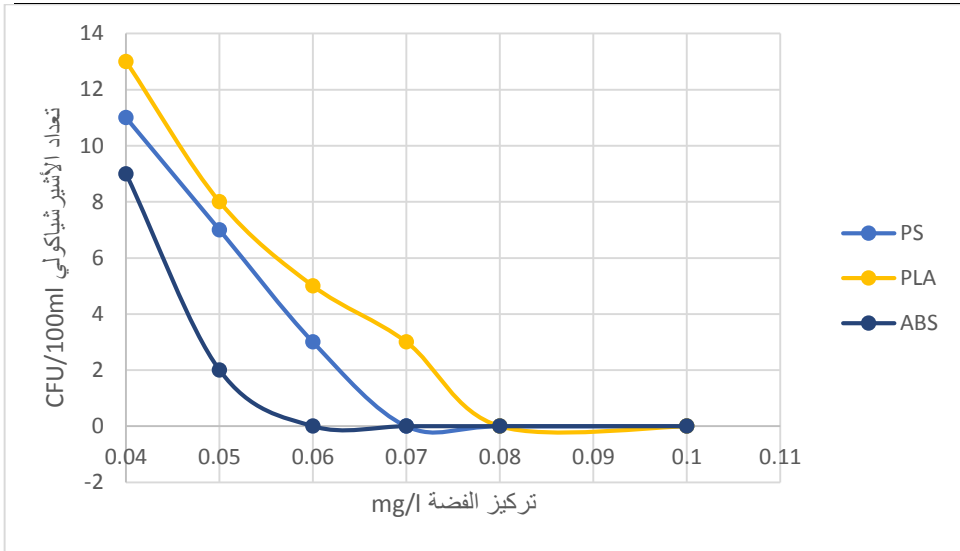


الشكل (15): تأثير تركيز الفضة على تعداد الكولونيات لجميع الأغشية

يلاحظ من الشكل (15) أنه بزيادة تركيز الفضة الغروانية ينخفض تعداد الكولونيات، بالنظر إلى المنحني الممثل لكل غشاء يلاحظ أن الغشاء 3 أظهر أفضل نتيجة حيث كانت قيمة التعداد (0) عند تركيز 0.06 mg/l يليه الغشاء 1 حيث كانت قيمة التعداد (0) عند تركيز 0.07 mg/l يليه الغشاء 2.

تأثير تغير تركيز الفضة الغروانية على تعداد الأشيرشياكولي لجميع الأغشية:

يلاحظ أن تغير تعداد الأشيرشياكولي يتناقص مع زيادة تركيز الفضة الغروانية المطبق، يوضح الشكل (16) النتائج التجريبية للدراسة.



الشكل (16): تأثير تركيز الفضة على تعداد الأشيرشياكولي لجميع الأغشية

يلاحظ من الشكل (16) أنه بزيادة تركيز الفضة الغروانية ينخفض تعداد الكولونيات، بالنظر إلى المنحني الممثل لكل غشاء يلاحظ أن الغشاء 3 أظهر أفضل نتيجة حيث كانت قيمة التعداد (0) عند تركيز 0.06 mg/l. يليه الغشاء 1 حيث كانت قيمة التعداد (0) عند تركيز 0.07 mg/l. ثم الغشاء 2.

نلاحظ من خلال النتائج الثلاثة السابقة أن الغشاء رقم 3 (ABS) هو الأكثر كفاءة بين جميع الأغشية المدروسة في القضاء على الجراثيم عامةً، وعلى الكولونيات، وعلى بكتيريا E.coli تحديداً السبب في ذلك قد يكون طبيعة المادة المكوّنة للغشاء (ABS) التي تسمح بارتباط أفضل لجسيمات الفضة الغروانية وتوزعها بشكل متجانس ضمن الألياف النانوية وضمن الغشاء. عملياً، هذا يعني أن استخدام غشاء ABS مع إضافة تراكيز منخفضة من الفضة 0.05 – 0.06 mg/l كافٍ للحصول على مياه معقمة تقريباً.

بالمقابل، الأغشية الأخرى تحتاج إلى تراكيز أعلى لتحقيق نفس النتيجة، وهذا قد يزيد من التكلفة أو من احتمالية تراكم الفضة في الماء.

بالنتيجة فإن أفضل الأغشية كفاءة في عملية التطهير هو الغشاء 3 ABS.

5. الاستنتاجات والتوصيات:

• الاستنتاجات:

أظهرت الدراسة أن تغيير المادة الأولية لتصنيع الغشاء يغير من خصائص الغشاء النسيجية، حيث تبين أن قياس أقطار ألياف الغشاء وفق المقياس النانوي ومساميته تؤثران على كفاءة المعالجة وفقاً لما يلي:

- أعطى غشاء البولي أكريلونتريل بوتاديين ستايرن المشترك ABS أفضل نتيجة لتطهير المياه عند تركيز 0.06 mg/l للفضة الغروانية، كما أعطى أقل نسبة للأملاح المنحلة بعد الترشيح بكفاءة إزالة 48.05%. علماً أن قطر ألياف غشاء ABS كانت الأصغر وفق المقياس النانوي بمتوسط قطر 302.3 نانومتر، وبمسامية 10.63%.
- بالمرتبة الثانية أعطى غشاء البولي ستايرن أفضل تطهير للمياه عند تركيز 0.07 mg/l للفضة الغروانية، وكانت كفاءة إزالة الأملاح المنحلة بهذا الغشاء 11.4%. علماً أن متوسط قطر الألياف 381.9 نانومتر، وبمسامية 9.17%.
- أخيراً أظهر غشاء PLA كفاءة أقل من حيث الترشيح والتطهير، وكان لهذا الغشاء أعلى متوسط قطر للألياف من بين الأغشية بقيمة 518.1 نانومتر، وبمسامية عالية 15.8%.

التوصيات:

- 1- اعتماد غشاء ABS المصنوع من بولي أكريلونتريل بوتاديين ستايرن في تطبيقات ترشيح وتطهير المياه، نظراً لما أظهره من كفاءة عالية في إزالة الجراثيم وتقليل نسبة الأملاح المنحلة.

- 2- استخدام تركيز من الفضة لا يتجاوز 0.06 mg/L داخل الأغشية النانوية، حيث أظهرت النتائج أن هذا التركيز يحقق أعلى فاعلية تطهيرية دون تجاوز الحدود المسموح بها صحياً.
- 3- استخدام تقنية الغزل بالنفخ كوسيلة فعالة لتصنيع الأغشية النانوية، لما تنتجه من مرونة في التحكم بخصائص الغشاء كقطر الألياف والمسامية.
- 4- تجنب استخدام غشاء PLA بولي لكتيك أسيد في التطبيقات التي تتطلب أعلى كفاءة ترشيح وتطهير، بسبب أدائه الأقل نسبياً من حيث إزالة الجراثيم ونسبة الأملاح المنحلة.
- 5- توسيع البحث في مجال الأغشية النانوية المركبة والحيوية، ودراسة تأثير الاستخدام المتكرر ومثانة الأغشية.

6. المراجع:

- 1- I. Hajdu, M. Bodnár, Z. Csikós, S. Wei, L. Daróczi, B. Kovács, Z. Gyori, J. Tamás, J. Borbély. (2012). Combined nano-membrane technology for removal of lead ions. *Journal of Membrane Science* 409-410 (2012) 44-53.
- 2- D. Othman, Z. Saffour, M. Issa. (2020). Studying the feasibility of manufacturing water treatment membranes using electrospinning technology. Al-Baath University.
- 3- J. Z. Barisha, M. A. El-Sherif. (2018). Book – Water Pollutants, Their Sources and Treatment Methods. University Publishing House, Cairo.
- 4- W. Walkowiak, C.A. Kozlowski, Macrocyclic carriers for separation of metal ions in liquid membrane processes – a review, *Desalination* 240 (2009) 186-197.
- 5- A. Figoli, A. Cassano, A. Criscuoli, M.S.I. Mozumder, M.T. Uddin, M.A. Islam, E.Drioli, Influence of operating parameters on the arsenic removal by nanofiltration, *Water Res.* 44 (2010) 97-104.
- 6- M. W. Issa. (2014). Water Treatment Book for Third Year Students, Department of Chemical Engineering, Al-Baath University.
- 7- Sh. Hossen, G. Tuhmaz, R. Al-Muhammad. (2020). Development of an electrospinning device with a conical collector for producing three-dimensional networks of nanofibers. Al-Baath University.
- 8- I. Petrinic', N.P.R. Andersen, S. Šostar-Turk, A.M. Le Marechal, The removal of reactive dye printing compounds using nanofiltration, *Dyes Pigm.* 74 (2007) 512-518.

- 9- G. Ciardelli, L. Corsi, M. Marcucci, Membrane separation for wastewater reuse in the textile industry, Re-sour. Conserv. Recycl. 31 (2001) 189-197.
- 10- H. Reza Rashidia, N. Meriam Nik Sulaimana, N. Awanis Hashima, C. Rosmani Che Hassana & M. Redzuan Ramli. (2014). Synthetic reactive dye wastewater treatment by using nano-membrane filtration. No: 1072954, London W1T 3JH, UK.
- 11- Sh. Hossen, G. Tuhmaz, A. A. Hamoud. (2024). Development of a spinning device that works with blowing technology and combining it with electrospinning to produce non-woven networks from polymeric materials. Al-Baath University.
- 12- Eliton, S. M., Gregory, M. G., Artur, P. K., William, J. O., Luiz, H. C. M., (2009) – Solution Blow Spinning: A New Method to Produce Micro- and Nanofibers from Polymer Solutions – SP 13560-970, Brazil.
- 13- Hirte, R., 1984. Textile science and technology: Production and applications of polypropylene textiles. Elsevier Scientific Publishing Company, Akademie Verlag GmbH, Germany.
- 14- P. Miretzky, F.A. Cirelli, Hg (II) removal from water by chitosan and chitosan derivatives: a review, J. Hazard. Mater. 167 (2009) 10-23.
- 15- D.W. O’Conelli, C. Birkinshaw, T.F. O’Dwyer, Heavy metal adsorbents prepared from the modification of cellulose: a review, Bioresour. Technol. 99 (2008) 6709-6724.

- 16- C. Jeon, J.Y. Park, Y.J. Yoo, Novel immobilization of alginic acid for heavy metal removal, *Biochem. Eng. J.* 11 (2002) 159–166.
- 17- B.S. Inbaraj, J.S. Wang, J.F. Lu, F.Y. Siao, B.H. Chen, Adsorption of toxic mercury (II) by an extracellular biopolymer poly (g-glutamic acid), *Bioresour. Technol.* 100 (2009) 200–207.
- 18- R. Camarillo, J. Llanos, L. Garcia-Fernandez, A. Perez, P. Canizares, Treatment of copper (II)-loaded aqueous nitrate solutions by polymer enhanced ultrafiltration and electrodeposition, *Sep. Purif. Technol.* 70 (2010) 320–328.
- 19- B. De Gusseme, T. Hennebel, E. Christiaens, H. Saveyn, K. Verbeken, J. P. Fitts, N. Boon, W. Verstraete. (2011). Virus disinfection in water by biogenic silver immobilized in polyvinylidene fluoride membranes. 45, 2011, P: 1856–1864.
- 20- X. Liu, H. Ma, B. S. Hsiao. (2019). Interpenetrating Nanofibrous Composite Membranes for Water Purification. 2, 3606–3614.
- 21- Singh I and Mishra P., (2020). Nano-membrane Filtration a Novel Application of Nanotechnology for Waste Water Treatment. *Science Direct, Materials Today: Proceedings* 29, page 327–332.
- 22- Syrian Standard Specification No. 45 of 2007.