

مجلة جامعة حمص

سلسلة العلوم الهندسية الكيميائية والبتروولية



مجلة علمية محكمة دورية

المجلد 47 . العدد 5

1447 هـ - 2025 م

الأستاذ الدكتور طارق حسام الدين رئيس جامعة حمص

المدير المسؤول عن المجلة

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

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 وورد 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
48-11	فاطمة التركي أ.د. محمد هلال د. محمد أسعد	تحسين خصائص الأغشية المصنعة والمستخدمة في معالجة المياه
68-49	آلاء الخضر أ.د. محمد هلال د. نوفة جمعة	معالجة مياه محطة تنقية مياه الشرب في دير لزور باستخدام فحم فعال محضّر من نوى الزيتون
90-69	م. تقوى ناصر د. نسرین البيطار د. بدور عجيب	إنتاج عصير رمان حيوي مخمّر باستخدام البكتيريا اللبنية: تأثير تركيز البادئ ودرجة حرارة التخمر
120-91	وسيم علي الرحيل د. مهند منصور	إعادة التقييم البنيوي لحقل صدد بإنشاء نموذج ثلاثي الأبعاد

تحسين خصائص الأغشية المصنعة والمستخدمة في معالجة 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 تحسين خصائص الأغشية المصنعة والمستخدمة في معالجة المياه بالترشيح من خلال ثلاث طرق: تغيير مسافة العمل على جهاز الغزل، وتشكيل طبقتين من الألياف، وتشكيل الغشاء على طبقة داعمة. ثم مقارنتها بغشاء مرجعي من البولي ستايرن. حيث تم تصنيع أربعة أغشية من البولي ستايرن: (1) غشاء مرجعي على مسافة عمل 20 cm على جهاز الغزل، (2) غشاء على مسافة عمل 15 cm، (3) غشاء مكون من طبقتين من الألياف، (4) غشاء مع طبقة داعمة.

أظهرت النتائج أن الغشاء المصنع من البولي ستايرن مع طبقة داعمة أعطى أفضل الخصائص الميكانيكية بين الأغشية الأربعة من حيث قوة شد أعلى بقيمة 28.5 N واستطالة 8.2%، بالإضافة إلى كفاءة ترشيح المعوقات الصلبة TSS بنسبة 85%. وقابلية ممتازة للبلل. يليه الغشاء المصنع من البولي ستايرن ذو طبقتين بخصائص ميكانيكية جيدة من حيث قوة شد بقيمة 8.2 N واستطالة 3.5%. مع كفاءة ترشيح 70%. أما الغشاء المصنع من البولي ستايرن على مسافة عمل 15 cm، كان الأقل كفاءة في الترشيح بنسبة 45%، وبقوة شد منخفضة بقيمة 7 N واستطالة 3.5%. وبالتالي فإن جميع الأغشية المحسنة أظهرت خصائص ميكانيكية أفضل بالمقارنة مع الغشاء المصنع من البولي

ستايرن على مسافة عمل 20 cm، بالمقابل أبدى الغشاء المرجعي قابلية ممتازة للبلل مقارنة بباقي الأغشية.

كلمات مفتاحية: معالجة المياه، الترشيح، ألياف نانوية، أغشية، بولي ستايرن.

Improving the properties of manufactured and used membranes in water treatment

Abstract

In this research, the properties of manufactured membranes used in water filtration treatment were improved by three methods: changing the working distance on the spinning machine, forming two layers of fibers, and forming the membrane on a support layer. Then, they were compared with a reference polystyrene membrane. Four polystyrene membranes were manufactured: (1) a reference membrane with a working distance of 20 cm on the spinning machine, (2) a membrane with a working distance of 15 cm, (3) a membrane consisting of two layers of fibers, (4) a membrane with a support layer.

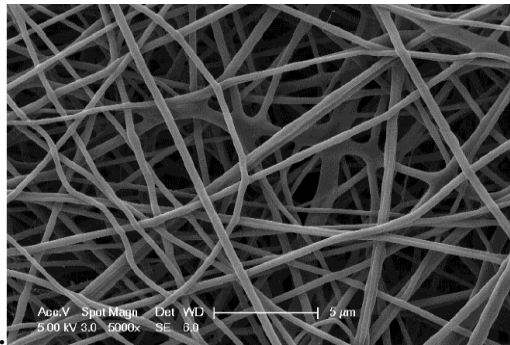
The results showed that the polystyrene membrane with a support layer had the best mechanical properties among the four membranes, with a higher tensile strength of 28.5 N and an elongation of 8.2%, as well as a TSS filtration efficiency of 85% and excellent wettability. The two-layer polystyrene membrane followed with good mechanical properties, with a tensile strength of 8.2 N and an elongation of 3.5%, and a filtration efficiency of 70%. The polystyrene membrane at a working distance of 15 cm had the lowest filtration efficiency, at 45%, and a lower tensile strength of 7 N and an elongation of 3.5%. Thus, all improved membranes exhibited better mechanical properties compared to the polystyrene membrane at a working distance of 20 cm. In contrast, the reference membrane demonstrated excellent wettability compared to the other membranes.

Keywords: Water treatment, filtration, nanofibers, membranes, polystyrene.

1. مقدمة:

تُستخدم الترشيحات الفائقة والنانوية على نطاق واسع بسبب انتقائيتها العالية للفصل ومعايير التشغيل منخفضة الطاقة والضغط. وقد بُذلت جهود كبيرة مؤخرًا لدراسة إزالة المعادن الثقيلة من خلال الترشيح السطحي [1،2] أو الترشيح بمساعدة المعقدات أو الترشيح الغشائي المعزز بالبوليمر [3،4].

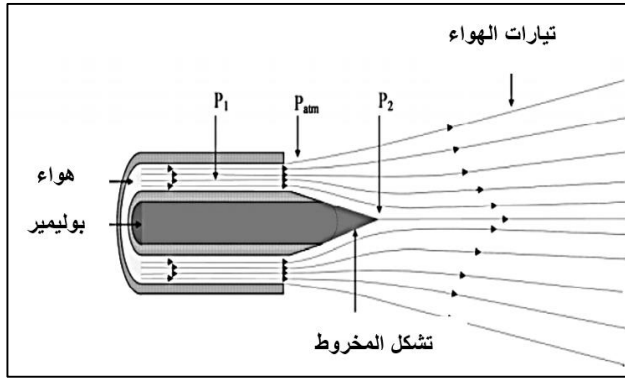
تعرف الأغشية بأنها عبارة عن حاجز يسمح لبعض المواد بالعبور اعتماداً على خصائصها الفيزيائية والكيميائية ويمكن تحضير الأغشية من مواد سيراميكية أو مواد بوليميرية [5,6]. وتختلف الأغشية عن بعضها البعض بعوامل رئيسية منها: نوعية مادة الغشاء، الشكل الهندسي لنموذج الغشاء، حجم المسام [7]. تعتبر الألياف النانومترية منتجاً جديداً من المواد التي تمتلك أقطار في مجال النانو ويمكن تعريفها وفق المواصفة ISO/TS 80004-2:2015 بأنها ألياف تمتلك بعدين من رتبة النانو والبعد الثالث يكون أكبر بشكل ملحوظ، وهي لا ترى بالعين المجردة وإنما ترى بالمجهر الإلكتروني ويظهر الشكل (1) صور مجهرية لألياف نانومترية [8].



الشكل (1): الألياف النانومترية تحت المجهر

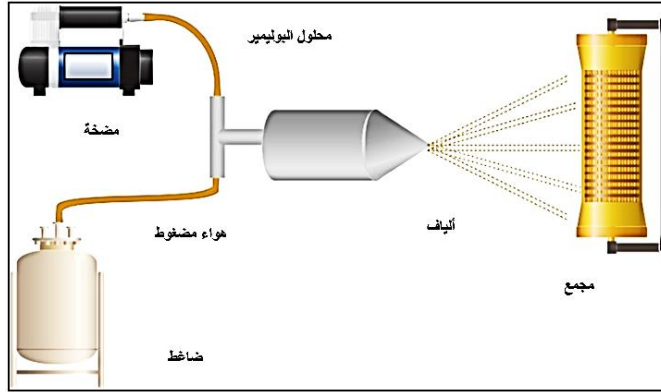
يمكن إنتاج الشبكات غير المنسوجة المكونة من الألياف الميكرومترية والنانومترية انطلاقاً من المواد البوليميرية باستخدام عدد من التقنيات المختلفة مثل: السحب، وتصنيع القوالب، وفصل الطور، والغزل الكهربائي. وتعتبر طريقة الغزل بالنفخ طريقة حديثة الاستخدام في مخبرنا المحلية [8].

تعتمد نظرية الغزل بالنفخ على مبدأ برنولي الذي يتم فيه تحويل التغيرات في الضغط إلى طاقة حركية كما هو موضح في الشكل (2). عندما يخرج تيار الغاز عالي الضغط P_1 من الفوهة الخارجية، ينخفض الضغط إلى P_{atm} مما يؤدي إلى زيادة الطاقة الحركية للتيار وتؤدي إلى زيادة سرعة الغاز. هذه الزيادة في السرعة تعزز انخفاض الضغط في مركز فوهة البثق، مما يخلق قوة دافعة مسؤولة عن تسارع محلول البوليمر. كما تؤدي السرعة العالية للغاز إلى نشوء قوة قص هي المسؤولة عن تشويه المحلول الذي يخرج من الفوهة الداخلية إلى شكل مخروطي. وعندما يتم التغلب على التوتر السطحي بهذه القوى يبدأ المحلول بالتطاير ويتبخر المذيب وتتشكل الألياف [8].



الشكل (2): مبدأ الغزل بالنفخ وفقاً لبرنولي [8]

يعد معدل تدفق الغاز ودرجة الحرارة وتغذية الغاز في عملية الغزل بالنفخ من أهم المتغيرات اللازمة لبدء النفخ والاستطالة، يمكن اعتبار تقنية الغزل بالنفخ طريقة لتحضير ألياف منفصلة خاصة.



الشكل (3): الشكل العام لجهاز الغزل بالنفخ

تم تسليط الضوء على مجموعة من التطبيقات التي تتضمن بوليمرات نانوية تم تصنيعها بواسطة تقنية غزل المحلول بالنفخ (Solution Blow Spinning) (SBS) في المواد الحيوية وهندسة الأنسجة والمنسوجات والمواد المركبة. أظهرت المواد غير المنسوجة المغزولة بالنفخ حديثاً إمكانية الحصول على طبقات ترشيح للأفئعة التي يتم ارتداؤها يومياً في ظل جائحة كورونا، ويمكن أن تصل كفاءة الترشيح لهذه الشبكات إلى أكثر من 99.99%. كما تم إنتاج شبكات غير منسوجة مركبة باستخدام حصائر مغزولة بالنفخ الكهربائي للحصول على وسط مرشح بقطر ألياف ومسامية وكثافة تعبئة مختلفة، حيث تسبب الغشاء غير المنسوج متعدد الطبقات في حدوث اختلافات كبيرة في المسامية وكثافة التشكيل، مما أدى إلى تحسين أداء المرشح المصنوع منه [8].

تعتبر أغشية النانو الحل الأمثل لجميع أنواع التلوث الرئيسية ، وبشكل عام يقلل التلوث من تدفق الراشح عبر الغشاء أثناء عمليات الفصل إما على سطح الغشاء أو داخل مساماته [9]. إن التلوث الغرواني يكون الغرويات على سطح الغشاء حيث يحجز الغشاء الملوثات ، مثل الأصباغ والسيليكا وهي المشكلة الرئيسية أثناء استخدام غشاء النانو لمعالجات مياه الصرف الصناعي [10]. يتم استخدام مكونات البولي أميد في تصنيع الأغشية النانوية بسبب خصائصها الكيميائية والفيزيائية مثل الاستقرار الحراري العالي والخصائص الميكانيكية الممتازة [11]. بالتالي فإن تطبيق هذه الأنواع من طرق معالجة مياه الصرف الصناعي باستخدام غشاء النانو يمكن أن يكون فعالاً. إن الأغشية النانوية المطعمة بالفضة، والمصنعة من بوليميرات حيوية مثل البولي أميد والبولي لاكتيك أسيد هي الشائعة حالياً. كما تم التوجه إلى دمج المواد النانوية في الأغشية البوليميرية في العقود الأخيرة لأنه أعطى قيم نفوذية أفضل. تضم الجسيمات النانوية المدمجة في الغشاء طبقات تحوي على السيليكا SiO_2 و TiO_2 والزيوليت [12,13].

يهدف البحث إلى اقتراح طرق تحسين خصائص هذه الأغشية البوليميرية النانوية المصنعة لمعالجة مياه الصرف الصناعي.

2. دراسات مرجعية:

قام Chou. W.L عام 2005 بتصنيع غشاء مكون من ألياف مجوفة من الأسيتات (CA)، تم غزلها عن طريق تقنية الغزل الرطب. تم تحضير محاليل الغزل عن طريق إذابة $AgNO_3$ و CA في ثنائي ميثيل الفورم أميد DMF وتم إضافة جسيمات نانوية فضية إلى المحاليل ثم تم فحص الغشاء المصنوع. أظهرت النتائج أن حجم المسام أصغر من 10 نانومتر وفقاً للفحص المجهرى، أما محتوى الفضة ضمن الأغشية الليفية

والمضاف إلى المحلول وصل إلى حوالي 60% وأبدى الغشاء خصائص مضادة للبكتيريا الإشرشبية القولونية والمكورات العنقودية الذهبية [14].

قام Chen و Liu عام 2013 بدراسة إمكانية استخدام غشاء الزيوليت النانوي لتحلية مياه البحر باستخدام محاكاة ديناميكية جزيئية شاملة. تم استخدام نوعين من الزيوليت بخصائص ترطيب مختلفة كغشاء للتناضح العكسي (RO) حيث يمكن لكل منهما الوصول إلى احتجاز 100% تقريباً لأيونات الملح وذلك عندما يكون سمك الغشاء أصغر من 3.5 نانومتر [15].

أجري بحث صيني أمريكي مشترك من قبل ليو ورفاقه عام 2019 على دراسة تصنيع أغشية مركبة من الألياف النانوية بغرض تنقية المياه، استخدم الباحثون طريقة الغزل الكهربائي لإنتاج تلك الألياف، وتم إجراء تحسين الخواص الميكانيكية والهيكليّة للغشاء عن طريق استخدام ألياف متناهية في الصغر متداخلة فيما بينها، أظهر الغشاء الناتج نفوذية عالية للماء مع قدرة كبيرة على احتجاز ملوثات مختلفة وخاصة أيونات الكروم ، وخلص الباحثون أن الغشاء المركب أفضل من الغشاء الأحادي غير المركب [16].

قام Singh and Mishra عام 2020 بدراسة تنقية مياه الصرف الصحي باستخدام أغشية نانوية صنعت من عدة بوليمرات مركبة من ألياف نانوية بأقطار نانوية متعددة. تبين عند اختبار فعالية الأغشية في تنقية المياه، أنها ذات فعالية عالية في إزالة ملوثات الأصبغة بنسبة 80، كما أعطت قدرة عالية على إزالة العناصر الثقيلة كالرصاص والكاديوم وغيرها، بالإضافة لقدرتها على خفض الزيت بنسبة 99% و الشحوم بنسبة 80% وخفض نسبة BOD بنسبة 76% وكذلك COD بنسبة 92% [17].

قام Kuo Sun في عام 2024 بدراسة عمل غشاء التناضح الأمامي (FO) دون ضغوط هيدروليكية، مما يتيح المعالجة الفعالة لمياه الصرف الصحي مع تخفيف تلوث الغشاء وتعزيز الكفاءة. يعد تصميم طبقة بولي الأמיד عالي الأداء (PA) على ركائز السيراميك تحديًا لتطبيقات تحلية المياه بالتناضح الأمامي. أظهرت النتائج أنه يمكن للأغشية المصنعة التخلص من الأنواع الرئيسية (الأيونات والزيت والمواد العضوية) بنسبة أكثر من 94% وتراوح تدفق المياه ما بين 14.35–22.62 l/m².h عند معالجة مياه الصرف الصناعي القلوية (pH 8.6) [18].

3. هدف البحث:

يهدف البحث إلى تصنيع أغشية ترشيح نانوية من البولي ستايرن لمعالجة المياه مع دراسة إمكانية تحسين خصائص الأغشية الفيزيائية والميكانيكية من حيث: قطر الألياف والمسامية، والشد والاستطالة، والبلل. واختبار كفاءتها في تخفيض المعوقات الصلبة .TSS

4. المواد والأجهزة المستخدمة:

المواد:

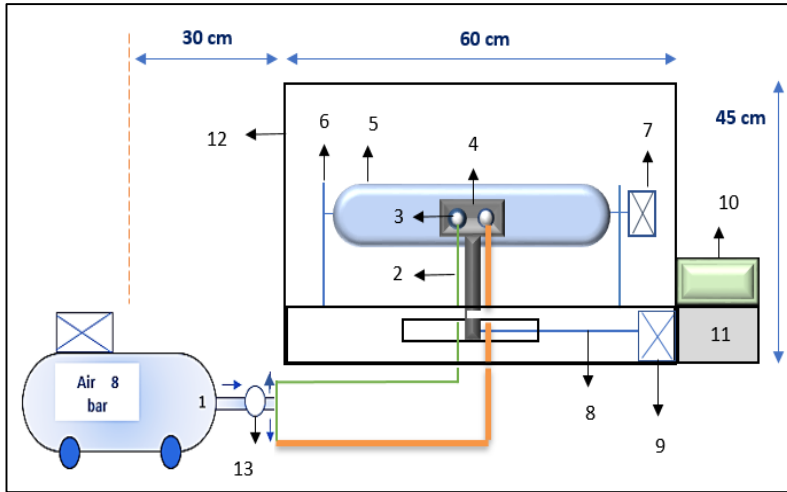
- بولي ستايرن PS: تم الحصول عليه بإعادة تدوير حبيبات من الفلين التجاري.
- ثنائي ميثيل فورم أميد DMF: وزنه المولي 73.09 g/mol، كثافته 30.94 g/cm³.

الأجهزة:

- جهاز الغزل بالنفخ:

يستخدم في إنتاج شبكات من الألياف النانوية، موجود في مخبر الألياف النانوية في قسم هندسة الغزل والنسيج-جامعة حمص. كما هو موضح في الشكل (4).

عند فتح صمام الضاغط الهوائي يخرج تيار الهواء المضغوط عبر الأنابيب إلى رأس النفخ والذي يتم وضعه على وضعية التشغيل ليتم نفخ المحلول البوليميري، من جهة أخرى فإن تشغيل لوحة التحكم يؤدي إلى تشغيل الحركة الترددية لحامل رأس النفخ، والحركة الدورانية لأسطوانة التجميع، حيث أن المحرك يعطي الحركة لأسطوانة التجميع لتبدأ بالدوران [14].



الشكل (4): مخطط صندوقي لجهاز الغزل بالنفخ في مخبر الألياف النانوية

جهاز قوة الشد والاستطالة:

هو جهاز موجود في مخبر النسيج - كلية الهندسة الكيميائية والبتروولية في جامعة حمص، يعمل حسب المواصفة القياسية (ASTM D5035-95) بأبعاد مختلفة للعينة، ويشد أولي قيمته (200 N).

يتألف جهاز الشد من مقبضي الجهاز (سفلي ثابت وعلوي متحرك)، لإمساك عينة الغشاء أثناء الاختبار، ويرتبط الجهاز بحاسب يحوي على برنامج لإعطاء النتائج، وموصول إلى طابعة. كما هو موضح في الشكل (5).



الشكل (5): جهاز قوة الشد والاستطالة في مخبر النسيج

- المجهر الالكتروني الماسح (SEM):

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

يعتبر المجهر الالكتروني 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. حيث يوضح الشكل (6) المجهر الالكتروني المستخدم وملحقاته.



الشكل (6): المجهر الالكتروني الماسح في هيئة الطاقة الذرية بدمشق VEGA II
XMU

- 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.

تصنيع الأغشية:

تم تحضير مجموعة من المحاليل البوليميرية بتركيز وزني 10% وفق شروط معطاة في الجدول (1)، حيث تم استخدام بولي ستايرن مع مذيب 100% ثنائي ميثيل فورم أميد.

تم وزن مقدار معين من مادة البوليمير بحسب التركيز المراد الوصول إليه، وحلها ضمن حجم محدد من المذيب، وتحريك المزيج بوجود حرارة وباستخدام خلاط مغناطيسي لتحقيق التجانس الحراري والمادي.

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

تم تحضير الجهاز للقيام بتجارب الغزل بالنفخ حيث: وضع المحلول البوليميري ضمن حجرة البوليمير في رأس النفخ والمغلقة بإحكام. وتم وضع طبقة من زيت تشحيم على سطح التجميع من أجل تسهيل إزالة العينة. ثم تشغيل الضاغط عند قيمة مقدارها 2 bar.

تم تصنيع 4 عينات من الأغشية ببارامترات تشغيل مختلفة موضحة في الجدول (1).

الجدول (1): 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	بولي ستايرن	2	1.8	15	10	15

سلسلة العلوم الهندسية الكيميائية والبتروولية د.محمد أسعد أ.د.محمد هلال فاطمة التركي				مجلة جامعة حمص المجلد 47 العدد 5 عام 2025		
3	بولي ستايرن (طبقتين)	2	1.8	20	10	30
4	بولي ستايرن (مع طبقة داعمة)	2	1.8	20	10	15

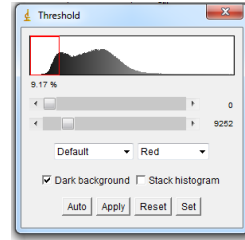
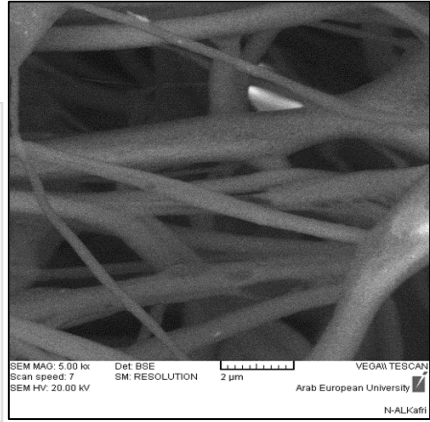
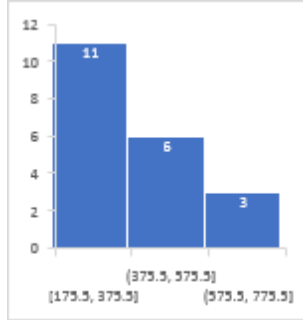
يوضح الشكل (7) عملية تشكيل الأغشية بتقنية الغزل بالنفخ



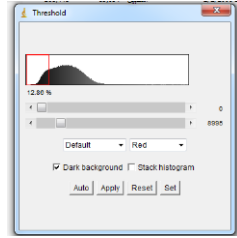
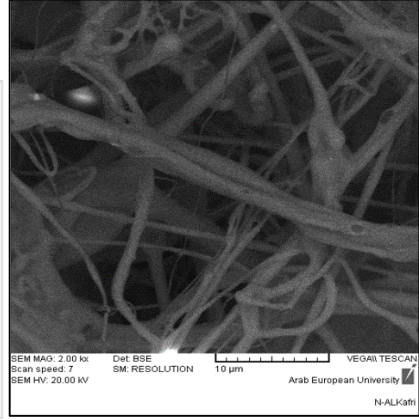
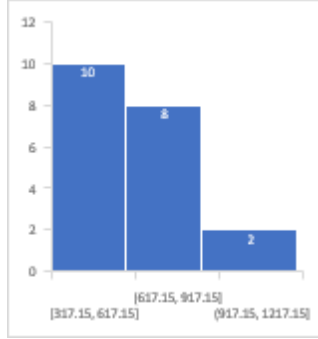
الشكل (7): عملية تشكيل الأغشية بتقنية الغزل بالنفخ

الفحص المجهرى للأغشية المحضرة:

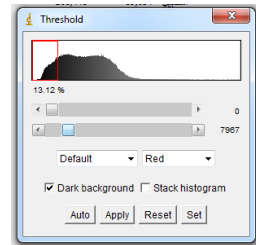
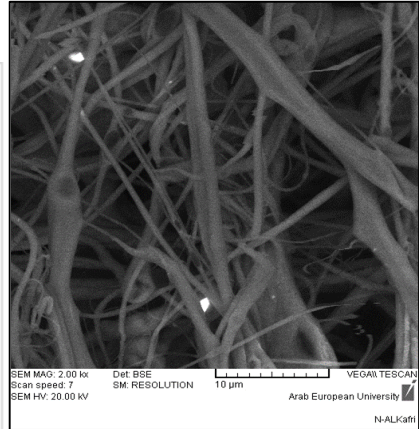
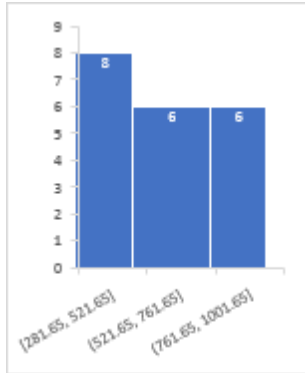
تم فحص الأغشية المصنعة في هيئة الطاقة الذرية في دمشق، وفحصها مجهرياً باستخدام المجهر الإلكتروني الماسح، ثم معالجتها باستخدام برنامج Image z وحساب أقطار الألياف، وكتافتها السطحية ومساميتها. ونجد في الأشكال (8) و(9) و(10) و(11) الصور المجهرية للعينات، ومخططات توزيع الأقطار في كل عينة.



الشكل (8): الصورة المجهرية للعينة 1، ومخطط توزيع الأقطار، ومخطط المساحة هيستوغرام

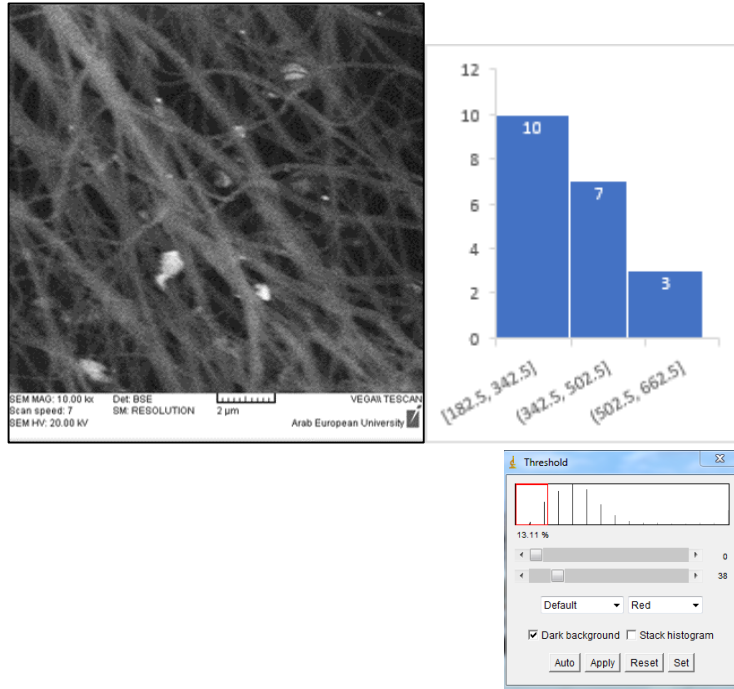


الشكل (9): الصورة المجهرية للعينة 2 ومخطط توزيع الأقطار، ومخطط المساحة هيستوغرام



الشكل (10): الصورة المجهرية للعينة 3، ومخطط توزيع الأقطار، ومخطط المساحة

هستوغرام

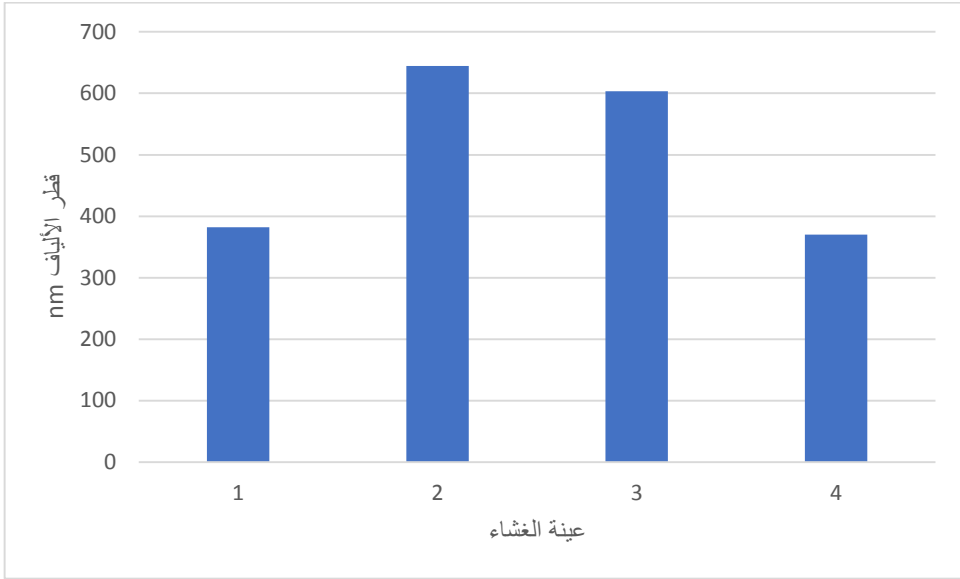


الشكل (11): الصورة المجهرية للعينة 4، ومخطط توزيع الأقطار، ومخطط المساحة هيستوغرام

إن مخطط توزيع الأقطار هو دليل إحصائي يوضح عدد الألياف ضمن مجال أقطار محدد (على المحور الأفقي للمخطط)، حيث تم قياس قطر 20 ليف في كل عينة. كما أن مخطط هيستوغرام والذي تم الحصول عليه وفقاً لبرنامج Image J لكل عينة يوضح النسبة المئوية للمساحة المظلمة التي لا تحتوي ألياف بالنسبة لمساحة الصورة المجهرية، والتي تعبر عن مسامية العينة. ونجد في الجدول (2) نتائج هذه القياسات.

الجدول (2): نتائج الفحص المجهرى للأغشية

المسامية (المساحة المظلمة) %	الكثافة السطحية للألياف 10 /fiber μm	متوسط قطر الألياف nm	مجال الأقطار nm	عينة الغشاء
9.17	17	381.9	-175.5 753.6	1 بولي ستايرن، 20cm
12.86	10	644.6	-317.1 1157.4	2 بولي ستايرن، 15cm
13.12	14	603.6	-281.6 978.3	3 بولي ستايرن ذو الطبقتين
13.11	89	370.2	-182.5 659.2	4 بولي ستايرن مع داعمة

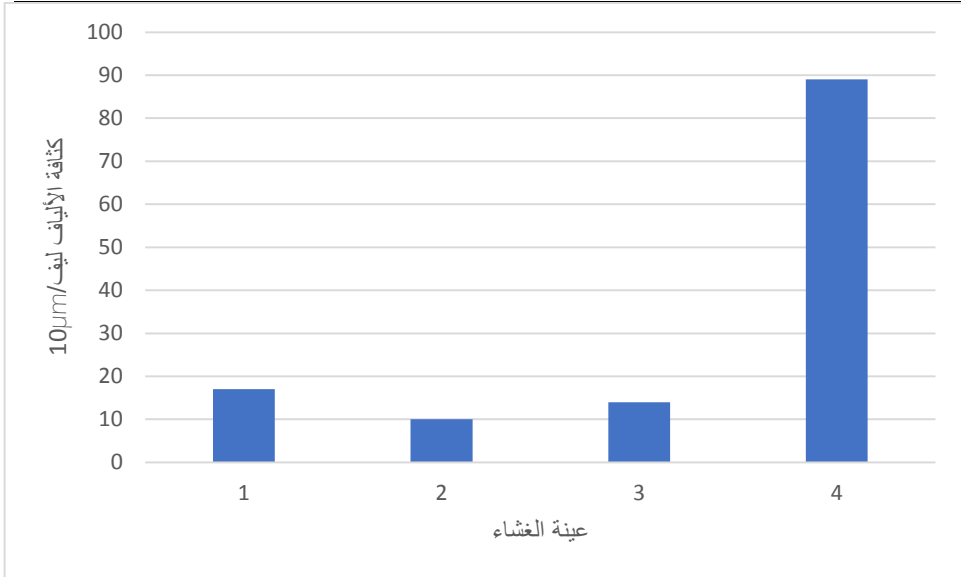


الشكل (12): مقارنة بين أقطار الألياف للأغشية

يلاحظ من الشكل (12) أن أقطار ألياف الغشاء 1 (مسافة عمل 20 cm) والغشاء 4 (ذو الطبقة الداعمة) كانت الأصغر وفق المقياس النانوي، بينما كانت أقطار الأغشية 2 و3 أعلى.

إن انخفاض مسافة التشغيل بين رأس النفخ والمجمع على جهاز الغزل بالنفخ أعطى أقطار أعلى، حيث كان متوسط قطر الغشاء 1 حوالي 381.9 nm ، بينما متوسط أقطار الغشاء 2 حوالي 644.6 nm .

أعطى الغشاء المؤلف من طبقتين متوسط قطر أكبر بمقدار 603.6 nm ، أما الغشاء ذو الطبقة الداعمة (ورقة الترشيح) فكان متوسط أقطار أليافه 370.2 nm وهو الأصغر بين الأغشية.

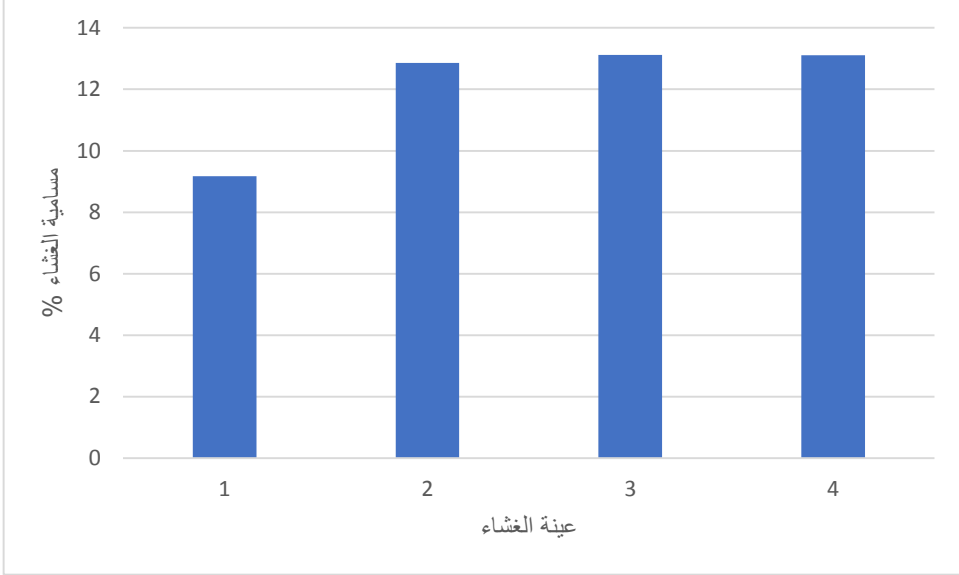


الشكل (13): مقارنة بين كثافة ألياف الأغشية

نجد من الشكل (13) أن قيم كثافة الألياف تتناسب مع قيم الأقطار، حيث أنه مع زيادة القطر تنخفض كثافة الألياف ضمن واحدة الطول.

بالنتيجة كانت كثافة الألياف في الغشاء 4 هي الأعلى بقيمة $89 \mu\text{m}/\text{fiber}$ ، يليه الغشاء 1 بكثافة $17 \mu\text{m}/\text{fiber}$ ، ثم الغشاء 3 بكثافة $14 \mu\text{m}/\text{fiber}$. وأصغر كثافة للألياف كانت للغشاء الأعلى قطراً بقيمة $10 \mu\text{m}/\text{fiber}$. كما هو موضح في الجدول (2).

تحسين خصائص الأغشية المصنعة والمستخدمة في معالجة المياه



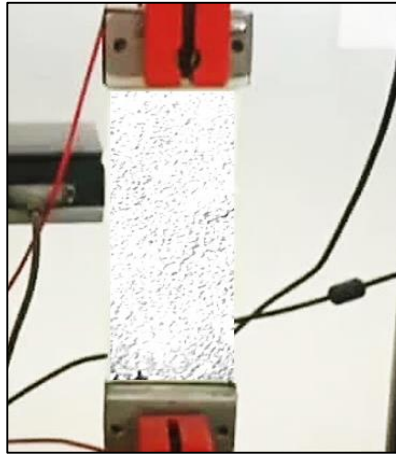
الشكل (14): مقارنة بين مسامية الأغشية

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. نجد من الشكل (14) أن قيم المسامية متقاربة للأغشية 2 و 3 و 4، بينما كانت منخفضة بشكل ملحوظ للغشاء 1 ونسبة 9.17%.

الاختبارات الميكانيكية والفيزيائية على الأغشية المصنعة:

- اختبار الشد والاستطالة:

أجري اختبار الشد والاستطالة على عينات الأعشبية حسب المواصفة القياسية (ASTM D5035-95)، حيث تم تثبيت العينات بين مقبضي جهاز الشد كما في الشكل (15)، وتشغيل الجهاز بحمل أولي 200 N. تم تسجيل قوة الشد العظمى F_{max} وقيمة الاستطالة. وكانت أبعاد العينة المدروسة (10*15 cm). نجد في الجدول (3) النتائج التجريبية لاختباري الشد و الاستطالة.

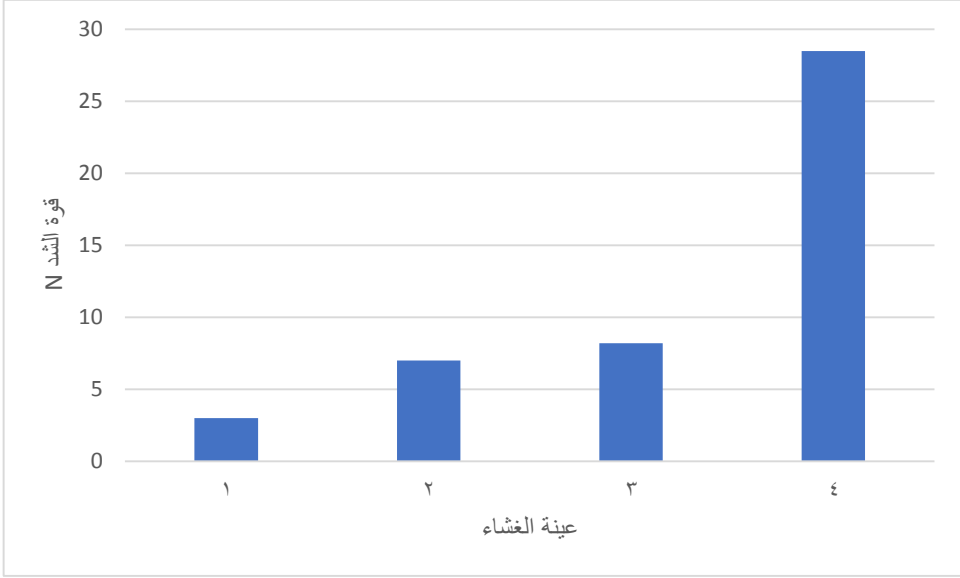


الشكل (15): أحد الأعشبية بين مقابض جهاز الشد

الجدول (3): نتائج اختبار قوة الشد والاستطالة للأعشبية

العينة	1	2	3	4
F_{max}	3	7	8.2	28.5
N				
الاستطالة %	3	3.5	3.5	8.2

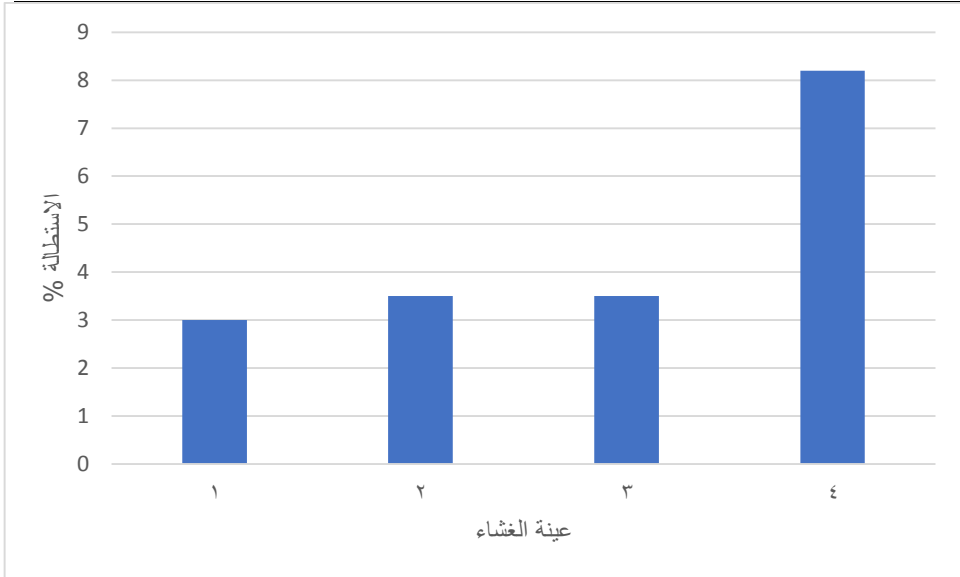
وجد في الشكل (16) نتائج الدراسة التجريبية للأغشية النانوية الأربع المصنعة مخبرياً" فيما يتعلق بقوة الشد و الاستطالة.



الشكل (16): مقارنة قوة الشد للأغشية

يلاحظ من الشكل (16) أن الغشاء النانوي رقم 4 أعطى أكبر قوة شد بقيمة 28.5 N ويعود ذلك لوجود الطبقة الداعمة، يليه الغشاء رقم 3 المكون من عدة طبقات من الألياف بقيمة 8.2N .

ويلاحظ بالنسبة للأغشية رقم 1 و2 أن قوة الشد للغشاء 2 أعطى أكبر من قوة شد الغشاء 1، حيث بلغت القيم على التوالي 7 N و 3 N.



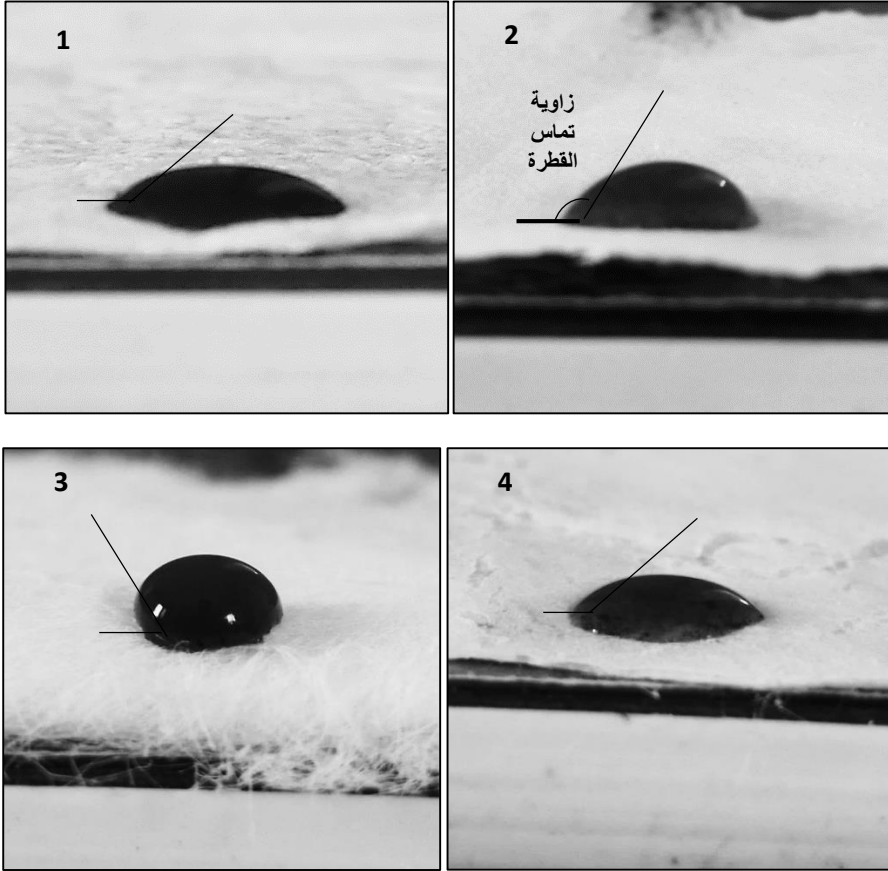
الشكل (17): مقارنة الاستطالة للأغشية

يلاحظ من الشكل (17) أن قيم الاستطالة كانت متقاربة للأغشية 1 و 2 و 3، بينما أظهر الغشاء 4 قيمة أكبر للاستطالة بمقدار 8.2% بسبب وجود الطبقة الداعمة.

- اختبار قابلية البلل :

يتم وضع قطرة من سائل الاختبار (الماء) على القماش كما في الشكل (18)، ثم يتم تقييم مقاومة البلل للنسيج بعد فترة زمنية معينة بقياس زاوية البلل باستخدام برنامج *mage jz*، وهي الزاوية بين محيط القطرة وخط التماس، وصولاً إلى تلاشي القطرة. حيث أنه بازياد زاوية التماس تزداد قابلية الغشاء للتبلل وفق المواصفة (GB/T30693-2014).

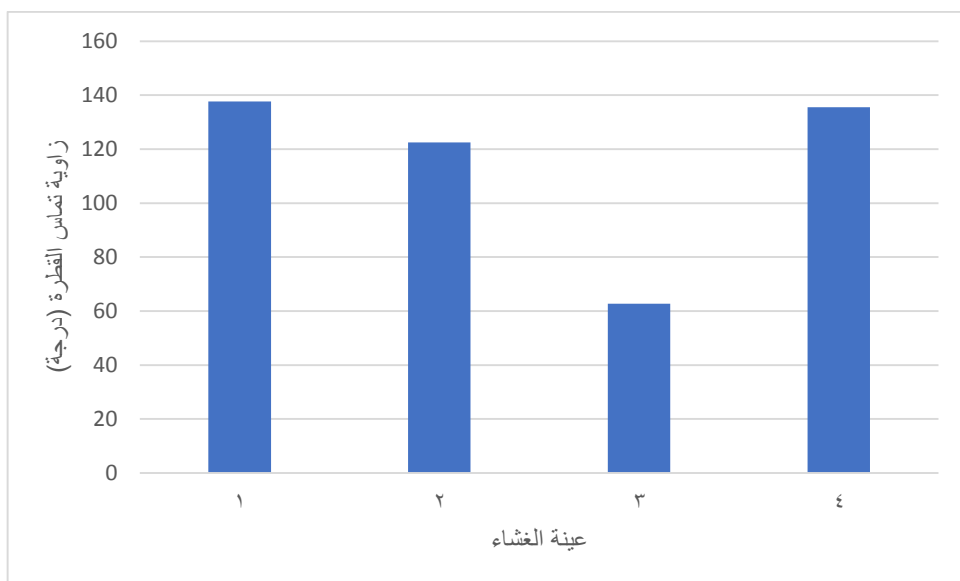
أما النتائج المتعلقة بحساب زاوية التماس موضحة في الجدول (4).



الشكل (18): صور العينات أثناء اختبار زاوية البلل

الجدول (4) يبين نتائج قياس زاوية التماس للأغشية

العينة	1	2	3	4
زاوية التماس (درجة)	137.6	122.5	62.7	135.5



الشكل (19): مقارنة قابلية البلل للأغشية

يلاحظ من الشكل (19) أن الغشاء 3 كان الأقل قابلية للبلل بزاوية تماس منخفضة 62.7 درجة، بينما أظهرت باقي الأغشية قابلية جيدة للبلل كانت أعلاها للغشاء 1 بزاوية تماس 137.6 درجة، يليه الغشاء 4 بزاوية تماس 135.5 درجة.

3.1 اختبار الأغشية المصنعة في ترشيح المعلقات الصلبة TSS:

تم القيام باختبار الأغشية المصنعة وتحديد فعاليتها في تخفيض نسبة المعلقات الصلبة في عينة مياه صناعية مأخوذة من المدينة الصناعية في حسياء. تم أخذ عينات لمياه صناعية من محطة المياه الصناعية في مدينة حسياء موضحة في الشكل (20)، حيث تحتوي على نسبة عالية من المعلقات. وأظهر التحليل الأولي أن نسبة TSS قبل المعالجة كانت 200 mg/l.



الشكل (20): عينات من مياه المحطة قبل المعالجة

تم استخدام خلية ترشيح مكونة من: الغشاء المصنع، بيشر، أرلينة لتجميع الراشح، مخلية هواء بضغط 1 bar. وتم إجراء الاختبارات لكل غشاء على حدة، وحساب الزمن اللازم للترشيح. ثم حساب قيمة تدفق المياه عبر كل غشاء وفق القانون:

$$P_{wf} = V / (t.A)$$

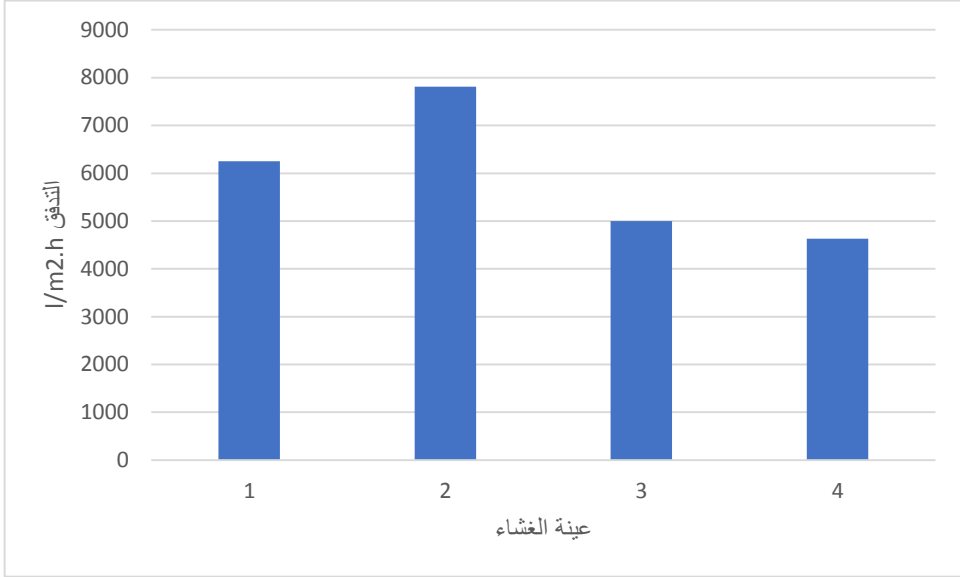
حيث: P_{wf} : معدل التدفق النوعي للراشح $l/m^2.h$ ، V : حجم الماء l ، t : زمن الترشيح h ، A : مساحة السطح الفعال في الغشاء ضمن منطقة الترشيح $3.2m^2$ وتساوي $0.0008m^2$

(اعتماداً على قطر الغشاء المختبر). نتائج حساب التدفق عبر الأغشية موضحة في الجدول (5).

الجدول (5): حساب تدفق المياه عبر الأغشية

العينة	1	2	3	4
كمية الماء ml	100			
الزمن sec	72	60	93	97
التدفق النوعي الراشح l/m ² .h	6250	7812.5	5000	4629.6

تحسين خصائص الأغشية المصنعة والمستخدمة في معالجة المياه



الشكل (21): مقارنة التدفق الراشح عبر الأغشية

يلاحظ من الشكل (21) أن التدفق الراشح عبر الغشاء 2 كان الأكبر، يليه الغشاء 1. تعتمد كمية الماء النافذ على سماكة الأغشية لذا أظهرت الأغشية المتعددة الطبقات 3 و4 نسبة تدفق نوعي راشح أقل من بين الأغشية الأربعة.

تم حساب نسبة ترشيح المعلقات الصلبة TSS من القانون:

$$TSS = \frac{(w_2 - w_1) \cdot 1000}{v}$$

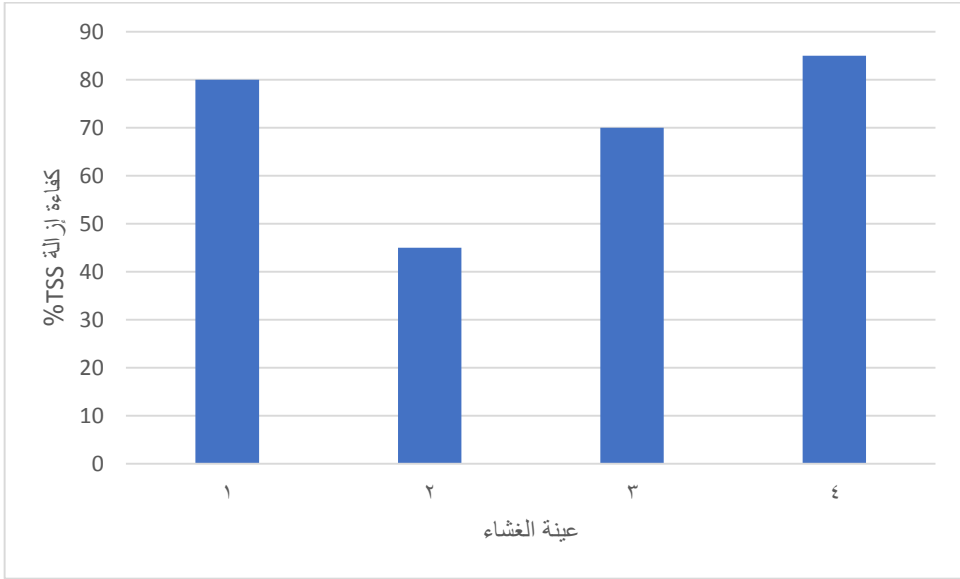
حيث: w_2 : وزن الغشاء الجاف بعد الترشيح والتجفيف، mg،

w_1 : وزن الغشاء الجاف قبل الترشيح، mg،

v : حجم المياه المرشحة ml. تم تدوين النتائج الحاصلة في الجدول (6).

الجدول (6): نتائج حساب كفاءة ترشيح TSS

كفاءة الإزالة %	TSS المحتجزة Mg/l	وزن الغشاء بعد الترشيح mg	وزن الغشاء قبل الترشيح mg	TSS الابتدائية Mg/l	نوع الغشاء
80	160	884	868	200	1 بولي ستايرن، 20 سم مسافة تشغيل
45	90	849	840	200	2 بولي ستايرن، 15 سم مسافة تشغيل
70	140	1744	1730	200	3 بولي ستايرن ذو طبقتين
85	170	1817	1800	200	4 بولي ستايرن مع طبقة داعمة



الشكل (22): مقارنة كفاءة الأغشية في إزالة TSS

يلاحظ من الشكل (22) أن كفاءة ترشيح المعوقات الصلبة TSS كانت الأعلى للغشاء 4 (ذو الطبقة الداعمة) حيث بلغت 85%، يليه الغشاء المرجعي من البولي ستايرن (مسافة عمل 20cm) وبلغت 80%. بينما أظهر غشاء البولي ستايرن (عند مسافة عمل 15cm) أقل كفاءة حيث بلغت 45%.

نجد في الجدول (7) مقارنة للأغشية النانوية المستخدمة في الدراسة التجريبية.

الجدول (7): خصائص الأغشية النانوية المختبرة الأفضل

الغشاء	قطر الألياف nm	الكثافة 1/fiber $\mu 0$	المسامية %	قوة الشد N	الاستطالة %	زاوية البلل	التدفق l/m ² .h	كفاءة ترشيح TSS%
1	381.9	17	9.17	3	3	137.6	6250	80
2	644.6	10	12.86	7	3.5	122.5	7812.5	45
3	603.6	14	13.12	8.2	3.5	62.7	5000	70
4	370.2	89	13.11	28.5	8.2	135.5	4629.6	85

4. الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

- أظهر الغشاء 4 (بولي ستايرن مع طبقة ترشيح داعمة) أفضل الخصائص الميكانيكية بين الأغشية من حيث قوة شد أعلى بقيمة 28.5 نيوتن واستطالة 8.2% ، بالإضافة إلى كفاءة ترشيح TSS بنسبة 85%. وقابلية ممتازة للبلل.
- أظهر الغشاء 3 (بولي ستايرن متعدد الطبقات) خصائص ميكانيكية جيدة أيضاً من حيث قوة شد بقيمة 8.2 N واستطالة 3.5 % مع كفاءة ترشيح TSS 70%.
- أما الغشاء 2 (بولي ستايرن، مسافة عمل 15 cm) كان الأقل كفاءة في الترشيح بنسبة 45%، وقوة شد منخفضة بقيمة 7 N واستطالة 3.5 %.

- الغشاء 1 (بولي ستايرين، مسافة عمل 20 cm) كان الأقل جودة من حيث الخصائص الميكانيكية بقوة شد منخفضة وصلت حتى 3 N واستطالة % 3. إلا أنه أبدى قابلية ممتازة للبلل.

بالنتيجة إن تصنيع أغشية متعددة الطبقات يحسن بشكل جيد من خصائص تحمل الغشاء للشد والاستطالة، كما يزيد من كفاءة الترشيح. إلا أن زيادة عدد الطبقات يخفض قابلية البلل وتدفق الراشح عبر الغشاء.

التوصيات:

- 1- إجراء دراسات موسّعة على أنواع أخرى من البوليميرات والمواد المضافة (مثل أكاسيد المعادن أو الكربون النانوي) بهدف تحسين أداء الأغشية النانوية من حيث النفوذية والانتقائية وعمر الاستخدام.
- 2- دراسة تأثير العوامل البيئية مثل درجة الحرارة، والحموضة، والملوحة على كفاءة الأغشية النانوية، لتحديد الظروف الأفضل للتشغيل.
- 3- تحليل عمر الغشاء وجودته بعد الاستخدام المتكرر، لتقييم قدرة الأغشية على الحفاظ على كفاءتها دون الحاجة للاستبدال المستمر.
- 4- تقييم الجوانب الاقتصادية لتصنيع وتشغيل الأغشية النانوية مقارنة بالطرق التقليدية في تنقية المياه، لتحديد مدى جدواها الصناعية والتجارية.

5. المراجع:

- 1- F. Ferella, M. Prisciandaro, I. De Michelis, F. Veglio, (2007). Removal of heavy metals by surfactant-enhanced ultrafiltration from wastewaters, *Desalination* 207, 125–133.
- 2- E. Samper, M. Rodríguez, M.A. De la Rubia, D. Prats, (2009). Removal of metal ions at low concentration by micellar-enhanced ultrafiltration (MEUF) using sodium dodecyl sulfate (SDS) and linear alkylbenzene sulfonate (LAS), *Sep. Purif. Technol.* 65, 337–342.
- 3- S. Mondal, S.B. Mlouka, M. Dhahbi, S. De, (2011). A physico-chemical model for polyelectrolyte enhanced ultrafiltration, *J. Membr. Sci.* 376, 142–152.
- 4- D.J. Ennigrou, L. Gzara, M.R.B. Romdhane, M. Dhahbi, (2009). Cadmium removal from aqueous solutions by polyelectrolyte enhanced ultrafiltration, *Desalination* 246, 363–369.
- 5- Chung, H. L. (2014). Membrane process.
- 6- Munir, A. (2006). Dead end membrane filtration. *Laboratory Feasibility Studies in Environmental Engineering*, 33, page 1-33.
- 7- M. W. Issa. (2014). *Water Treatment Book for Third Year Students*, Department of Chemical Engineering, Al-Baath University.
- 8- 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.
- 9- Z. Amjad, (1993). *Reverse Osmosis: Membrane Technology, Water Chemistry & Industrial Applications*, Chapman & Hall, Norwell, MA, 1993.
- 10- C.Y. Tang, T. Chong, A.G. Fane, (2011). Colloidal interactions and fouling of NF and RO membranes: A review, *Adv. Colloid Interface Sci.* 164, 126–143.

- 11- J. Huang, K. Zhang, (2011). The high flux poly (m-phenylene isophthalamide) nanofiltration membrane for dye purification and desalination, *Desalination* 282,19–26.
- 12- M. Luo, J. Zhao, W. Tang, C. Pu, (2005). Hydrophilic modification of poly (ether sulfone) ul-trafiltration membrane surface by self-assembly of TiO₂ nanoparticles, vol. 249, 2005 76–84.
- 13- B. Moermans, W. De Beuckelaer, I.F.J. Vankelecom, R. Ravishankar, J.A. Martens, P.A. Jacobs, (2000). Incorporation of nano-sized zeolites in membranes, *Chem. Commun.* (24), 2467–2468.
- 14- Chou. W.L. et al. (2005) The preparation and characterization of silver-loading cellulose acetate hollow fiber membrane for water treatment. *Polymer. Adv. Tech.* 16 (8), 600–607.
- 15- Yilun Liu a, and Xi Chen. (2013). High permeability and salt rejection reverse osmosis by zeolite nano-membrane. doi:10.1039/C3CP43854F.
- 16- Liu X et al., (2019) Interpenetrating Nano fibrous Composite Membranes for Water Purification. *ACS Appl, Nano Mater.* 2019, 2, page 3606–3614.
- 17- 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.
- 18- Kuo Sun, Qiang Lyu, Xiangyong Zheng, Renlan Liu, Chuyang Y. Tang, Min Zhao, Yingchao Dong. (2024). Enhanced water treatment performance of ceramic-based forward osmosis membranes via MOF interlayer. *Vol: 254, 1 May 2024, 121395.*

معالجة مياه محطة تنقية مياه الشرب في دير الزور باستخدام فحم فعال

محضر من نوى الزيتون

اعداد : آلاء الخضر

اشراف : أ.د. محمد هلال ، د. نوفة جمعة

الملخص

تمّ في هذا البحث تحضير الفحم الفعّال عبر كَرينة نوى الزيتون وتثبيته بطرق كيميائية وحرارية، ومن ثمّ اختباره كمادة مازة لإزالة الملوثات المتبقية في مياه الشرب المعالَجة كالمُلوثات العضوية، العكارة، والملوثات اللاعضوية. كما تشمل الدراسة تحليل خصائص الفحم الفعّال المحضّر من نوى الزيتون، من حيث المسامية، مساحة السطح، والمجموعات الفعّالة، وتقييم كفاءته في إزالة الملوثات من مياه الشرب المعالَجة ومقارنة النتائج مع المعايير البيئية المحلية والدولية. أظهرت النتائج التجريبية أنّ الفحم المحضّر المذكور يمتلك خصائص امتزايه جيدة، وأثبت كفاءته في إزالة ملوثات متعددة من المياه الخارجة من محطات التنقية في دير الزور، حيث تم تحقيق إزالة تجاوزت 60% في بعض المعايير مثل COD. كما تبين أنّ كفاءة الإزالة تعتمد على الظروف التشغيلية مثل الزمن، التركيز الابتدائي، وأن زمن الامتزاز الأفضل بالنسبة للمعالجة بالفحم المحضّر المذكور هو 90 min وذلك لأغلب المؤشرات، بينما كانت جُرعة الفحم الأنسب 1.5g. تُوصي الدراسة بتبني استخدام الفحم الفعّال المحضّر كمادة معالَجة مساعدة في محطات تنقية مياه الشرب، لما له من فعالية، ولتوافر مواده الاولية، وذو تكلفة منخفضة، مما يجعله خياراً مستداماً لمعالَجة المياه في المناطق ذات الموارد المحدودة.

الكلمات المفتاحية: معالجة مياه، محطة تنقية، الفحم الفعّال، نوى الزيتون، ديرالزور.

Treating Drinking Water at a Water Purification Plant in Deir ez-Zor Using Activated Charcoal Prepared from Olive Pits.

Abstract

In this research, activated carbon was prepared by carbonizing the nuclei and activating them using chemical and thermal methods, and then tested as an adsorbent to remove residual pollutants in treated water, such as organic pollutants, turbidity, and inorganic pollutants. Also, the study included analyzing the properties of activated carbon prepared from the olive pits in terms of porosity, surface area, and active groups, and evaluating its efficiency in removing pollutants from treated water by comparing the results with local and international environmental standards. The experimental results showed that the carbon prepared from olive pits has good adsorption properties, and has higher efficiency in removing several pollutants of the water coming out of purification plants in Deir Ezzor. So, more than 60 % of the excess has removed for some standards as COD. In addition, it was also shown that the removal efficiency depends on operational conditions such as time, initial concentration, and that optimal adsorption time for treating by the activated carbon was of 90 min for plurality of the standards, while the optimal activated carbon quantity was 1.5 g. The study recommends the use of locally produced activated carbon as an auxiliary treatment material in purification plants, given its effectiveness, availability of raw materials, and low cost, making it a sustainable option for water treatment in resource-limited areas.

Keywords: Water treatment, Purification plant, Activated charcoal, Seeds of Olives, Deir -Ezzor.

1- مقدمة Introduction

تُعد المياه الصالحة للشرب من أهم مقومات الحياة والاستقرار البشري، ويزداد الطلب عليها مع تزايد عدد السكّان، وتوسّع النشاطات الزراعيّة والصناعيّة. يُمثّل نهر الفرات في محافظة دير الزور المصدر الأساسي، وربما الوحيد لمياه الشرب والاستخدامات اليومية، مما يجعل جودة مياهه أمراً بالغ الأهمية في الحفاظ على الصحة العامة وسلامة البيئة. تُعاني المحافظة من تحديات متفاقمة تتعلّق بتلوّث مياه نهر الفرات، نتيجة تراكم الملوثات المختلفة وتراجع كفاءة بعض محطات التنقية الحالية، مما يؤدي إلى إنتاج مياه غير مطابقة للمعايير الصحية المطلوبة. من هنا، تبرز الحاجة في هذا الإطار إلى تعزيز كفاءة عمليات وحدات معالجة المياه من خلال إدخال تقنيات مبتكرة وفعّالة و قادرة على تحسين نوعية المياه المعالّجة، ومن بين هذه التقنيات الواعدة في هذا المجال، تبرز تقنيّة الامتزاز باستخدام الفحم الفعّال. حيث يعتبر استخدام الفحم الفعّال من الطرق الحديثة والفعّالة في عدة مجالات في معالجة مياه الصرف الصناعي والصحي [1] ، أو استخدامه في المجال الطبي في علاج حالات التسمم لقدرته العالية على امتزاز المواد السامة [2]. كما يمكن أن يستخدم كحفّاز وداعم للحفّاز في مجال تنقية المياه [1]، بفضل قدرته العالية على امتزاز الملوثات العضوية واللا عضوية. تزداد أهمية استخدام الفحم الفعّال عند توافر مواد تحضيره الأولية محلياً. من هنا، تأتي أهمية هذا العمل الذي يتبنّى تقنيّة تحضير الفحم الفعّال من نوى الزيتون، التي تعتبر مخلفات زراعية متوافرة بكثرة في المنطقة، مما يُكسب طريقة تحضيره بعداً اقتصادياً، صديقاً للبيئة، ومستداماً.

تتمثّل مشكلة البحث في ضعف كفاءة المعالّجة النهائية للمياه الخارجة من محطات التنقية في دير الزور، وعدم القدرة على إزالة بعض الملوثات الضّارة بشكل فعّال مما يسبب ضرراً جسيماً على صحة سكان المحافظة الذي يقدر بمئات الالاف. كما إنّ الاعتماد على المواد المستوردة - فحم تجاري مستورد- لاستخدامه في محطات معالجة وتنقية المياه يزيد العبء الاقتصادي. بالتالي، تأتي أهمية الحاجة إلى تطوير مادة معالّجة فعّالة تكون محلّيّة الصنع، قادرة على إزالة الملوثات بكفاءة عالية وبتكلفة منخفضة، ممّ يُسهّم في تحسين الخواص الفيزيائية والكيميائية للمياه المعالّجة، وحقّق التوازن بين الكفاءة التقنيّة والمتطلبات البيئية والجدوى الاقتصادية.

تناولت العديد من الدراسات والأبحاث العلميّة طرق تحضير الفحم الفعّال من المخلفات الزراعية المختلفة واستخدامه في معالجة المياه، ففي دراسة لعام 2013 تضمّنت تحضير الفحم الفعّال من عدّة مخلفات نباتية كقشور الرمان والبَلوط والجوز واختبارها في امتزاز صِبَاغ أزرق الميثيلين ومقارنتها مع نموذج من الفحم التجاري من شركة B.D.H. أشارت النتائج إلى أنّ خصائص جميع نماذج الفحم المحضّرة في هذه الدراسة كانت أفضل من خصائص الفحم التجاري المستورد، وخاصة فحم قشور البَلوط كونها تتمتع بصلادة عالية، حيث بلغت السعة الامتزازية 247 ملغ/غ والرّمق اليودي 649 ملغ/غ ومحتوى رماد 1% [3]. وأجريت دراسة في عام 2016 لبحث إمكانية إزالة مادة خماسي كلورفينول (PCP) من المحاليل المائية والذي يعتبر من المركبات ذات التأثير السام ويتواجد كمنتج ثانوي أثناء تعقيم مياه الشرب وذلك بالامتزاز على الفحم المحضّر من نوى التمر، أثبتت النتائج الحاصلة، قدرة الفحم الفعّال المحضّر على امتزاز مادة خماسي كلورفينول من المحاليل المائية بكفاءة عالية بحيث يمكن استخدامه عوضاً عن المواد الأكثر كلفة [4]. في نفس السياق في عام 2020، قُدّمت دراسة تضمّنت اختبار امتزاز أيونات النترات من الماء باستخدام الفحم الفعّال المحضّر من نوى الزيتون، حيث قامت الباحثة بتحضير الفحم وتنشيطه كيميائياً باستخدام كلوريد الزنك. أظهرت النتائج أنّ الفحم المنشط يمتاز النترات من الماء بفعالية عالية بما يعادل أربعة أضعاف سعة امتزاز الفحم المنشط التجاري [5]. في العام 2024، نُشرت دراسة تضمّنت استخدام فحم منشط مُعد من بذور الزيتون لإزالة بقايا المنظفات من مياه الصرف الصحي المعالجة. أظهرت الدراسة قدرة الفحم على تقليل تركيز المنظفات إلى أقل من 5 ملغ/لتر، مما يجعله مناسباً لإعادة استخدام المياه في الري أو تغذية المياه الجوفية [6]. تم إجراء بحث - في عام 2025 - يتضمّن دراسة إمكانية استخدام نوى الزيتون لإنتاج الكربون الفعّال لاستخدامه في معالجة مياه محطات التنقية. أظهرت النتائج أنّ هذا الفحم المحضّر صديق للبيئة ذو مواد أولية متجددة و حلاً مستداماً للتخلص من المخلفات الزراعية من جهة واستخدامه في محطات معالجة تنقية المياه من جهة أخرى [7].

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

تتجلّى أهمية هذا البحث، أنّه يقدّم حلولاً عمليّة و اقتصادية، وصديقة للبيئة، تتمثّل في استخدام مادة الفحم الفعّال في مجال معالجة مياه محطات التنقية. يتميّز الفحم الفعّال بأنّه ذو مساميّة

عالية، يُستخدم على نطاق واسع في عمليات الامتزاز وإزالة الملوثات من المياه. ويُنتج من مصادر كربونية طبيعية مثل الخشب و المخلفات الزراعية. أثبتت الدراسات أنّ المخلفات الغنية بالكربون، مثل نوى الزيتون، يُمكن أنّ تُحوّل إلى فحم فعّال ذي كفاءة امتزازية عالية باستخدام معالجة حرارية مناسبة. تتوافر هذه المواد بكثرة في مناطق عديدة من سوريا، وخاصة في محافظة دير الزور والمناطق المحيطة بها، ممّا يجعلها مصدراً محلياً منخفض التكلفة لإنتاج الفحم الفعّال. تكمن أهمية هذه الدراسة في دمج تقنيتين مهمتين معاً: المعالجة البيئية للمياه، وإعادة تدوير المخلفات الزراعيّة بهدف تحقيق الاستدامة البيئية والاقتصادية.

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

- i. تحضير فحم فعّال من نوى الزيتون - مخلفات زراعية متوافرة بكثرة محلياً - باستخدام طرق فيزيائية وكيميائية مناسبة.
- ii. تعيين الخصائص الفيزيائية والكيميائية للفحم الفعّال المحضّر من نوى الزيتون، تتضمن تحديد المساحة السطحية والمسامية والمجموعات الفعّالة.
- iii. تقييم كفاءة الفحم الفعّال المحضّر من نوى الزيتون، في إزالة الملوثات كالمواد العضوية و اللاعضوية و العكارة من مياه محطات التنقية في دير الزور.

3- مواد وطرق البحث **Materials and the research methods**:

3-1- المواد المستخدمة في الدراسة:

- نوى الزيتون (Olive Pits): تُعدُّ نوى الزيتون - كتركيب كيميائي - من المواد الغنيّة بالمركّبات العضويّة، التي تجعل منها مادة أولية ممتازة لتحضير الفحم الفعّال. عموماً، 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 الكرىنة.

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

- استخدمت المواد الكيميائية التالية خلال إجراء التجارب:

- ماء مقطر - حمض كلور الماء HCl (ذو تركيز %37) - هيدروكسيد الصوديوم NaOH -
- كواشف كيميائية لتقدير بعض مؤشرات المياه (كاشف تقدير الأمونيا- كاشف تقدير الكلور الحر- كاشف تقدير النتريت - كاشف تقدير النترات - كاشف تقدير الكبريتات).

2-3- الدراسة التجريبية Experimental Study:

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

استخدمت الأجهزة والأدوات التالية في الدراسة التجريبية في عمليات تحضير الفحم الفعّال من نوى الزيتون، وهي : مجفف حراري - مرمدة (فرن حرق) - ميزان حساس إلكتروني - مسخّن ومحرك مغناطيسي - أرلينات و بياشر وسليندر وأقماع زجاجية وجفّات بورسلان - ورق قصدير - هاون بورسلان - جهاز التحليل بالأشعة تحت الحمراء (FTIR) - جهاز قياس العكارة بوحدة NTU - جهاز تحليل الطيف المرئي فوق البنفسجي (سبيكترو فوتومتر DR3900) - جهاز جار (JAR) - أوعية نظيفة ومعقّمة لحفظ عينات الفحم - جهاز المجهر الإلكتروني الماسح - (SEM) جهاز قياس pH - جهاز قياس الناقلية الكهربائية النوعية و TDS.

2-2-3- مراحل الدراسة التجريبية

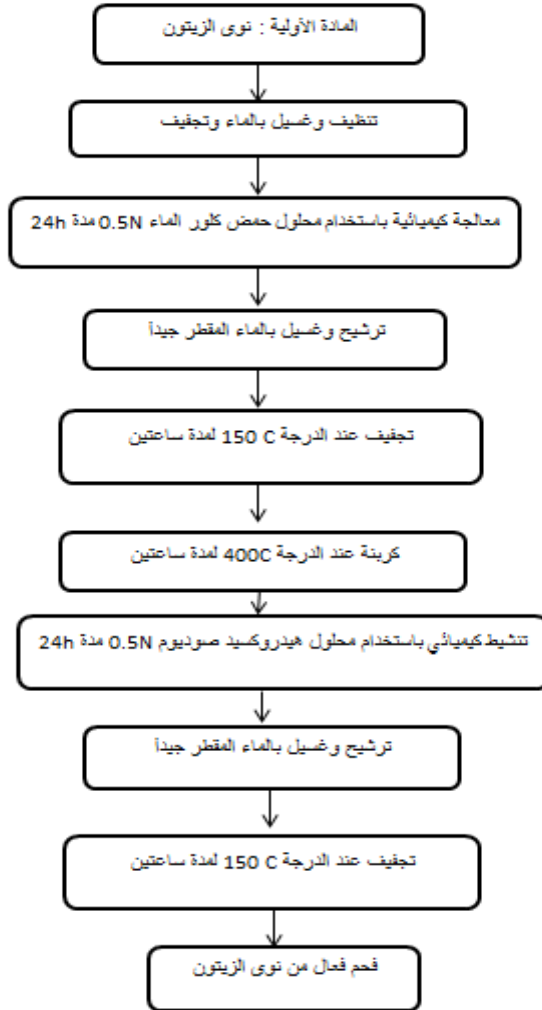
1-2-2-3- تحضير عينات الفحم الفعّال: تتضمّن عملية تحضير الفحم المراحل التالية:

(1)- تهيئة المادة الأولية:

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

(2)- عملية الكربنة (التفحيم) والتنشيط الكيميائي لنوى الزيتون:

يُبين الشكل (1) المخطط الصندوقي - تسلسل مراحل - لعملية الحصول على عينات الفحم من نوى الزيتون.



الشكل (1) المخطط الصندوقي لعملية الحصول على عينات الفحم من نوى الزيتون.

تمت عملية الحصول على عينات الفحم وفق التسلسل التالي: أخذت العينات المنظفة والمجففة في مرحلة التحضير الأولى، عند الدرجة 105°C إلى فرن تجفيف حراري، ومن ثم تم طحن النوى إلى قطع صغيرة وتمت معالجتها بحمض كلور الماء، حيث عُمرت في محلول حمض كلور الماء ذو التركيز 0.5 N لمدة 24 ساعة من الزمن، رُسحت بعد ذلك العينات وغُسلت جيداً بالماء المقطر عدّة مرات حتى التأكد من خلو السائل الراشح من شوارد الكلوريد، بعد اتمام عملية الترشيح جُففت العينات من جديد عند درجة حرارة المخبر، ثم وُضعت عند الدرجة 150

$^{\circ}\text{C}$ حتى ثبات الوزن ليوم كامل. من ثم نُقلت إلى مرمدة (فرن حرق) لتفحيمها عند الدرجة $^{\circ}\text{C}$ 400 لمدة ساعتين بوسط حامل وفق برنامج حراري بمعدّل تسخين ($^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 15)، 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 $^{\circ}\text{C}$ 150 لمدة ساعتين، ومن ثم الحصول على عينات الفحم الفعّال من نوى الزيتون، وحفظهما في عبوات بلاستيكية لحين لاستخدام.

3-2-2-2- توصيف الفحم الفعّال المحضّر من نوى الزيتون:

إنّ تحديد وتعيين الخصائص الفيزيائية والكيميائية والهيكلية لأي مادة مازة امراً ضرورياً للمساهمة في فهم ظاهرة الامتزاز من أجل تحدي استخداماته ولاسيما في تطبيقات المعالجة البيئية، تتّمتل 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 الممتّزة من محلوله المائي بواسطة غرام واحد من الفحم الفعّال، حيث تمّ وزن غرام واحد من الفحم الفعّال المحضّر من نوى الزيتون، ووُضعت في أرلينة سعة 250 ml على مسخّن ومحرّك وأضيف له 10 ml من محلول حمض كلور الماء 3%، ليتمّ التسخين إلى درجة الغليان لأقل من دقيقة واحدة، ثمّ التبريد إلى درجة حرارة المخبر الوسطية $^{\circ}\text{C}$ 25، وأضيف بعد ذلك 100 ml من محلول اليود 0.1 N مع التحريك المغناطيسي لمدة نصف ساعة. بعد ذلك تم ترشيح العينات، جُمع حجم مقداره 25ml من السائل الرّاشح بعد إهمال 25ml الأولى وتمّت معايرة الحجم المقطّر باستخدام محلول 0.1N من ثيوسلفات الصوديوم ويوجد مطبوع النشاء ككاشف. حُسب حجم محلول ثيوسلفات الصوديوم المستهلك من السحاحة، وتمّ حساب وزن اليود الممتز من قبل الفحم الفعّال باستخدام المعادلتين (1) و (2):

$$(1) \quad \text{ثيوسلفات} \quad N_1 \cdot V_1 = N_2 \cdot V_2 \quad (\text{يود})$$

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

أظهرت النتائج المحسوبة قيمة للرقم اليودي للفحم الفعّال المستخدم: 560.5 mg/g.

(2)- قياس الكثافة:

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

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

بيّنت القياسات التجريبية للكثافة للفحم الفعّال المستخدم، إنها مساوية 10.5 g/cm^3
3- تحديد النسبة المئوية للرماد:

تمّ وزن 10g من الفحم الفعّال بعد التجفيف إلى 105°C في جفنة بورسلانية معلومة الوزن مسبقاً، ثمّ وضعت في فرن حرق عند الدرجة 1000°C لمدة ثلاث ساعات، و تُرُكت لتبرد، ثم وُزنت بواسطة ميزان حساس وتمّ حساب وزن الرماد المتبقي، علماً أنّه تمّ حساب النسبة المئوية للرماد لعينة الفحم الفعّال المحضّر من خلال المعادلة (4):

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

وقد أظهرت القياسات التجريبية، قيمة لنسبة الرماد للفحم الفعّال المستخدم: 10.2%.
4- تقدير النسبة المئوية للرطوبة:

تمّ وزن 10g من الفحم الفعّال وُضعت 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):

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

بالنتيجة، أظهرت القياسات التجريبية قيمة لنسبة الرطوبة للفحم الفعّال: 10.5%.

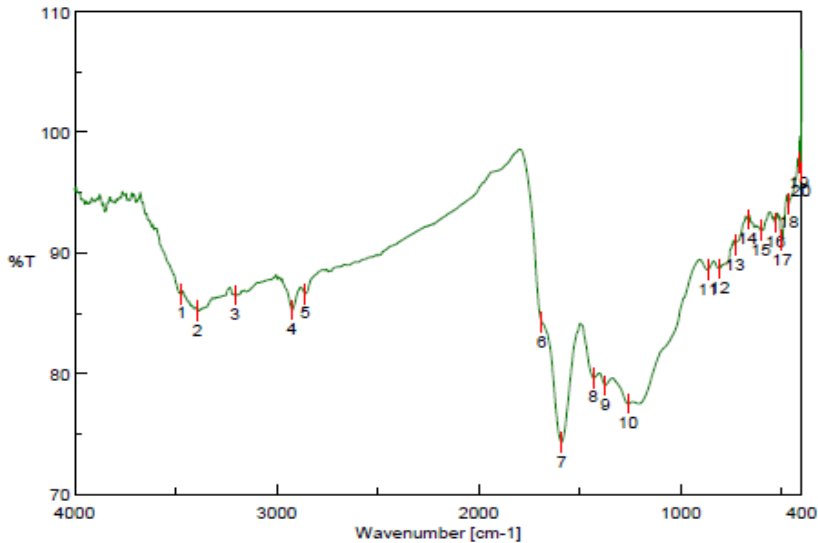
5- تحديد pHs سطح الفحوم الفعّالة:

قيست PH سطح عينات الفحم الفعّال المحضّر من نوى الزيتون والفعّالة كيميائياً بحمض كلور الماء وهيدروكسيد الصوديوم بواسطة ورق PH، حيث تمّ وضع 1.0g من الفحم الفعّال الجاف في أربينة سعة 250ml وأضيفت لها 100ml ماء مقطّر، وسُخّن المزيج حتى الغليان لمدة

10min، بعدها رُشّح وعُيّنَت قيم PH الرشاحة. بيّنت النتائج التجريبية أنّ قيم pHs لعينات الفحم الفعّال المحضّر من نوى الزيتون مساوية ل 7.2.

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

يُفيد جهاز مطياف الأشعة تحت الحمراء (FTIR) في التعرف على التركيبة الكيميائية للكربون الفعّال وأهم المجموعات الوظيفية الموجودة فيه، كما يعتمد التحليل الطيفي باستخدام الأشعة تحت الحمراء على امتصاص الأشعة بواسطة المادة المراد تحليلها، ليُسمح بالكشف عن الاهتزازات المميزة للروابط والوظائف الكيميائية الموجودة في المادة. حيث تمّ أثناء التحليل، تسجيل طيف الأشعة تحت الحمراء باستخدام تقنية FTIR لعينة الفحم، بهدف تحديد المجموعات الوظيفية المتبقية بعد عملية التحميم، وتقييم طبيعة البنية الكيميائية للعينة والموضّحة في الشكل (2).

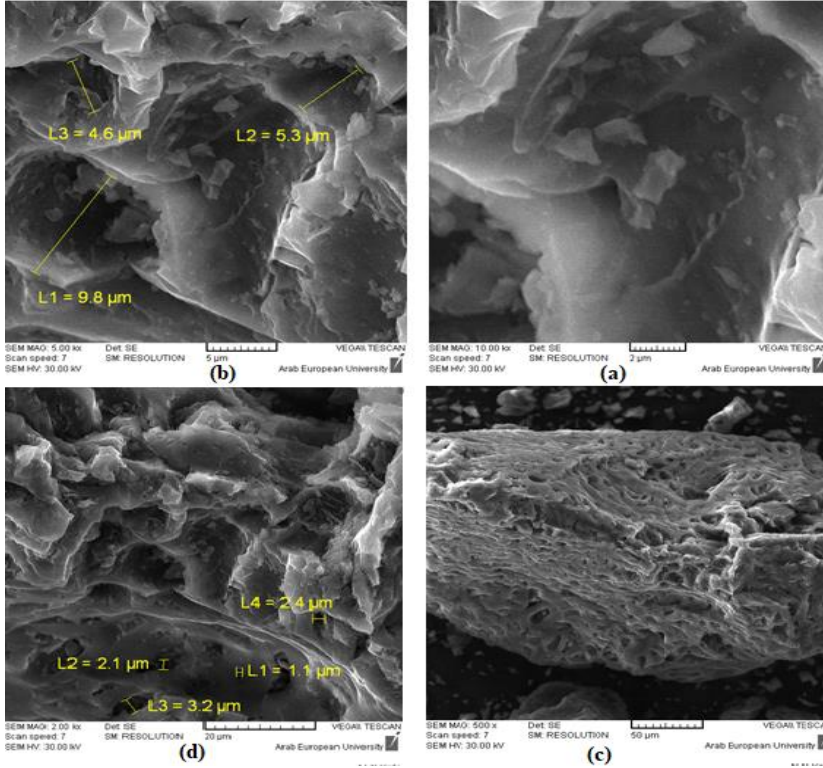


الشكل (2) يوضّح المجموعات الوظيفية في الفحم المنشط المحضّر من نوى الزيتون.

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

تمّ استخدام المجهر الإلكتروني بهدف دراسة بنية السطح لعينة الفحم الفعّال في مخابر هيئة الطاقة الذرية بدمشق. أظهرت نتائج صور المجهر الإلكتروني الماسح SEM - للفحم المحضّر من نوى الزيتون- مسامية كبيرة ومنتظمة نسبياً، حيث يتراوح حجم المسام المقاسة بين المتوسطة

والكبيرة بقطر $(1.1-3.2) \mu\text{m}$ ، وبينما يبدو التركيب السطحي خشناً مع وجود تجاويف واسعة، كما موضّح في الشكل (3).



الشكل (3) يبين صور المجهر الالكتروني الماسح للفحم الفعال المحضّر من نوى الزيتون. 3-2-2-3- معالجة عينات من مياه محطة التنقية المدروسة لاختبار القدرة الامتزازية للفحم المنشط المحضّر:

في الدراسة التحليلية، تم أخذ عينات من المياه الخارجة من مخرج إحدى محطات التنقية وتحديداً المحطة 53 التي تمتد أغلب أحياء المدينة بمياه الشرب وتحليلها في مخبر المؤسسة العامة لمياه الشرب والصرف الصحي بدير الزور كما هو مبين في الجدول (1)

الجدول (1) يوضّح نتائج تحليل عينات من مياه محطة التنقية 53

نتيجة التحليل	الوحدة	الرمز	المكوّن
7.4	-	Ph	الرقم الهيدروجيني
8.7	NTU	TUR	العكارة
986	$\mu\text{s}/\text{cm}$	Cond	الناقلية
151	mg/l	T.H	القساوة الكلية
597	mg/l	T.D.S	مجموع المواد الصلبة المنحلة
0.6	mg/l		الكلور الحر المتبقي:
160	mg/l	SO_4^{-2}	الكبريتات
0.28	mg/l	NH_4^+	الأمونيا
0.05	mg/l	NO_2^-	النتريت
4.9	mg/l	NO_3^-	النترات
2.8	mg/l	COD	الأوكسجين الكيميائي

الجدول (2) المواصفة القياسية السورية رقم 45 للعام 1994 الخاصة بمياه الشرب [9].

الحد الأقصى المسموح به	الوحدة	الرمز	المكوّن
6.5-8.5	-	Ph	الرقم الهيدروجيني
5	NTU	TUR	العكارة
1500	$\mu\text{s}/\text{cm}$	Cond	الناقلية
500	mg/l	T.H	القساوة الكلية
1000	mg/l	T.D.S	مجموع المواد الصلبة المنحلة
0.2-0.4	mg/l		الكلور الحر المتبقي:
0.5			أ- الحالات العادية
			ب- حالات الطوارئ
250	mg/l	SO_4^{-2}	الكبريتات

0.05	mg/l	NH ₄ ⁺	الأمونيا
0.01	mg/l	NO ₂ ⁻	النتريت
10	mg/l	NO ₃ ⁻	النترات
2	mg/l	COD	الأوكسجين الكيميائي

بهدف إجراء التجارب والتحليل لقياس المؤشرات التالية (العكارة والناقلية والنترات والنترت والأمونيا والكلور الحر والكبريتات و COD) الخاصة بعينات مياه الشرب المدروسة، بهدف إجراء مقارنتها مع قيمها حسب المواصفات القياسية السورية لمياه الشرب رقم (45) للعام 1994 المبيّنة بالجدول (2). بيّنت نتائج الدراسة التحليلية وبعد المقارنة بين قيم الجدولين (1) و(2)، أنّ عينات المياه المأخوذة من المحطة المدروسة 53، غير صالحة للشرب بالنسبة لبعض المؤشرات، حيث وُجد أنّ قيم الأمونيا والنترت والكلور الحر المتبقي والعكارة و (COD) الخاصة بها غير مطابقة للمواصفات القياسية، وبالتالي كان من الضروري استخدام تقنيات جديدة لمعالجة هذا المشكلة الهامة والتي تتعلّق بحياة السكان المحليين، إحدى أهم هذه التقنيات معالجة مياه الشرب بالامتزاز على الفحم الفعّال.

3-2-4- معالجة عينات من مياه محطة التنقية لاختبار القدرة الامتزازية للفحم المنشط المحضّر:

أجريت المعالجة بالامتزاز على الفحم الفعّال المحضّر من نوى الزيتون عند جرعات متزايدة من الفحم وأزمنة متزايدة على سلسلتين من التجارب، وذلك مع التحريك بسرعة 200 دورة بالدقيقة وعند درجة حرارة المخبر الوسطية 25⁰C.

أولاً- تغيير جرعة الفحم الفعّال:

تمّ دراسة تأثير إضافة جرعات متزايدة من الفحم على تغيّر تراكيز مؤشرات المياه المعالّجة عند زمن ثابت ساعة واحدة وبدرجة حرارة المخبر 25⁰C. تمّ إجراء التحاليل الفيزيائية والكيميائية للمياه المعالّجة عند جرعات فحم منتجة من نوى الزيتون تراوحت ضمن المجال 250 / g (0.5 - 2.5)ml، علماً أنّ المؤشرات المحلّلة للمياه المعالّجة هي:

- المؤشرات الفيزيائية (عكارة و ناقلية و pH و TDS).
- المؤشرات الكيميائية (الأمونيا - النترات-النترت- الكلور الحر - الكبريتات).
- المؤشرات العضوية (COD).

ثانياً- تغيير زمن الامتزاز:

تمّ في هذه السلسلة، دراسة تأثير زمن الامتزاز على تغيير تراكيز مؤشرات المياه المعالجة عند درجة حرارة المخبر وجرعة الفحم المثلى من حيث كفاءة المعالجة، وهي 1.5 غرام للزيتون مع تغيير الزمن ضمن مجال يتراوح بين 120 - 15 min بعد اجراء الامتزاز عند جرعة فحم محددة وأزمنة امتزاز مختلفة، تمّ ترشيح العينات المعالجة من المياه على ورق ترشيح $0.4\mu\text{m}$ و قطر 9cm، ثمّ حُلّت المؤشرات المختلفة باستخدام أجهزة التحليل الموجودة في مخبر مؤسسة المياه في محافظة دير الزور بتاريخ 2024-10-3.

4- النتائج والمناقشة Results and Discussion:

4-1- نتائج معالجة عينات المياه بالامتزاز على الفحم المحضّر من نوى الزيتون:

4-1-1- دراسة تأثير جرعة الفحم على تغيير تراكيز مؤشرات المياه المعالجة:

الجدول (3) يوضّح تأثير تغيير جرعة الفحم الفعال المحضّر من نوى الزيتون على مؤشرات مختلفة لمياه الشرب.

المؤشرات المدروسة	مياه المحطة	جرعة فحم منشط محضّر من نوى الزيتون عند حجم للعيّنة المعالجة 250 ml مياه				
		0.5	1	1.5	2	2.5
pH	7.5	7.41	7.32	7.3	7.21	7.34
الناقلية $\mu\text{s/cm}$	986	924	865	831	846	852
القساوة الكلية	151	96	115	105	100	107
العكارة (NTU)	8.7	7.1	5.9	4.8	3.1	3.9
TDS (ppm)	597	463	432	467	472	476
الكلور الحر المتبقي ($\text{mg Cl}^-/\text{l}$)	0.5	0.28	0.2	0.12	0.01	0.05
الأمونيا ($\text{mg NH}_4^+/\text{l}$)	0.28	0.25	0.23	0.21	0.18	0.2
النترات ($\text{mg NO}_3^-/\text{l}$)	4.9	0.9	1.4	0.8	0.5	1
النترت (mgNO_2^-/l)	0.004	0.007	0.007	0.004	0.011	0.007
الكبريتات ($\text{mg SO}_4^{-2}/\text{l}$)	160	185	180	190	200	175

COD (mg/l)	2.5	2.1	1.8	1.5	1	1.1
------------	-----	-----	-----	-----	---	-----

تمت دراسة تأثير إضافة جرعات مختلفة للفحم المنشط عند جرعات فحم من نوى الزيتون تراوحت ضمن المجال $0.5 - 2.5$ g / 250 ml، ونُظمت النتائج في الجدولين (3) و(4). بمقارنة النتائج التي تم الحصول عليها بعد معالجة عينات مياه الشرب المأخوذة من محطات التنقية بجرعات مختلفة من الفحم الفعال المحضّر من نوى الزيتون. تبين أنّ عينات المياه أصبحت صالحة للشرب عند قيمة لجرعة فحم فعال مساوية ل $1.5\text{g}/250\text{ml}$ ، حيث انخفضت العكارة إلى 4.8NTU والكلور الحر انخفض إلى 0.12 . أصبحت قيمة العكارة ضمن المجال المسموح حسب المواصفات القياسية السورية لمياه الشرب رقم (45) لعام 1994. يمكن القول أنّه عند الجرعة 1.5g كانت قيمة الأمونيا 0.21 mg/l مقارنة مع القيمة المسموحة كانت 0.5 mg/l ، وبحساب كفاءة الامتزاز للمؤشرات المختلفة حصلنا على تخفيض جيد للقساوة الكلية وهذا يعطي مواصفات جيدة لمياه الشرب حيث وصلت نسبة التخفيض عند جرعة فحم 1.5 g إلى 30% .

الجدول (4) يُبين كفاءة الامتزاز لبعض مؤشرات عينات مياه الشرب المعالجة.

جرعة فحم نوى الزيتون g/250ml	كفاءة المعالجة %					
	القساوة الكلية mg/l	الكلور الحر mg Cl ⁻ /l	العكارة NTU	COD mg/l	النترات mg NO ₃ ⁻ /l	الناقلية µs/cm
0.5	36.423	44	18.39	16	81.632	6.288
1	23.841	60	32.18	28	71.428	12.271
1.5	30.463	76	44.82	40	83.673	15.72
2	33.774	98	64.36	60	89.795	14.198
2.5	29.139	90	55.17	65	79.591	13.59

يمكن أنّ نستنتج ما يلي من خلال معطيات قراءات الجداول السابقة:

- ازدادت كفاءة تخفيض الكلور الحر وكذلك العكارة و النترات و COD، وأصبحت قيم العكارة و TDS ضمن الحدود المسموحة حسب المواصفات القياسية لمياه الشرب الصادرة من منظمة الصحة العالمية. وقد حصل تخفيض أكبر بزيادة جرعة الفحم الفعال المضافة، وهذا مؤشر جيد لنوعية المياه ويمكننا اعتبار الجرعة المثلى لمعالجة عينة المياه هي 6g/l .

معالجة مياه محطة تنقية مياه الشرب في دير الزور باستخدام فحم فعال محضّر من نوى الزيتون

(2) لاحظنا تخفيض قيمة الناقلية مع زيادة جرعات الفحم الفعال وذلك حتى القيمة 8g/l حيث

ترجع الانخفاض بعد هذه القيمة وذلك يرجع إلى امتلاء المسام.

4-1-2- دراسة تأثير زمن الامتزاز على تغير تراكيز مؤشرات المياه المعالجة:

وذلك بتغيير الزمن ضمن مجال يتراوح بين 15 - 120 min .

يُبيّن الجدول (5) تأثير تغير الزمن على مؤشرات المياه عند درجة حرارة المخبر $25^{\circ}C$ وجرعة

فحم نوى زيتون 1.5g/250ml

الجدول (5) يُظهر تأثير زمن الامتزاز باستخدام فحم منشط من نوى الزيتون على مؤشرات المياه.

المؤشرات المدروسة	مياه المحطة	زمن الامتزاز (min) باستخدام جرعة فحم محضّر من نوى الزيتون 1.5g و حجم عينة 250ml مياه + كمية الفحم المعتمدة				
		15 min	30 min	60 min	90min	120 min
pH	7.4	7.4	7.3	7.3	7.4	7.2
العكارة (NTU)	13	12	10.7	8.6	3.8	3
الناقلية	915	856	843	840	859	839
(ppm)TDS	457	435	421	415	430	431
الأمونيا (mg/l)	0.29	0.28	0.27	0.28	0.3	0.4
النترت (mg/l)	0.05	0.009	0.008	0.007	0.005	0.005
النترات (mg/l)	2	0.6	0.4	0.3	0.2	0.5
الكبريتات (mg/l)	165	156	145	140	180	160
الكلور الحر المتبقي (mg/l)	0.3	0.25	0.21	0.1	0.00	0.00
COD (mg/l)	3.8	3.1	2.8	1.8	1.6	1.8

بمقارنة قيم المؤشرات المختلفة للمياه المعالجة والتي يتم مد شبكة مياه الشرب فيها تبين ارتفاع

في تركيز العكارة وتركيز الأمونيا والنترت و COD ، وهذا يتطلب معالجتها لذلك تم اعتماد

أفضل قيمة لجرعة الفحم والتي تم تحديدها من نتائج سابقة تمت دراستها عند جرعات فحم

مختلفة، وكانت الجرعة الأفضل 1.5g/250ml ، ويتغير زمن الامتزاز في المجال 15- min

.120

الجدول (6) يبين كفاءة الامتزاز لبعض مؤشرات المياه بتغير زمن الامتزاز.

زمن امتزاز باستخدام فحم زيتون (min)	كفاءة المعالجة %				
	عند استخدام فحم نوى الزيتون بتركيز 8g/l				
	الكلور الحر	العكارة	COD	النترات	الناقليية
15	16.6	7.69	18.42	70	6.44
30	30	17.69	26.31	80	7.868
60	66.66	33.84	52.63	85	8.196
90	100	70.76	57.89	90	6.12
120	100	76.92	52.63	75	8.31

من تحليل العينات المعالجة تبين أن المؤشرات المختلفة انخفضت عند زمن امتزاز 90 min إلى الحدود المسموح بها حسب القياسية ، حيث انخفضت العكارة من 13 NTU إلى 3.8 NTU والنترت من 0.05 إلى 0.005 mg/l والكلور الحر انخفض إلى الصفر و COD من 3.8 إلى 1.6 mg/l. وبذلك تكون كفاءات التخفيض على الترتيب : العكارة % 70.76 - النترت % 90 - COD 57.89% والكلور الحر انخفض إلى 100% ، وهذا يستوجب معالجة لاحقة بالكلور للحفاظ على تركيز كلور متبقي 0.2-0.4 mg/l. يُستثنى من التخفيضات السابقة الأمونيا حيث بقيت ضمن مجال أعلى من القيمة المسموحة حسب منظمة الصحة العالمية والمواصفات القياسية السورية للعام 1994. ترافقت عملية التخفيض للمؤشرات بتخفيض مهم للنترات التي انخفضت من 2 إلى 0.2mg/l ، وبنسبة تخفيض مقدارها 90% ولم يطرأ تغير يذكر على الكبريتات و TDS.

5- الاستنتاجات والتوصيات (Conclusions and Recommendations)

(1)- أثبت النتائج التجريبية فعالية التنشيط الكيميائي باستخدام كل من حمض كلور الماء وهيدروكسيد الصوديوم في تحضير الفحم الفعّال من نوى الزيتون وذلك لقدرتها على التفاعل وحل الأملاح والمعادن والتي تمثل المركبات اللاعضوية الموجودة وتشكيل بنية مسامية جيدة مناسبة لتطبيقات عديدة،

(2)- أظهرت القياسات التجريبية كفاءة الفحم الفعّال المحضّر من نوى الزيتون في إزالة ملوثات متعدّدة من المياه الخارجة من محطات التنقية في ديرالزور، حيث تم تحقيق إزالة تجاوزت 60% في بعض المعايير مثل COD.

(3)- كان للعوامل التشغيلية مثل زمن الامتزاز وكمية الفحم أثر كبير في كفاءة الإزالة حيث يمكن من خلالها تحسين الأداء في التطبيقات العملية، و تبين من خلال البحث أنّ زمن الامتزاز الأفضل بالنسبة للمعالجة بالفحم المحضّر من نوى الزيتون هو 90 min وذلك لأغلب المؤشرات ويُعدّ رفع الزمن بعده غير مجدي، بينما كانت كمية الفحم الأنسب مساوية ل 1.5g.

(4)- وفقاً للنتائج السابقة: يمكن اعتبار نوى الزيتون خياراً مثالياً لتحضير الفحم الفعّال كطريقة اقتصادية وصديقة للبيئة كونها من أكثر المخلفات الزراعية وفرة في المنطقة.
بناء عليه، تُوصي الدراسة بما يلي:

1. تحضير فحم فعّال من نوى الزيتون وذلك عند درجات كربنة مختلفة و باستخدام تراكيز أخرى من حمض كلور الماء المستخدم للتنشيط واختيار التركيز الأفضل، الذي عنده يتم حل جميع الأملاح والمعادن الموجودة في المادة الخام وكذلك الأمر بالنسبة لهيدروكسيد الصوديوم.
2. إجراء مزيد من الدراسات والأبحاث حول العوامل أخرى على الامتزاز كدرجة الحرارة، سرعة التحريك و pH لمعرفة مدى مطابقتها مع النتائج التي تم الحصول عليها.
3. التوسّع في استخدام الفحم المحضّر محلياً من نوى الزيتون في محطات معالجة المياه، بعد تعديل التصميمات بما يناسب خصائص هذا الفحم.
4. إجراء دراسات على أنواع أخرى من المخلفات الزراعية في المنطقة (مثل نوى التمر أو قش القمح) لتحضير أنواع بديلة من الفحم الفعّال. كمشروع بحثي مستقبلي

References

1. Bansal R. H., and Goyal M. 2005-Activated carbon adsorption applications, Chapter 5, Activated Carbon Adsorption, *Taylor & Francis Group*, pp.243-296.
2. Mustafa R., Asmatulu E. 2020- Preparation of activated carbon using fruit, paper and clothing wastes for wastewater treatment, *Journal of Water Process Engineering* 1(35), pp.1-16.
3. Albadrani, M., 2013- Preparation of activated carbon from different plant sources using chemical treatment. *Journal of Education and Science*, 26(2), 41- 46.
4. El-Samanoudy, M. A., Abo El-Enin, S., A., El-Gendy, A.S., and Al-Refaie, I. K., 2016- Removal of pentachlorophenol from aqueous solutions by adsorption on data-pits activated carbon, *Journal of Environmental Science*, 33.2 ,143-164.
5. 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 $ZnCl_2$. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 18 , 100335.
6. Fekih, K., and Elouissi, A., 2024 - Elimination of detergents from treated wastewater using activated carbon derived from Olive seeds. *Asian Journal of Chemistry*, 36(2), 177–182.
7. Girimonte, R., Astorino, N., Turano, M., Sofia, D., Katovic, A. 2025- Olive stones as optimal precursor of activated carbons for water purification process, *Chemical Engineering Transactions*,(117)
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.

معالجة مياه محطة تنقية مياه الشرب في دير الزور باستخدام فحم فعال محضّر من نوى الزيتون

9. المواصفة القياسية السورية رقم 45 للعام 1994 الخاصة بمياه الشرب، هيئة المواصفات والمقاييس السورية، وزارة الصناعة. دمشق. سورية.

إنتاج عصير رمان حيوي مخمر باستخدام البكتيريا اللبنية: تأثير**تركيز البادئ ودرجة حرارة التخمير**

طالبة الدراسات العليا: م. تقوى ناصر

بإشراف: د. نسرين البيطار + د. بدور عجيب

المخلص

في ظل التوجه المتزايد نحو الأغذية الوظيفية والمشروبات المدعمة بالبروبيوتيك، هدف هذا البحث إلى تطوير عصير رمان وظيفي مخمر باستخدام مزيج من بكتيريا حمض اللبن (*Lactobacillus delbrueckii* و *Streptococcus thermophilus*)، من خلال دراسة تأثير تركيزين من البادئ البكتيري 8%-6% تحت ثلاث درجات حرارة تحضين مختلفة 30°م و 35°م و 37°م. تم تقييم التغيرات في التركيب الكيميائي والمؤشرات الوظيفية للعصير بعد التخمير، بما في ذلك الرقم الهيدروجيني، الحموضة الكلية، تركيز حمض اللبن، الفينولات الكلية، واللون، إضافة إلى الكفاءة الحيوية للبكتيريا المستخدمة. أظهرت النتائج أن كلاً من التركيز ودرجة الحرارة لهما دور حاسم في تعزيز النشاط الميكروبي وتحسين المؤشرات الوظيفية للعصير، حيث أظهرت معاملات 8% و 37°م أعلى فعالية تخميرية من حيث إنتاج الحموض العضوية إذ بلغ تركيز حمض اللبن 82 ملغ/100مل والفينولات 797.11 ملغ مكافئ من حمض الغاليك/لتر واستقرت الحموضة عند 1.6%. كما تؤكد هذه النتائج إمكانية إنتاج عصير رمان وظيفي عالي الجودة من خلال ضبط دقيق لظروف التخمير.

الكلمات المفتاحية: عصير رمان حيوي- البكتيريا اللبنية - تخمير ميكروبي - أغذية وظيفية - المركبات الحيوية.

Production Fermented Bio-Pomegranate Juice Using Lactic Acid Bacteria: Effect of Starter Culture Concentration and Fermentation Temperature

Abstract

In light of the growing global trend toward functional foods and probiotic-enriched beverages, this study aimed to develop a fermented Bio-pomegranate juice using a mixed starter culture of *Lactobacillus delbrueckii* and *Streptococcus thermophilus*. The effects of two inoculum concentrations 6% and 8% under three incubation temperatures (30, 35, and 37) °C were investigated. Changes in the chemical composition and functional attributes of the juice were evaluated after fermentation, including pH, total acidity, lactic acid concentration, total phenolics, color, and bacterial viability. The results revealed that both inoculum concentration and temperature played a critical role in enhancing microbial activity and improving the functional quality of the juice. The treatments at 8% and 37°C showed the highest fermentation efficiency in terms of organic acid production, with lactic acid concentration reaching 82 mg/100 mL and total phenolics amounting to 797.11 mg gallic acid equivalents/L, while acidity stabilized at 1.6%. These results confirm the possibility of producing a high-quality Bio-pomegranate juice through precise control of fermentation conditions.

Keywords: Bio-Pomegranate juice - Lactic acid bacteria - Microbial fermentation - Functional foods - Bioactive compounds.

أولاً: المقدمة والدراسة المرجعية:

شهدت صناعة الأغذية تحولاً كبيراً في تركيز الابتكارات نحو تطوير وظائف جديدة للأغذية، حيث أدى تفضيل عدد متزايد من المستهلكين للأغذية الخالية من المواد المضافة إلى تسريع تطوير وتسويق العديد من المنتجات الجديدة التي تُعرف بالأغذية الوظيفية. وتُعرف الأغذية الوظيفية بأنها الأطعمة التي تؤثر بشكل إيجابي في وظائف محددة في جسم الإنسان، مما يترتب عليه فوائد صحية متنوعة تشمل أساساً البروبيوتيك، البريبايوتكس، والمركبات التكافلية الحديثة. إذ تمثل منتجات الألبان، مثل الجبن والحليب المخمر واللبن الرائب، المصادر التقليدية الرئيسية للبروبيوتيك، غير أن ظهور بعض القيود مثل احتواء الحليب على الكوليسترول، وحالات عدم تحمل اللاكتوز، وحساسية الألبان، دفع الباحثين نحو البحث عن ركائز بديلة للبروبيوتيك. ومن هنا، تم اقتراح استخدام مصادر غذائية مختلفة كحاملات للبروبيوتيك، بما في ذلك الحبوب والخضروات والفواكه، سواء في صورتها المخمرة أو غير المخمرة. وفي هذا السياق، تُعتبر عصائر الفاكهة من الركائز الواعدة والجذابة، وذلك لتمييزها بقيمة غذائية عالية، وتأثيرات صحية إيجابية، بالإضافة إلى قبولها الواسع من قبل المستهلكين على مستوى العالم. وقد تم فحص وتقييم العديد من عصائر الفاكهة من حيث قابليتها لاستخدامها كحاملات للبروبيوتيك مع الحفاظ على فعاليتها خلال عمليات التخمر اللبني. ففي هذا المقال سيتم تناول دراسة شاملة عن امكانية توظيف عصير الرمان كحامل بروبوتيك. [1]

تمحورت الدراسة الحالية حول محورين رئيسيين: المحور الأول يتعلق بأسباب اختيار عصير الرمان كركيزة للتخمر اللبني وذلك لكون الرمان (*Punica granatum*) هو ثمرة قديمة ذات قيمة غذائية عالية، تُزرع في مناطق البحر الأبيض المتوسط وجبال الهيمالايا جنوب وشرق آسيا ويتكون الرمان من ثلاث أجزاء أساسية تشريحية وهي اللب، والغلاف العصيري، والبذور. يُعتبر عصير الرمان المصدر الرئيسي للمركبات النشطة حيوياً خاصة الفينولات والفلافونويدات، التي

تُعد المسؤولة عن الخصائص الوظيفية والمضادة للأكسدة. ومن هنا تأتي أهمية الفواكه الغنية بمضادات الأكسدة، إذ أظهرت الدراسات ارتباطاً إيجابياً بين استهلاك الفواكه وانخفاض معدلات الإصابة ببعض الأمراض المزمنة كأمراض القلب والسرطان. لذا يُعتبر عصير الرمان مصدراً طبيعياً غنياً بمضادات الأكسدة، مما يجعله خياراً مناسباً كركيزة للتخمير اللبني. [2] أما المحور الثاني يركز على اختيار سلالات البكتيريا اللبنية المستخدمة في تخمير عصير الرمان، مع شروط عملها وتأثيرها على جودة المنتج النهائي. إذ أُجريت العديد من الدراسات ضمن هذا المحور بهدف تحديد واختيار سلالات البكتيريا اللبنية المضافة لعصير الرمان مع شروط عملها وإضافتها حيث يمكن أن يتأثر نموها بمجموعة من الظروف المختلفة مثل درجة الحرارة أو الرقم الهيدروجيني أو تركيز الأكسجين أو نشاط الماء. علماً أن درجة الحرارة ودرجة الحموضة المثلى لنموها هي 30-40°م و 5.5-6.2 على التوالي. ومع ذلك، فإن جنس *Lactobacillus* متنوع ويمكن أن تنمو البكتيريا المنتمية إليه في درجة حرارة 30-40°م ودرجة حموضة تتراوح بين 4.5 و 6.5، ويمكن لبعض السلالات أن تنمو في درجة حموضة أقل من المعتادة. [3]

الدراسات المرجعية التي أُجريت ضمن هذا المحور:

قام الباحث [4] باستخدام كل من السلالات التالية على حدى:

Lactobacillus acidophilus - *Lactobacillus plantarum* -

Lactobacillus delbrueckii

حيث تم حقن عصير الرمان مع نسبة من عصير kokum بالبكتيريا السابقة كل على حدى وذلك بتركيز $C \geq 10^6$ (خلية مستعمرة/مل) بنسبة إضافة 5% (حجم/حجم) فكانت النتائج على النحو التالي: أبدى العصير قبول عام لدى المستهلكين من الناحية الحسية والتغذوية وخصوصاً عند استخدام سلالة *Lactobacillus plantarum* التي أعطت أفضل تقييم من حيث محتوى

الفينولات والحموض العضوية وفيتامين C, E, A. لكن عند خلط عصير الرمان مع عصير Kokum كان العصير مستساغاً للمستهلكين من ناحية الطعم والنكهة والرائحة دوناً عن اللون. بينما قام الباحث [3] باستخدام سلالة *Lactobacillus casei* بمفردها وبتركيز $10^6 \geq C$ (خلية مستعمرة/مل) دون تحديد نسبة إضافة تذكر وتم تخمير عصير الرمان عند درجة حرارة 37°C ولمدة 72 ساعة، حيث ثبت أنه يمكن للسلالة البقاء على قيد الحياة في نهاية التخمير مع إعطاء مواصفات حسية وقيمة تغذوية عالية من مضادات أكسدة. ودرس [5] إمكانية توظيف سلالة *Lactobacillus plantarum* في تخمير عصير الرمان وذلك بتركيز 10^{8-8} (خلية مستعمرة/مل) وبنسبة إضافة 1% وبشروط تخميرية 30°C ولمدة 24 ساعة، فكانت النتائج مرضية للمستهلكين والسبب يعود لقوة البادئ المستخدم في تعزيز مضادات الاكسدة وخصوصاً الفينولات.

وقياساً على ما سبق وضح الباحث [6] إمكانية استخدام السلالات التالية منفردة:

Lactobacillus acidophilus - *Lactobacillus plantarum* -

Lactobacillus delbrueckii - *Lactobacillus paracasei*.

كبداى حقن ضمن عصير الرمان وذلك بتركيز 10^7 (خلية مستعمرة/مل) وبنسبة إضافة 10% وعند شروط تخميرية 30°C ولمدة 72 ساعة وهذا ما زاد من القيمة التغذوية لعصير الرمان المستخدم. كما أنجز الباحث [7] بحثاً درس فيه قابلية سلالة *Lactobacillus plantarum* بنوعيتها: PoM₁, C₂ المعزولة من البندورة والجزر في تخمير عصير الرمان عند الشروط التالية: 30°C ولمدة 120 ساعة وذلك بنسبة 4% (حجم/حجم) وبتركيز 10^7 (خلية مستعمرة/مل)، إذ لوحظ ثباتية عالية لتركيز مضادات الاكسدة وعدد المستعمرات الموجودة في العصير المخمر.

وتبين أيضاً مع الباحثة [8]: إمكانية اعتماد سلالة *Lactobacillus plantarum* كبادئ تخمر لبني بشروط تخميرية: 37°م ولمدة 24 ساعة وذلك بنسبة إضافة 1% وتركيز 4×10^7 (خلية مستعمرة/مل)، حيث أبدى عصير الرمان المخمر فعالية كبيرة تجاه الميكروبات الضارة نتيجة الأثر الفعال لمضادات الاكسدة المنتجة بفعل *Lactobacillus plantarum*. بالمقابل تم تطبيق دراسة عملية من قبل باحثة هندية [9] في جامعة بارباهاني Parbahani حيث قامت باستخدام مزيج من البكتيريا اللبنية بتركيز 10^9 (خلية مستعمرة/مل) وينسب إضافة مختلفة : 6%-8%-10% وبنسبة مزج 1:1 من: *Lactobacillus plantarum* و *L. bulgaricus* في تخمير عصير الرمان عند 37°م ولمدة 7 ساعات. فكانت النتائج على النحو التالي: أبدت نسبة الإضافة الأعلى من البادئ ذي التركيز المذكور أفضل النتائج من حيث استقلاب كل من الغلوكوز والفركتوز الى حمض لبن وإنتاج مضادات أكسدة معززة للقيمة التعذوية.

ثانياً: هدف البحث:

هدف هذا البحث إلى دراسة وتقييم تأثير متغيري تركيز البادئ البكتيري ودرجة حرارة التخمر في الخصائص الكيميائية والوظيفية لعصير رمان حيوي عالي الجودة، يتميز بثبات بيولوجي وكيميائي مُحسن قادر على تقديم فوائد صحية مُستدامة من خلال الاستخدام الفعال للبكتيريا اللبنية.

ثالثاً: مواد وطرائق البحث: أُجري هذا البحث في مخابر كلية الهندسة الكيميائية والبترولية قسم الهندسة الغذائية في جامعة حمص وفي مختبرات ميدكو للصناعات الدوائية.

المواد الأولية:

- الرمان

تم تأمين الرمان البلدي من الصنف الحلو من مدينة صافيتا.

• البادئ:

تم استخدام بادئ بكتيريا حمض اللبن (بروبيوتيك) مجفد من شركة الأمانة

للمضافات الغذائية -حسياء، والمستورد بالأصل من شركة BIOTEC

الأمريكية والمحفوظ بدرجة حرارة 18-°م، وبالتركيبية التالية:

Lactobacillus delbrueckii - Streptococcus thermophiles

تحضير عصير الرمان الطبيعي: تم غسل الثمار وتقطيعها وفرط البذور يدوياً وعصرها ميكانيكياً ومن ثم تصفية العصير باستخدام مصفاة متقببة من الستانلس ستيل ذات قطر ثقوب 2 مم، وتم بعدها ترويق العصير الناتج بالطريقة التقليدية (التريديد) والحصول على عصير رائق موجه للبيسترة على درجة حرارة 90°م ولمدة 30 ثانية ومن ثم التبريد. [10] وبعدها تمت زراعة العصير المبستر على أوساط التعداد العام TSA- SDA للتأكد من كفاءة عملية البيسترة وضمان عدم وجود أي تلوث أولي يؤثر لاحقاً على تخميره.

تحضير بادئ الحقن: تم تنشيط بكتيريا حمض اللبن من جنس:

Streptococcus thermophiles وLactobacillus delbrueckii

عند درجة حرارة 37°م ولمدة 24 ساعة وفق [9] وينسب إضافة وزنية (وزن/حجم) 6%-8% وذلك باستخدام عصير رمان مبستر ذو رقم حموضة معدل باستخدام محلول كربونات الصوديوم 10%. [11] المغلي والمرشح باستخدام ورق ترشيح واتمان تجبناً لأي تأثير ثانوي على المواصفات الحسية لعصير الرمان وظهور رواسب، إذ أُجري هذا التعديل بهدف تأمين ظروف مناسبة لنشاط بكتيريا اللبن عند رقم حموضة 4.5. [3]

تحضير عصير الرمان الوظيفي المدعم بالبروبيوتيك: تم تحضير عصير الرمان الوظيفي وذلك من خلال حقن العصير المبستر مسبقاً بالبادئ المنشط وبنسب إضافة حجمية 6%-8% (حجم/حجم) وبعدها يوجه للتخمير ضمن حاضنات خاصة من نوع (Memmert-Heraeus-Ehret) وعلى درجات حرارة مختلفة ضمن مجال عمل البكتيريا اللبنية المضافة، فقد خُمر عند ثلاث درجات حرارة 30°م و 35°م و 37°م. وبهذا نكون حصلنا على 6 عينات من عصير الرمان الوظيفي المدعم بالبروبيوتيك.

طرائق التحليل:

- **تقدير المواد الصلبة الذائبة الكلية Brix:** قدرت المادة الصلبة المنحلة باستخدام جهاز قياس قرينة الانكسار Kruss وعند درجة حرارة 20°م، وبمعدل ثلاث مكررات لكل عينة من العينات. [12]
- **تقدير اللون:** تم قياس اللون باستخدام جهاز Spectrophotometer في مختبرات ميديكو الذي يقوم بقياس شدة الضوء أي قياس كثافة الضوء بدلالة اللون (الطول الموجي) وذلك عن طريق قياس الامتصاصية للعينة حيث يعتمد امتصاص العينة للضوء على كثافة لون العينة الذي يعتمد على كثافة المادة المذابة. تم تقدير اللون مع بعض التعديلات حيث تم اجراء التمديد لكل من عينات عصير الرمان بالميتانول للحصول على الامتصاصية عند طول الموجة المطلوب وتم بعد ذلك ترشيح العينات باستخدام ورق ترشيح واتمان ومن ثم وضع عينة عصير الرمان في خلية الامتصاص المصنوعة من الكوارتز Cuvette بعد أن تم تصفير الجهاز عن طريق خلية الميتانول Cuvette Blank وذلك بجعل قيمة الامتصاص تساوي الصفر. حيث تم اجراء المسح الطيفي لتحديد طول الموجة الموافق للامتصاصية العظمى للعينة λ_{max} في المجال (600-400 نانومتر. [13]

- تقدير رقم الحموضة: تم قياس pH العينات باستخدام جهاز pH-meter نموذج Sartorius PB-11 بدرجة حرارة 20°م. [14]
- تقدير الحموضة الكلية: تم تقدير الحموضة الكلية على أساس حمض الليمون في العصير غير المخمر وعلى أساس حمض اللبن في العصير المخمر من العلاقة الآتية: [14] و [15]

الحموضة الكلية (%) = (الحجم المستهلك من هيدروكسيد الصوديوم $\times 0.1N \times$ الوزن السائد للحمض المكافئ \times معامل التمديد) $\times 100 /$ (حجم العينة)

علمًا أن: 0.064 هو الوزن السائد لحمض الليمون في العصير غير المخمر و 0.090 هو الوزن السائد لحمض اللبن في العصير المخمر.

- **تحديد الفينولات:** تم تحديد كمية المركبات الفينولية وفقا لطريقة فولين- سيوكالتيو عبر تفاعلها مع كاشف فولين- سيوكالتيو Ciocalteu - Folin وهو محلول شديد الاصفرار و غير ثابت في الأوساط القلوية، حيث يتلاشى لونه بسرعة عند قيم pH عالية ودرجات حرارة عالية، كما تتفاعل الفينولات معه بشكل أسرع في الأوساط القلوية ولهذا يضاف محلول قلوي ليتم التفاعل بين العينة والكاشف (محلول فولين) عند رقم حموضة قريب من 10 لمدة (1-2) ساعة عند درجة حرارة الغرفة بعيداً عن الضوء، حيث يتم التفاعل بوجود كربونات الصوديوم (11.5) pH مما يؤمن تشتت المركبات الفينولية ويسهل تخليها عن الإلكترونات وأكسديتها، بينما يرجع الكاشف بدوره نتيجة استقباله للإلكترونات من المركب المعطي (المركب الفينولي) إلى مزيج من أوكسيدي التنغستن والموليبدن (W_8O_{23}, Mo_8O_{23}) فيتحول لون كاشف فولين من اللون الأصفر إلى الأزرق الذي يملك امتصاصية عظمى عند طول الموجة 765 نانومتر. حيثُ يحسب محتوى المركبات الفينولية للعينات بالاستعانة بالمنحنى القياسي وبقيمة امتصاصية العينة، حيث يتم تعويض

- قيمة الامتصاصية للعينة في معاملة المنحني القياسي لحمض الغاليك لإيجاد تركيز المركبات الفينولية في العينة مقدرة بعدد ميلي غرامات المكافئة من حمض الغاليك. [16]
- **تقدير حمض الليمون والأسكوربيك:** تم تقدير تركيز كل من حمض الليمون والأسكوربيك باستخدام الكروماتوغرافيا السائلة عالية الأداء (HPLC) وباستخدام العمود الموافق والأكثر شيوعاً C₁₈ (4.6×250) مم وعند طول موجة 210 نانومتر. [17]
- **تقدير حمض اللين:** تم تقدير تركيز حمض اللين باستخدام الكروماتوغرافيا السائلة عالية الأداء (HPLC) وباستخدام العمود الموافق والأكثر شيوعاً C₁₈ (4.6×250) مم وعند طول موجة 200 نانومتر. [18]
- **تقدير السكريات الكلية:** تم تقدير المحتوى الكلي للسكريات باستخدام طريقة الفينول سيلفوريك أسيد (اللونية) اعتماداً على سلسلة عيارية من سكر الجلوكوز وذلك وفق الخطوات الآتية: أضيف إلى كل عينة خام ومعيارية وعينة عصير 50 ميكرو لتر من محلول الفينول بتركيز 80% (وزن/حجم)، ثم تم خلطها في تيار، ثم إضافة 2 مل من حمض الكبريت المركز في تيار، وتركها لمدة 10 دقائق في درجة حرارة الغرفة. وبالتالي، تم تحديد محتوى السكر في العينات غير المعروفة المقدمة باستخدام المنحني القياسي عند امتصاص اللون الأحمر 490 نانومتر. [19]
- **الاختبارات الميكروبيولوجية:**
تحضير وسط التمديد: حضر وسط التمديد وفق المواصفة القياسية الدولية (ISO 6887) بمزج البيبتون مع ملح الطعام بنسبة 1 غ بيبتون و 8.5 غ ملح طعام وتم اكمال الحجم بالماء المقطر حتى 1 لتر حيث ضبطت درجة الحموضة عند (7) pH وعُقم الوسط بدرجة حرارة 121°م لمدة 15 دقيقة.
- **تمديد العينات المدروسة:** حضرت سلسلة التمديدات الأتية للعينات، وذلك في وسط التمديد المحضر سابقاً حيث اعتمد التمديد 10⁻¹ لعينات عصير الرمان.

تحضير أوساط الزرع الجرثومي: استخدم في هذا الاختبار الأوساط التالية والمُحضرة وفقاً لتعليمات الشركة المُنتجة: وسط تريبتون صويا آغار TSA للتعداد العام للبكتيريا، وسط سابوردو ديكستروز آغار SDA للتعداد العام للفطور والخمائر، وسط M17 Agar لتعداد بكتيريا حمض اللبن (المُكورات) ووسط MRS Agar لتعداد بكتيريا حمض اللبن (العصيات).

الزرع الجرثومي:

اتبعت طريقة الزرع السطحي بالنسبة للتعداد العام للبكتيريا وفق المواصفة القياسية الدولية ISO (4833) وكذلك بالنسبة للخمائر والفطور وفق المواصفة القياسية الدولية (7954) ISO. أما بالنسبة لتعداد بكتيريا حمض اللبن استخدمت أيضاً طريقة الزرع السطحي وفق المواصفة القياسية الدولية (4833) ISO.

التحضير: حُضنت الأطباق المزروعة عند درجة الحرارة المناسبة وفق الجدول (1):

الجدول (1): شروط الزرع الجرثومي للبكتيريا والفطور والخمائر [20]

نوع الأحياء الدقيقة	درجة الحرارة	مدة التحضير (يوم)
البكتيريا	37°م	1
الفطور والخمائر	30°م	3

بعد انتهاء فترة التحضير عُدت المستعمرات في الأطباق المُحضنة وحُسب تعداد الأحياء الدقيقة (خلية مستعمرة/مل) المدروسة في العينات وفق المعادلة التالية :

تعداد الأحياء الدقيقة = متوسط عدد المستعمرات × مقلوب التمديد × معامل التحويل (10)

رابعاً: النتائج والمناقشة:

التركيب الكيميائي لعصير الرمان المستخدم: لدى عصر الثمار ودراسة التركيب الكيميائي للعصير الطازج كانت النتائج على النحو التالي:

الجدول (2): التركيب الكيميائي لعصير الرمان الطازج

المؤشر المدروس	قيمة التحليل
الحموضة الكلية	1.28%
pH	3.6
الفينولات الكلية	628.22 ملغ مكافئ من حمض الغاليك/لتر
Brix	13.50%
فيتامين C	4.7 ملغ/لتر
تركيز حمض الليمون	0.14 غ/100مل
اللون(الامتصاصية)	3.7
السكريات الكلية	12.2 غ/100مل

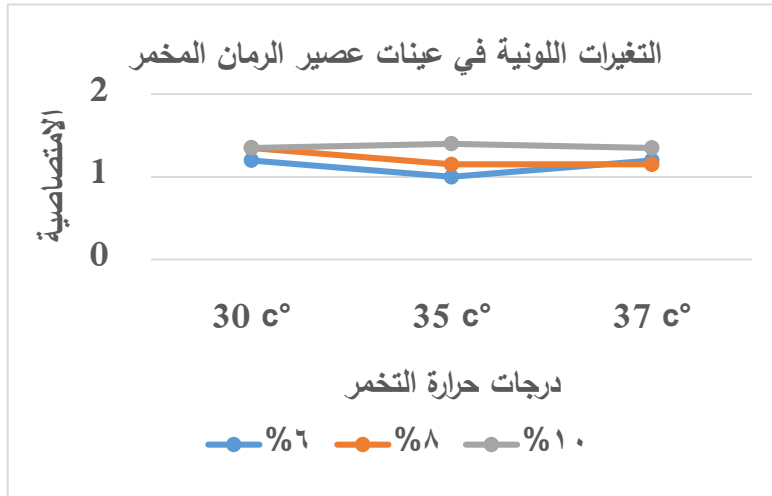
تأثير عملية التخمير اللبني في المواصفات الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية لعصير الرمان الطبيعي:

تم تخمير عصير الرمان الطبيعي باستخدام بكتيريا حمض اللبن عند درجات حرارة مختلفة 30°م و 35°م و 37°م وبنسب إضافة مختلفة (6%-8%) ولمدة 24 ساعة.

تأثير عملية التخمير اللبني في المواصفات الفيزيائية لعصير الرمان الطبيعي:

✓ **Brix**: لم يكن هناك أي تغير في المادة الصلبة المنحلة في عينات العصير المخمر 13.5% بالمقارنة مع عينة الشاهد والسبب يعود إلى أن التناقص في السكر نتيجة استهلاك البكتيريا له تم تعويضه بازدياد تركيز حمض الليمون وإنتاجية حمض اللبن مما حافظ على استقرار ال Brix وهذا يخالف ما توصلت إليه الباحثة [9] عند تخميرها لعصير الرمان إذ لوحظ انخفاض واضح للمواد الصلبة المنحلة في العصير

مع عدم تزايد لتركيز حمض الليمون في العصير المخمر والسبب يعود لاختلاف التركيب الكيميائي لعصير الرمان واختلاف سلالات البكتيريا اللبنة المستخدمة. ✓ اللون: وبالمقارنة مع عينة الشاهد لوحظ انخفاضاً واضحاً للشدة اللونية بعد التخمر اللبني لعينات عصير الرمان والسبب يعود لانخفاض pH العصير نتيجة تشكل حمض اللبن وبالتالي تدهور في صباغ الانثوسيانين وهذا يتوافق مع الباحثين [11] الذين قاموا بتخمير عصير الرمان عند درجة حرارة 30°م ولمدة 48 ساعة وباستخدام سلالات مختلفة من البكتيريا اللبنة.



الشكل (1): تغير اللون بدلالة الامتصاصية لعينات عصير الرمان المخمر ✓

تأثير عملية التخمير اللبني في التركيب الكيميائي لعصير الرمان الطبيعي:

الجدول (3): التركيب الكيميائي لعينات عصير الرمان المخمر

تركيز بكتيريا اللبن (%)	درجة حرارة التخمير (م°)	pH	الحموضة الكلية (%)	تركيز حمض الليمون (غ/100مل)	الفينولات الكلية (ملغ) مكافئ من حمض الغالليك/لتر)	تركيز حمض اللبن (ملغ/100مل)
6	30	3.55	1.6	1.568	682.6	70
6	35	3.56	1.4	1.539	992.66	76
6	37	3.55	2.0	1.551	650.44	71
8	30	3.60	1.8	1.529	810.44	80
8	35	3.57	1.4	1.578	712.66	81
8	37	3.60	1.6	1.587	797.11	82

ومن الجدول السابق وبالمقارنة مع الجدول (2) التركيب الكيميائي لعصير الرمان الطازج وُجد ما يلي:

- لُوحظ انخفاض طفيف في pH العصير المخمر بالمقارنة مع العصير الطبيعي 3.6 حيث كان أفضل انخفاض لرقم الحموضة عند نسبة الإضافة 6% وذلك عند كل من درجتى حرارة التخمير 37م° و 30م° والسبب يعود لتقارب نسب حمض اللبن المنتج في العصير وهذا يتوافق مع الباحثين [6] الذين قاموا بتخمير عصير الرمان عند 30م° ولمدة 72 ساعة إذ انخفض رقم الحموضة بالمقارنة مع عينة الشاهد بمقدار 0.3 درجة.

- **الحموضة الكلية:**

تم تقدير الحموضة الكلية على أساس الحمض السائد (حمض اللبن) حيث ترافق تزايد الحموضة مع انخفاض رقم الحموضة وتشكل حمض اللبن في العصير المخمر إذ تراوحت من (1.4-2.0) % على أساس حمض اللبن.

- **تركيز حمض الليمون:**

وهنا وُجد تزايد لتركيز حمض الليمون بالمقارنة مع عينة الشاهد غير المخمر وذلك عند تركيز 8% ودرجتي حرارة التخمر 30° م و 37° م وهذا يخالف ما توصل إليه [6] من تناقص لتركيز حمض الليمون المترافق مع تشكل حمض اللبن وذلك عند شروط تخمير مختلفة. ولكن هذا التغير يعزى بأنه عند قيام بكتيريا اللبن بتخمير ركيزة مغايرة للاكتوز تتشكل منتجات ثانوية (حموض عضوية). [21]

- **تركيز حمض اللبن:**

عند إضافة تراكيز عالية من البكتيريا اللبنية كبادئات تخمر لوحظ فروقات طفيفة في إنتاج حمض اللبن حيث كان أفضل تشكل لحمض اللبن عند نسبة إضافة 8% ودرجة حرارة تخمر 37° م إذ أبدت البكتيريا أفضل أداء تخميري لعصير الرمان بوصفه عصيراً وظيفياً. وهذه التراكيز من حمض اللبن لا يمكن مقارنتها مع التراكيز التي توصل إليها الباحثين نظراً لاختلاف التركيب الكيميائي للعصير واختلاف أنماط السلالات وشروط التخمير. [22]

- **الفينولات الكلية:**

أبدت نسبة الإضافة 6% من البكتيريا اللبنية أفضل تحرير للفينولات الكلية في عصير الرمان المخمر وهنا لوحظ تزايد المحتوى الفينولي مع تزايد نسبة البكتيريا اللبنية

المضافة والسبب يعود لنشاطها الأنزيمي المحرر للفينولات المعقدة والمرتبطة مع السكريات. [23] وهذا يتوافق مع ما توصلت إليه الباحثة [9].

تأثير عملية التخمير اللبني في المواصفات الميكروبيولوجية لعصير الرمان الطبيعي:

الجدول (4): التعداد العام للبكتيريا اللبنية في العصير المخمر

تركيز بكتيريا اللبن (%)	درجة حرارة التخمير (°م)	تعداد العصيات (خلية مستعمرة/مل)	تعداد المكورات (خلية مستعمرة/مل)
6	30	60×10^4	2×10^1
6	35	62×10^3	0
6	37	70×10^3	1×10^2
8	30	80×10^2	1×10^2
8	35	88×10^2	7.5×10^1
8	37	40×10^3	2×10^1

من الجدول السابق يتبين أن أفضل نمو لعصيات بكتيريا اللبن كان عند تركيز 6% مع ملاحظة الانخفاض في التعداد العام لها مع زيادة تركيز بكتيريا اللبن المضافة والسبب يعود لتشكيل حمض اللبن وبالتالي تزايد الحموضة مما يؤثر سلباً في نمو عصيات بكتيريا اللبن بالإضافة إلى دور النشاط الأنزيمي للبكتيريا اللبنية في تحرير الفينولات المعقدة [23] وزيادة تركيزها في العصير المخمر كمضاد أكسدة ذو تأثير سلبي على نمو عصيات بكتيريا اللبن وبالترايق مع تأثير واضح لدرجة حرارة التخمير على التنامي حيث وفرت درجة حرارة التخمير 37°م بيئة مثالية لنمو وتكاثر عصيات بكتيريا اللبن عند التراكيز الثلاثة، بينما المكورات العنقودية لم يكن لها

تعداد يُذكر بالمقارنة مع العصيات وتحملها لحموضة عصير الرمان المنخفضة وخصوصاً بعد التخمر. [24]

خامساً: الاستنتاجات والتوصيات:

- أظهرت النتائج أن استخدام 8% بكتيريا لبن ودرجة حرارة 37°م، حقق توازناً مميزاً بين الخصائص الكيميائية والوظيفية للعصير.
- تميز العصير المخمر تحت هذه الظروف بقيمة pH ثابتة عند 3.60 مع حموضة كلية معتدلة 1.6% تعكس بيئة ملائمة لنشاط بكتيريا حمض اللبن مع الحفاظ على الطعم المقبول.
- بلغ تركيز حمض اللبن 82 ملغ/100مل، مما يشير إلى فعالية عالية للتخمير وقدرة على دعم الوظائف الحيوية للعصير.
- سجّل محتوى حمض الليمون 1.587 غ/100مل، وهو ما يعزز النكهة الحمضية الطبيعية ويزيد من استقرار العصير.
- حقق العصير في هذه المعاملة أعلى قيمة من الفينولات الكلية 797.11 ملغ مكافئ من حمض الغاليك/لتر، الأمر الذي ينعكس مباشرة على تعزيز النشاط المضاد للأكسدة ورفع القيمة الصحية للعصير كمنتج غذائي وظيفي.
- أن التخمر باستخدام 8% بكتيريا لبن عند 37°م يعتبر مثالي لإنتاج عصير رمان وظيفي متوازن يجمع بين الخصائص الحسية المقبولة والمركبات الفعالة حيويًا، ما يجعله منتجاً واعدًا قابلاً للتطبيق الصناعي.
- يقترح إجراء المزيد من الأبحاث المستقبلية لتقييم استقرار هذه الخصائص خلال التخزين المُبرّد والعمر الافتراضي للعصير المخمر.

المراجع:

- 1) Oliveira, D. (2021). Advancements in the use of fermented fruit juices by lactic acid bacteria as functional foods: Prospects and challenges of *Lactiplantibacillus (Lpb.) plantarum subsp. plantarum* application. *Fermentation*, 8(6), 1–13.
- 2) Anahita, A., Asmah, R., & Fauziah, O. (2015). Evaluation of total phenolic content, total antioxidant activity, and antioxidant vitamin composition of pomegranate seed and juice. *General Medicine*, 3(1), 1–4.
- 3) Kumar, V., Sharma, A., & Singh, R. (2013). Physico-chemical analysis of fresh and probioticated fruit juices with *Lactobacillus casei*. *International Journal of Applied Sciences and Biotechnology*, 1(3), 127–131.
- 4) Shubhada, N., Rudresh, D. L., Jagadeesh, S. L., Prakash, D. P., & Raghavendra, S. (2018). Fermentation of pomegranate juice by lactic acid bacteria. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(8), 4160–4173.
- 5) Mantzourani, I., Kazakos, S., Terpou, A., Alexopoulos, A., Bezirtzoglou, E., Bekatorou, A., & Plessas, S. (2019). Potential of the probiotic *Lactobacillus plantarum ATCC 14917* strain to produce functional fermented pomegranate juice. *Foods*, 8(4), 1–13.
- 6) Mousavi, Z. E., Mousavi, S. M., Razavi, S. H., Emam-Djomeh, Z., & Kiani, H. (2010). Fermentation of pomegranate juice by probiotic lactic acid bacteria. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 26(2), 261–26.
- 7) Filannino, P., Azzi, L., Cavoski, I., Vincentini, O., Rizzello, C. G., Gobbetti, M., & Di Cagno, R. (2013). Exploitation of the health-promoting and sensory properties of organic pomegranate (*Punica granatum L.*) juice through lactic acid fermentation. *International Journal of Food Microbiology*, 160, 184–192.

- 8) Naeem, M. M. M. (2023). Health benefits of pomegranate (peel & juice) and preparation of functional pomegranate drink using probiotic *Lactobacillus plantarum*. *Food Technology Research Journal*, 1(2), 77–91.
- 9) Thakur, M. (2016). *Development of non-dairy probiotic beverage based on pomegranate juice* [Master's thesis, Marathwada Agricultural University].
- 10) الوزير، دريد. (2008). *تقانة الخضار والفواكه*. مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية، جامعة البعث، كلية الهندسة الكيميائية والبتروولية، قسم الهندسة الغذائية.
- 11) Isas, A. S., Escobar, F., Álvarez-Villamil, E., Molina, V., Mateos, R., Lizarraga, E., Mozzi, F., & Van Nieuwenhove, C. (2023). Fermentation of pomegranate juice by lactic acid bacteria and its biological effect on mice fed a high-fat diet. *Food Bioscience*, 53, 102516.
- 12) AOAC International. (2000). *AOAC Official Method 932.14: Solids in syrups*. In *Official methods of analysis of AOAC International* (17th ed.). AOAC International.
- 13) فيتروني، آيات، صادق، شريف، والبيطار، نسرین. (2022). دراسة التغيرات الفيزيوكيميائية والميكروبيولوجية في عصير الليمون المركز تحت التفريغ عند درجات حرارة مختلفة. *مجلة جامعة البعث*، 44(6).
- 14) AOAC International. (2005). *AOAC Official Method 942.15: Acidity (titratable) of fruit products*. In *Official methods of analysis of AOAC International* (18th ed.). AOAC International.
- 15) الباقوني، رياض. (2005). *كيمياء الأغذية: القسم العملي*. مديرية الكتب والمطبوعات، جامعة البعث.
- 16) Lamuela-Raventós, R. M. (2018). Folin–Ciocalteu method for the measurement of total phenolic content and antioxidant capacity. In R. Apak, E. Capanoglu, & F. Shahidi (Eds.), *Measurement of*

- Antioxidant Activity & Capacity: Recent Trends and Applications* (1st ed., pp. 107–115).
- 17) Reuter, W. M. (2015). Analysis of organic acids in fruit juices by HPLC and UV detection. *In Liquid Chromatography*. PerkinElmer Inc.
- 18) Zamanova, M. K., Glotova, V. N., Izhenbina, T. N., Krutas, D. S., & Novikov, V. T. (2014). Simultaneous HPLC-UV determination of lactic acid, glycolic acid, glycolide, lactide and ethyl acetate in monomers for producing biodegradable polymers. *Procedia Chemistry*, 10, 244–251.
- 19) Itatiro, M. A. (2013). *Determination of carbohydrates using phenol-sulphuric acid method* (Unpublished practical report No. 4). University of Dar Es Salaam, College of Natural and Applied Sciences, Department of Molecular Biology and Biotechnology.
- 20) صادق، شريف، وكشتعاري، محمود. (2005). علم الأحياء الدقيقة: القسم النظري (ط. 1، 242 صفحة). منشورات جامعة البعث، كلية الهندسة الكيميائية والبترولية.
- 21) Pessione, E. (2012). Lactic acid bacteria contribution to gut microbiota complexity: Lights and shadows. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 2, Article 86.
- 22) Sionek, B., Szydłowska, A., Trzaskowska, M., & Kołożyn-Krajewska, D. (2024). The impact of physicochemical conditions on lactic acid bacteria survival in food products. *Fermentation*, 10(6), 298.
- 23) Pontonio, E., Montemurro, M., Pinto, D., Marzani, B., Trani, A., Ferrara, G., Mazzeo, A., Gobbetti, M., & Rizzello, C. G. (2019). Lactic acid fermentation of pomegranate juice as a tool to improve antioxidant activity. *Frontiers in Microbiology*, 10, 1550.
- 24) Campaner Salmazo, G., Dal Molin Filho, R. G., Robazza, W. da S., Schmidt, F. C., & Longhi, D. A. (2023). Modeling the growth dependence of *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus*

bulgaricus as a function of temperature and pH. *Brazilian Journal of Microbiology*, 54, 323–334.

إعادة التقييم البنيوي لحقل صدد بإنشاء نموذج ثلاثي الأبعاد

الإسم: وسيم علي الرحيل¹ المشرف: د. مهند منصور²

الملخص:

من المشاكل الشائعة في الحقول السورية هو عدم الدراسة الكافية للحقول التي تؤدي الى مشاكل منها الحفر الجاف او الإنتاجية القليلة التي يمكن تفاديها بشكل افضل لو تم اجراء تفسير المعطيات بالاعتماد على البرامج الحديثة.

حقل صدد هو حقل مكتشف حديثا ولا يزال قيد الدراسة، تم حفر فيه العديد من الابار وخلال مرحلة الحفر للبئر رقم 2 تبين ان البئر ذو إنتاجية معدومة على الرغم من كون البئر في أعلى التركيب وذلك نتيجة لوجود فائق عكسي ضمن الطبقة. ومن هنا انطلقنا بالعمل على ضرورة إيجاد نموذج جيولوجي لهذه الحقل محدد عليه أعالي الطبقات مع الفوالق بهدف اعاده تقييم للمأمولية الهيدروكربونية في هذا الحقل بالاعتماد على الدراسة البنيوية.

تم اعاده تفسير المعطيات الاهتزازية باستخدام برنامج بتزل، حيث تم تحديد السطح العلوي والسفلي لتشكيلة الكوروشينا دولوميت واعادة تحديد الفوالق بشكل ادق، بحيث تتوافق معطيات التفسير الجديدة مع معطيات الابار. ومن ثم تم بناء نموذج ثلاثي الابعاد لتشكيلة الكوروشينا دولوميت. تضمن هذا النموذج دراسة منطقة غير مستكشفة بشكل جيد من قبل الشركة السورية ولا يوجد فيها ابار محفورة.

بعد بناء النموذج الجيولوجي تم اقتراح حفر ابار جديدة يمكن ان تكون ذات مأمولية غازية بناء على التركيب البنيوي للمنطقة التي لا يوجد فيها ابار محفورة.

كلمات مفتاحية: نموذج ثلاثي الأبعاد- كوروشينا دولوميت — حقل صدد- المعطيات

الاهتزازية

Structural re-evaluation of the Sadad field by creating a 3D model

Abstract:

One of the common problems in Syrian fields is the lack of sufficient study of the fields, which leads to issues such as dry wells or low productivity that could be better avoided if data interpretation were conducted using modern software. The Sadad field is a recently discovered field that is still under study, where many wells have been drilled. During the drilling phase of well number 2, it became evident that the well had no productivity, despite being at the top of the structure, due to the presence of a reverse fault within the layer. From here, we commenced the work on the necessity of establishing a geological model for this field, outlining the upper layers alongside the faults, with the goal of reassessing the hydrocarbon potential in this field based on structural study. The seismic data was reinterpreted using the Petrel software, where the upper and lower surfaces of the Koroshina Dolomite Formation were identified and the faults were redefined more accurately, so that the new interpretation data aligned with the well data. Subsequently, a three-dimensional model of the Koroshina Dolomite Formation was constructed. This model included a study of an area not well explored by the Syrian company and where no wells have been drilled.

. After constructing the geological model, the drilling of new wells was proposed, which may have gas potential based on the structural composition of the area where no wells have been drilled.

Keywords: 3D Model - Koroshina Dolomite - Sadad Field - Seismic Data

المقدمة:

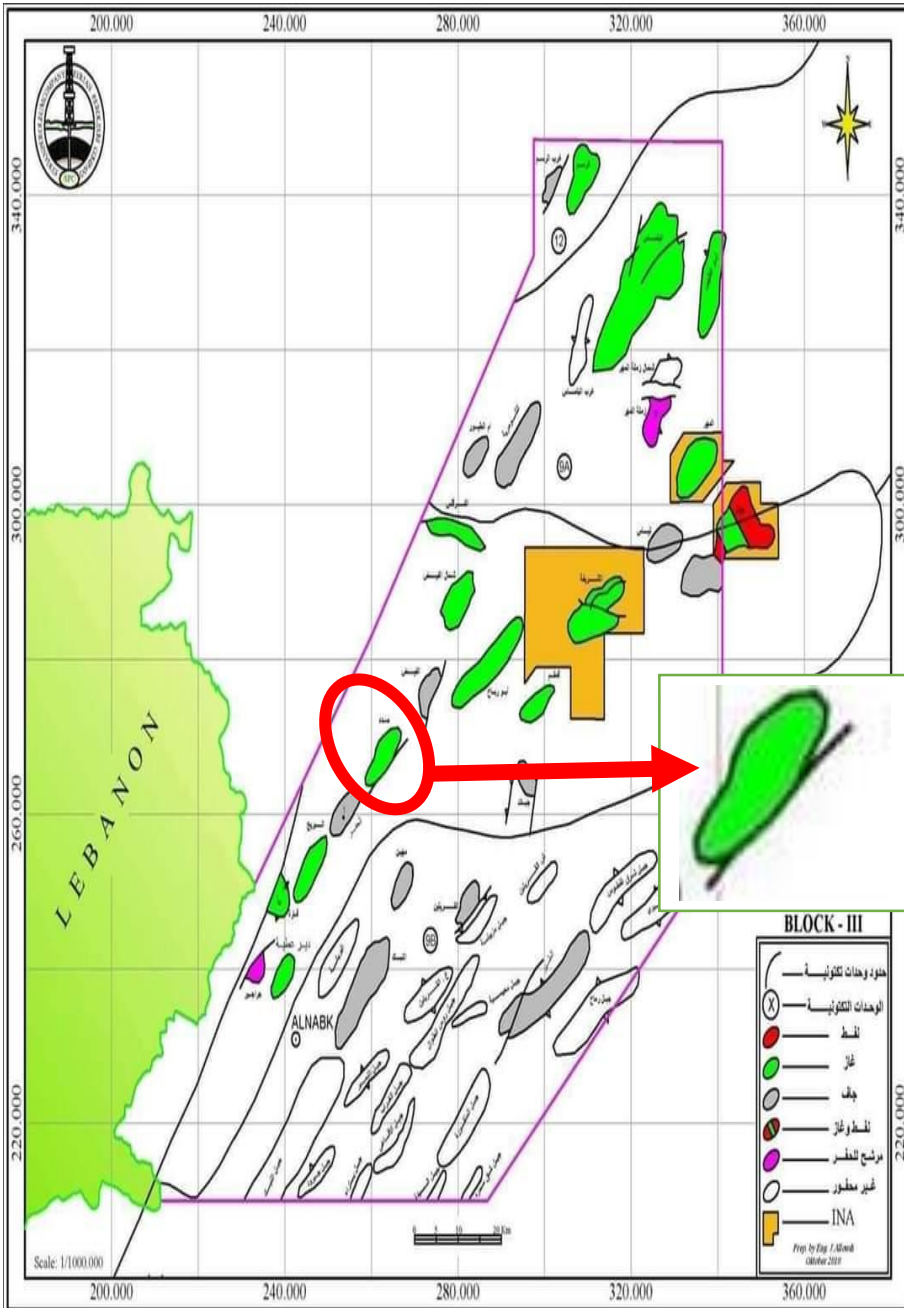
يقع حقل صدد على بعد 37 كم شمال شرق مدينة النبك ويتوضع على الاطراف الغربية لحوض الدو الشكل (1). ويعتبر من الحقول التابعة لمديرية حقول المنطقة الوسطى وهو من الحقول المكتشفة الحديثة نسبيا حيث بدأ الحفر في هذا الحقل في العام 2004، وقد وصل عدد الابار المحفورة في الحقل الى 12 بئر في الجزء الجنوبي الغربي من الحقل بينما الجزء الشمالي لم يتم الحفر فيه.

بنيوياً، يمثل حقل صدد تركيب ذو محور طي يأخذ اتجاه شمال شرق - جنوب غرب. ويحده من الشمال الشرقي تركيب الفيض، ومن الجنوب الغربي تركيب الحفر، وإلى الجنوب الشرقي تركيب مهين. ويعد تركيب صدد احدى تراكيب حوض الدو شكل (1). [1]

يتميز حوض الدو بأهميته الهيدروكربونية من ناحية تواجد صخور مولده وخازنة ومغطية جيدة بسماكات مختلفة والتشكيلة المنتجة فيه هي الكوروشينا دولوميت والتشكيلة المغطية هي الكوروشينا انهدريت. هذا ما شجع على القيام بدراسات جيولوجية وجيوفيزيائية بقصد اعادة تقييم الامكانات الهيدروكربونية لهذا الحوض، ودراسة دور التكتونيك في تكوين مصائد محتملة جديدة ذات مخزون جيد. [2]

تعتبر عدم إنتاجية البئر 2 (بئر جاف) من أهم المشاكل التي تمت مصادفتها في حقل صدد. حيث وجد فالق عكسي كرر قسم من تشكيلة الكوروشينا دولوميت على عمق (3615-4198) أثناء حفر البئر وهذا يعكس الطبيعة التكتونية المعقدة في منطقة البئر. يعود التحديد الخاطئ لموقع البئر 2 على الرغم من وجوده في اعلى التركيب، الى عدم دقة تفسير المعطيات الاهتزازية، وبالتالي عدم دقة الخريطة الزمنية للسطح العلوي لتشكيلة الكوروشينا دولوميت، وهذه المشكلة شكلت المبرر الأساسي لإعادة دراسة الحقل في هذه البحث.

إعادة التقييم البنيوي لحقل صدد بإنشاء نموذج ثلاثي الأبعاد



الشكل (1) يبين موقع حقل صدد [1]

الوضع الجيولوجي للتشكيلة الخازنة "تشكيلة الكوروشينا دولوميت"

يبين الشكل رقم (2) حيث تم رسم مقطع جيولوجي لحقل صدد بالاعتماد على معطيات الابار يبدأ من البئر رقم 5 ثم الى (6-3-7-1-4) حتى البئر رقم 2 ، موضح عليه الطبقات حيث نلاحظ ان هنالك توزع متساوي لسماكة الطبقات لتشكيلات البطما الكوروشينا دولوميت و الكوروشينا الانهدريت في مناطق الابار. [1]

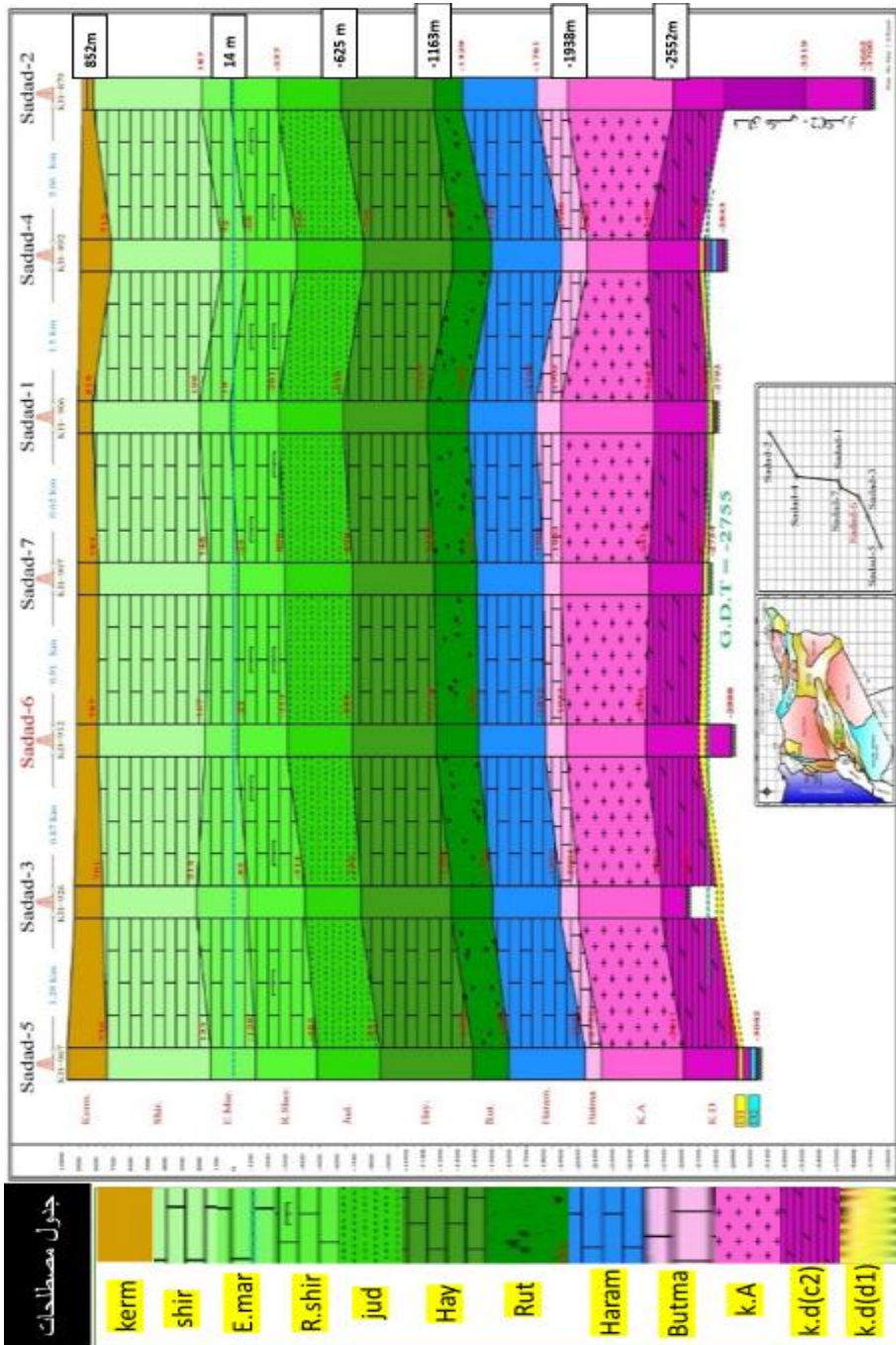
تتألف تشكيلة الكوروشينا دولوميت بشكل اساسي من الدولوميت المتشقق مع تداخلات كلسية وغضارية انهدريته، قامت الشركة السورية للنفط بتقسيم تشكيلة الكوروشينا دولوميت الى ثلاث نطاقات هي: الاسفل D2 ، والاوسط D1 ، والاعلى C2. تحوي هذه التشكيلة بعض المستويات المولدة للنفط في النطاق الاسفل منها، بينما يعتبر النطاقان الاوسط والاعلى كخزانات هامة. [2]

تعد جميع آبار حقل صدد منتجة باستثناء البئرين (2-5). تعود عدم انتاجية البئر 2 الى أسباب بنوية. [3][4][5]

وتنتشر تشكيلة الكوروشينا دولوميت بمساحات واسعة في المناطق الشمالية والشمالية الشرقية من الاراضي السورية وبسماكات تتراوح بين 400-550م. وصفت هذه التشكيلة اول مرة من قبل Wetzel عام 1950 في منطقة الحمادية في العراق، وتبين أنها تتألف في سورية من دولوميا رمادية ذات مسامية ضعيفة، مشققة أحياناً، ومتداخلة مع الانهدريت والغضار [6]

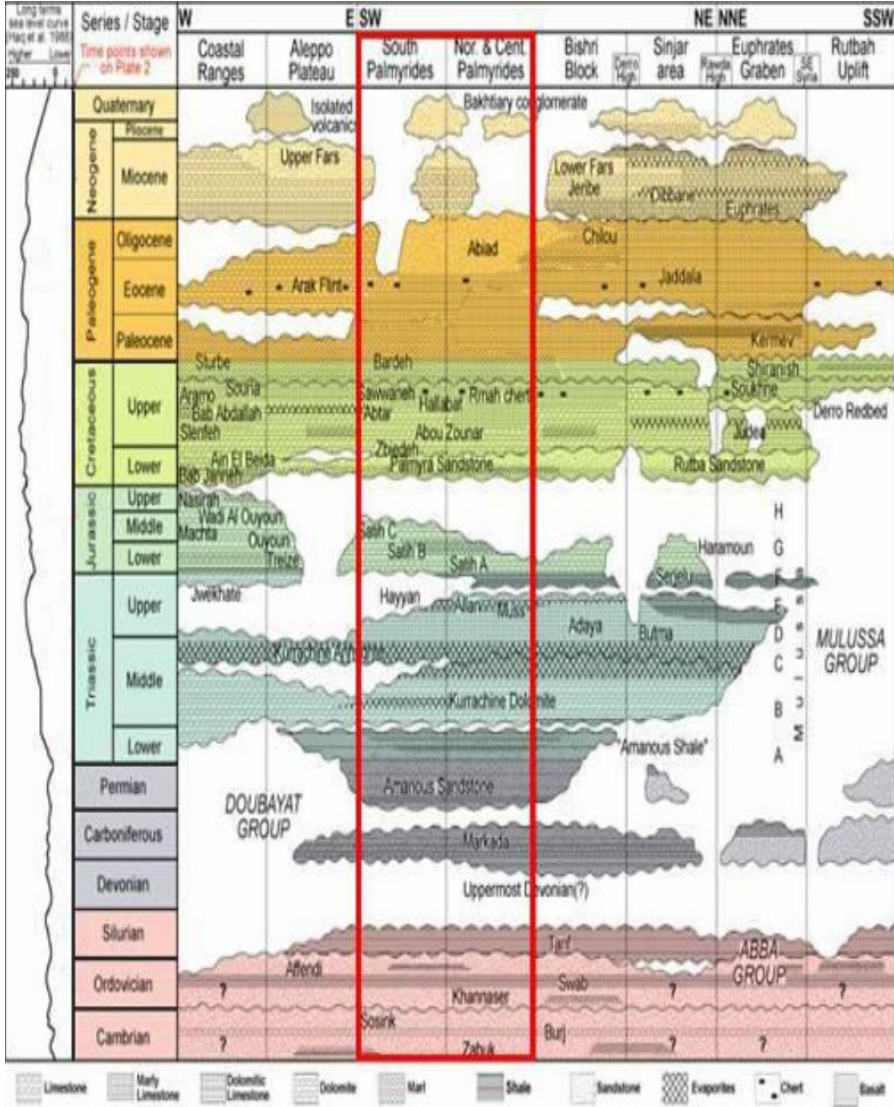
كما تعد تشكيلة الكوروشينا دولوميت من اهم التشكيلات الحاملة للنفط والغاز في السلسلة التدمرية، وتتكون من تعاقب لتوضعات كربوناتيية مكونة من دولوميت أو كلس نقي أحيانا وغضارية أحيانا، ويتداخل معها تداخلات من الشيل والغضار ونادر ما تجد فيها تداخلات من الانهدريت والدولوميت الانهدريتي ويدل ذلك على شروط ترسيبية

مختلفة [7]



الشكل (2) يمثل مقطع جيولوجي بناء على المضاهاة بين الآبار في حقل صدد [1]

وان تشكيلة الكوروشينا دولوميت العائدة الى الترياسي الأوسط هي احد التشكيلات الجيولوجية المكونة للعمود الطبقي في سوريا وتشغل حيز مهم بين تشكيلتي الامانوس شيل والكوروشينا انهدريت الشكل (3)، وتنتشر صخور التشكيلة في الأجزاء الشرقية والشمالية الشرقية وسط البلاد في نطاق الطي التدمري وحوض الدو. [8]



الشكل (3)النتابع الطبقي العام في سوريا [8]

تشكّل خزانات الدولوميت ما يقارب ربع خزانات النفط والغاز العالمية، وقد أصبحت محط اهتمام جيولوجيي البترول.[9]

وتُعدّ مكامن الدولوميت المكتشفة في الأعماق من أفضل المكامن في الصين حالياً، حيث تتميز بسمك كبير وانتشار واسع، وتحتوي على مساميه ثانوية كبيره[10]

كما تُعدّ خزانات الحجر الكلسي أكثر وفرةً في الولايات المتحدة من خزانات الدولوميت (بنسبة تقارب 3 إلى 1)، وذلك لأن الحجر الكلسي أكثر وفرةً من الدولوميت غالباً ما تكون ذات مسامية ونفاذية أقل إلى ان الشقوق الفعالة على أعماق الخزان تكون أكثر احتمالاً في الدولوميت منها في الحجر الكلسي [11]

وكشفت النتائج أن المسامية في الصخور الدولوميتية تُعزى في الغالب إلى المسامات الأولية، والانحلال أثناء الدفن، كما أن حدوث الدلمتة في مرحلة مبكرة ساعد على الحفاظ على المسامات الأولية[12]

وتختلف خصائص خزان الدولوميت اختلافاً كبيراً من نوع دولوميت إلى آخر، وذلك تبعاً لنسيج الرواسب الأصلي، وآلية تشكل الدولوميت، ومدى تأثير العمليات التحويرية التي تطرأ على الدولوميت المتكون في المراحل المبكرة بعد عملية الدلمتة مثل التكيف والتشقّق وتآكل الدفن [13]

وفي حوض سينشوان يُعدّ خزائناً كارستياً دولوميتياً قديماً وعميقاً للغاية، ويتميز بصعوبة كبيرة في تطويره، وذلك بسبب رقة طبقاته وتبعثرها الشديد بالإضافة إلى التباين القوي في خصائصه. ويتميز الخزان عموماً بانخفاض المسامية وانخفاض النفاذية[14]

حيث يتكوّن في نظام الكربونات-الملح المتبخّر نوعان من الدولوميت (ترسيبي وإحلالي) وثلاثة أنواع من الخزانات؛ كما ان ثاني أكسيد الكربون والأحماض العضوية الناتجة عن تحلل الكائنات الدقيقة في المراحل المبكرة، وتحلل الدولوميت الميكروبي في المراحل

المتأخرة، بالإضافة إلى الدلمتة المبكرة، ويعد من العوامل الرئيسية التي تؤثر على تطور خزانات الدولوميت الميكروبي ذات الجودة العالية [15].

كما إن المعرفة الدقيقة بمعدلات تفاعل الحمض في الخزانات الغازية العميقة يمكن أن تسهم بشكل كبير في نجاح التعرف على خصائص خزان الدولوميت [16]

والدولوميت ليس فلزاً بسيطاً؛ إذ يمكن أن يتكوّن كترسيب أولي، أو كاستبدال ثانوي أثناء التحول الجيولوجي، أو كطور حراري مائي/تحولي. يمكن أن يتكوّن الدولوميت في البحيرات، أو تحت قاع البحر الضحل، أو في مناطق تدفق المياه المالحة (الملحية)، أو في بيئات الدفن المبكرة والمتأخرة. وقد يتكوّن من مياه البحر، أو من المياه القارية، أو من اختلاط المياه المالحة الحوضية، أو من اختلاط المياه المالحة الشديدة بمياه البحر، أو من اختلاط مياه البحر بالمياه (مياه الأمطار)، أو من خلال تبريد المياه المالحة الحوضية. [17]

ويُعرّف التحول إلى دولوميت حراري مائي بأنه عملية تحول تحدث في ظروف دفن، غالباً في أعماق ضحلة، بواسطة سوائل (عادةً مالحة جداً) ذات درجات حرارة (T) وضغوط و (P) أعلى من تلك الموجودة في التكوين الحاضن. وغالباً ما يكون التكوين الحاضن عبارة عن حجر كلسي [18].

مبشرات البحث

- يعتبر حقل صدد من الحقول السورية المكتشفة حديثا ولا يزال قيد الدراسة
- الابار المحفورة في حقل صدد لا تغطي كامل التركيب المدروس وهنا تبرز أهمية دراسة الحقل من اجل استكشاف باقي اجراء التركيب
- بالإضافة الى المشاكل التي تم مصادفتها اثناء الحفر منها الإنتاجية المعدومة للبئر رقم 2 بسبب وجود فالق عكسي في منطقة البئر ذلك بسبب غياب نموذج ثلاثي ابعاد محدد عالية الفوالق بدقة وهذا من الأسباب الهامة التي دفعتنا لانجاز البحث

هدف البحث

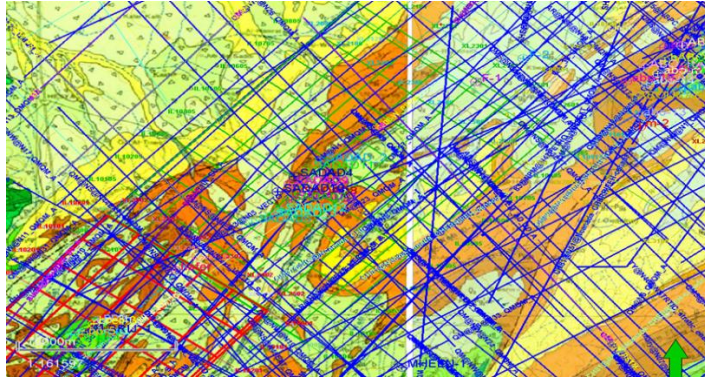
1. انشاء نموذج ثلاثي الابعاد لتشكيلة الكوروشينا دولوميت ضمن حقل صدد يشمل

- السطح العلوي لتشكيلة الكوروشينا دولوميت
- السطح السفلي لتشكيلة الكوروشينا دولوميت
- الفوالق الموجودة ضمن التشكيلة

2. إعادة التقييم البنيوي للحقل

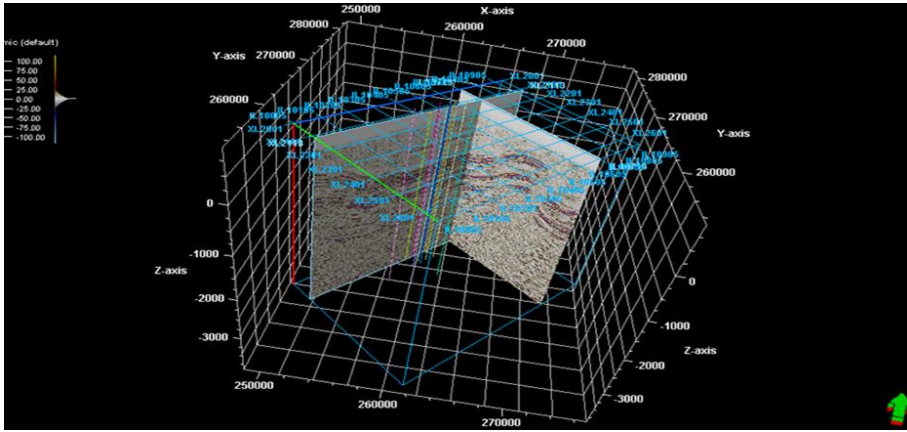
طرائق البحث ومواده

- تم الاعتماد على المقاطع الاهتزازية (3D) المنفذة من قبل الشركة السورية للنفط في المنطقة المدروسة الشكل (4).



الشكل (4) يمثل بروفيلات التسجيل للمسح الاهتزازي لمنطقة حقل صدد(الشركة السورية للنفط)

- تم معالجة المعطيات الاهتزازية لمنطقة حقل صدد من قبل الشركة السورية للنفط، وبعد اجراء عمليات المعالجة تم الحصول على البيانات الاهتزازية ثلاثية الابعاد الشكل (5) البيانات الاهتزازية وفق خطوط (IL-XL) لمنطقة حقل صدد.
- حيث سيتم استخدامها في عملية انشاء النموذج البنيوي (3D)



الشكل(5) البيانات الاهتزازية (3D) موضح عليها كل من (IL-XL) [1]

- كما سيتم استخدام معطيات الابار (جدول 1) المنفذة من قبل الشركة السورية من أجل إعادة تفسير المعطيات الاهتزازية بالاعتماد على أعماق السطوح العلوية للطبقات المخترقة بواسطة البئر

الجدول (1) يوضح أعالي الطبقات لكل بئر: [1]

بئر	التشكيلة (الطبقة)	عمق السطح العلوي للطبقة	نوع الطبقة
SADAD_1	BUTMA	2662	horizon
SADAD_1	K.ANHYDRITE	2808	horizon
SADAD_1	K.DOLOMITE(C2)	3347	horizon

SADAD_1	K.DOLOMITE(D1)	3664	horizon
SADAD_1	K.DOLOMITE(D1P)	3690	horizon
SADAD_2	BUTMA	2640	horizon
SADAD_2	K.ANHYDRITE	2817	horizon
SADAD_2	K.DOLOMITE(C2)	3431	horizon
SADAD_2	K.DOLOMITE(D1)	4541	horizon
SADAD_3	BUTMA	2823	horizon
SADAD_3	K.ANHYDRITE	2930	horizon
SADAD_3	K.DOLOMITE(C2)	3413	horizon
SADAD_4	BUTMA	2806	horizon
SADAD_4	K.ANHYDRITE	2935	horizon
SADAD_4	K.DOLOMITE(C2)	3294	horizon
SADAD_4	K.DOLOMITE(D1)	3598	horizon
SADAD_4	K.DOLOMITE(D1P)	3630	horizon
SADAD_5	BUTMA	3008	horizon
SADAD_5	K.ANHYDRITE	3105	horizon
SADAD_5	K.DOLOMITE(C2)	3578	horizon
SADAD_5	K.DOLOMITE(D1)	3896	horizon
SADAD_5	K.DOLOMITE(D1P)	3924	horizon
SADAD_6	BUTMA	2753	horizon
SADAD_6	K.ANHYDRITE	2850	horizon
SADAD_6	K.DOLOMITE(C2)	3307	horizon
SADAD_6	K.DOLOMITE(D1)	3650	horizon
SADAD_7	BUTMA	2708	horizon
SADAD_7	K.ANHYDRITE	2810	horizon
SADAD_7	K.DOLOMITE(C2)	3321	horizon
SADAD_7	K.DOLOMITE(D1)	3634	horizon
SADAD_8	BUTMA	2628	horizon
SADAD_8	K.ANHYDRITE	2727	horizon
SADAD_8	K.DOLOMITE(C2)	3333	horizon
SADAD_8	K.DOLOMITE(D1)	3647	horizon
SADAD_9	BUTMA	2795	horizon
SADAD_9	K.ANHYDRITE	2980	horizon
SADAD_9	K.DOLOMITE(C2)	3312	horizon
SADAD_9	K.DOLOMITE(D1)	3628	horizon
SADAD_9	K.DOLOMITE(D1P)	3656	horizon
SADAD_10	BUTMA	2871	horizon
SADAD_10	K.ANHYDRITE	2947	horizon
SADAD_10	K.DOLOMITE(C2)	3359	horizon
SADAD_10	K.DOLOMITE(D1)	3681	horizon
SADAD_11	BUTMA	2738	horizon
SADAD_11	K.ANHYDRITE	2905	horizon

SADAD_11	K.DOLOMITE(C2)	3291	horizon
SADAD_11	K.DOLOMITE(D1)	3614	horizon
SADAD_11	K.DOLOMITE(D1P)	3643	horizon
SADAD_12	K.ANHYDRITE	2848	horizon
SADAD_12	K.DOLOMITE(C2)	3261	horizon

- بالإضافة لذلك استخدم تصحيح (checkshot) للبئر رقم 1 (جدول 2) وذلك من أجل الربط بين القياس الزمني للبيانات الاهتزازية والقياس البئر بالمتر من أجل تحديد السطح العلوي بدقة على البيانات الاهتزازية. يعود سبب الاعتماد على البئر رقم 1 فقط في عملية إعادة التفسير وبناء النموذج البنيوي ثلاثي الأبعاد الى عدم توفر تصحيح لباقي الآبار

الجدول (2) يوضح تصحيح (checkshot) للبئر رقم 1

الزمن المضاعف (s)	عمق السطح العلوي للطبقة (m)
-0.2846	710
-0.3704	888
-0.5032	1167
-0.6269	1544
-0.8080	2031
-0.9424	2343
-1.0513	2675
-1.0813	2760
-1.3402	3349
-1.4595	3664

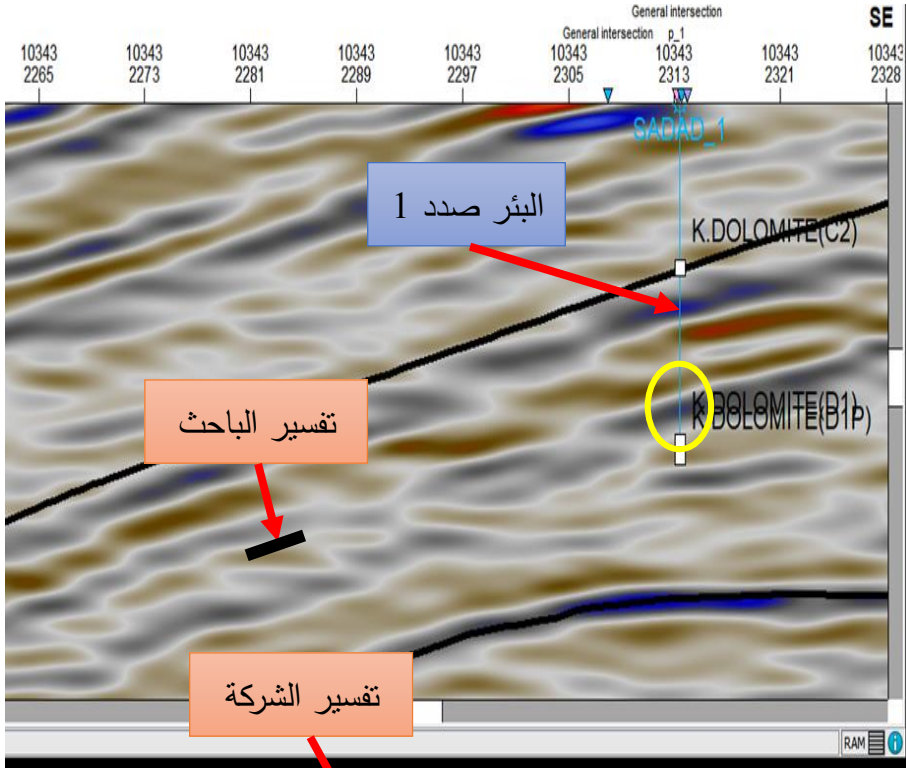
تم تفسير إعادة تفسير باستخدام برنامج **Petrel** المصمم من قبل شركة شلمبرجير المتخصصة في صناعة النفط والغاز. يسمح البرنامج للمستخدم بإعادة تفسير البيانات الاهتزازية بالاعتماد على المعطيات الآبار، وبناء موديل بنيوي ثلاثي الأبعاد للحقل المدروس وإنشاء الخرائط التركيبية وغيرها.

النتائج والمناقشة

1. تحديد السطح العلوي لتشكيلة الكوروشينا دولوميت بشكل ادق

تم تحديد السطح العلوي لتشكيلة الكوروشينا دولوميت اعتمادا على بيانات البئر رقم 1 وذلك من خلال تنزيل البئر مع أعالي الطبقات على المقطع الاهتزازي من خلال تصحيح (checkshot) الذي يربط بين القياس البئري بالمتر والمقطع الاهتزازي بالزمن ولم يتم استخدام باقي الابار لعدم توفر تصحيح (checkshot) لها

بنتيجة اعادة التفسير وجدنا أن هناك خطأ في تحديد السطح العاكس لتشكيلة الكوروشينا دولوميت من ناحية العمق في الخريطة التركيبية للشركة السورية وعدم تقاطعها مع السطح العلوي للطبقة في البئر المنتج رقم 1 وذلك بعد ربط القياس البئري بالمقطع الاهتزازي مما دفعنا الى إعادة التفسير وإعادة رسم الخريطة للسطح العلوي لتشكيلة

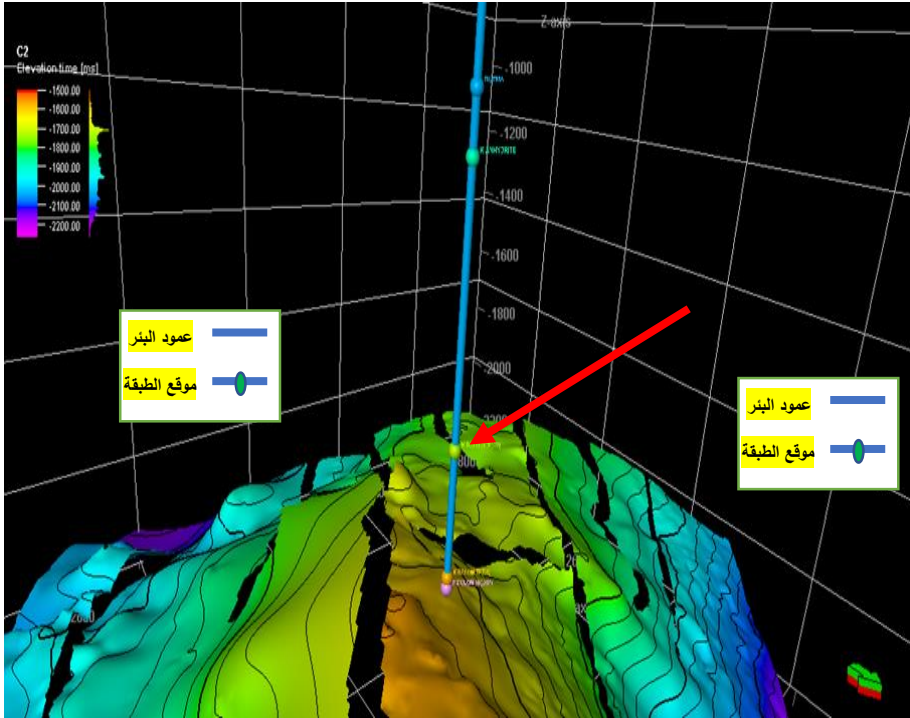


الكوروشينا دولوميت كما هو موضح بالشكل (6) حيث نلاحظ ان تفسير الباحث للسطح

العلوي لتشكيلة الكوروشينا دولوميت تقاطع مع أعالي الطبقة على البئر صدد 1 كما هو موضح بالدائرة الصفراء بينما التفسير السابق لم يتقاطع مع أعالي الطبقة للبئر

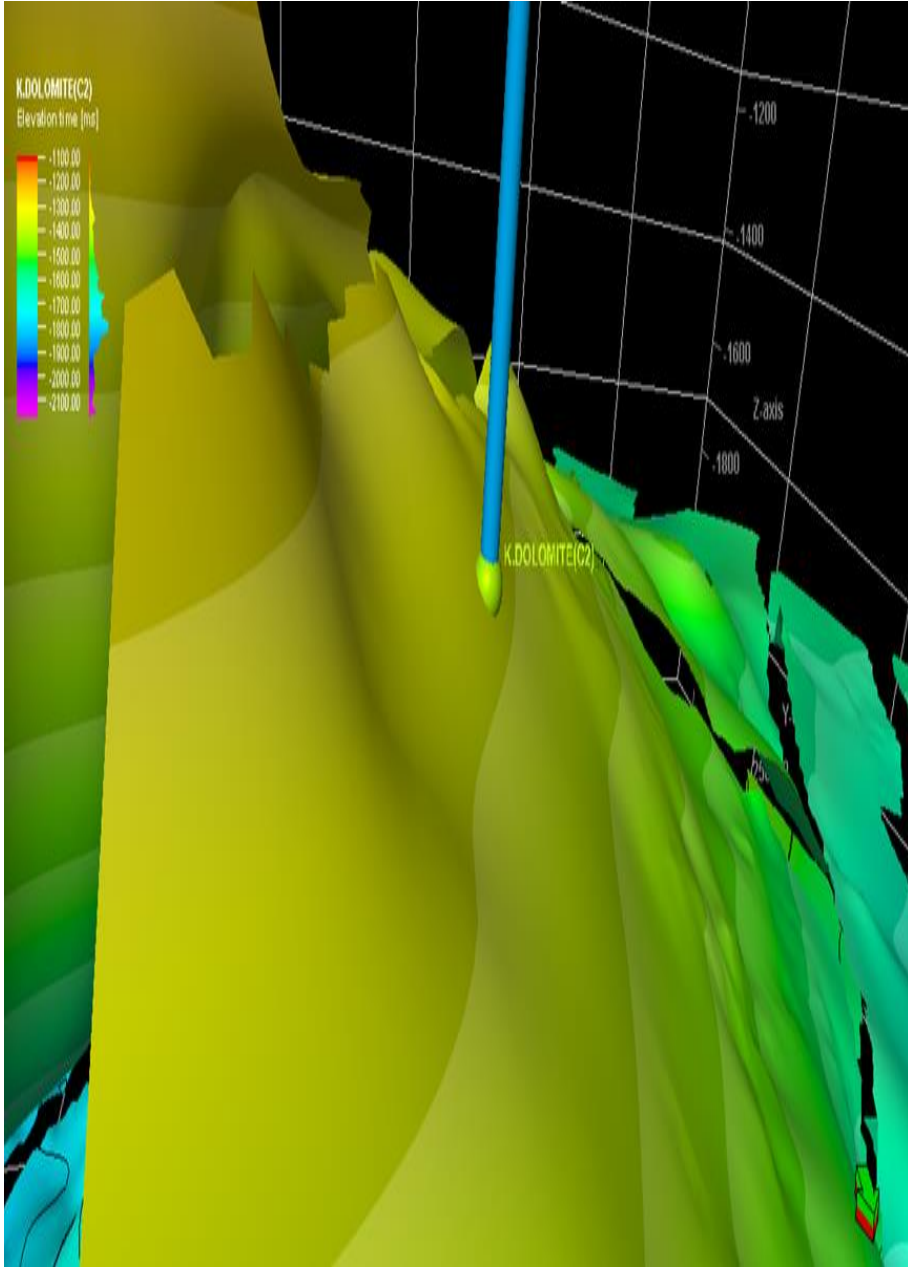
الشكل (6) يمثل الفرق بتحديد السطح العلوي لتشكيلة الكوروشينا دولوميت بين التفسير السابق للشركة السورية للنفط وتفسير الباحث.

يتميز السطح العلوي لتشكيلة المنتجة (الباحث)بانه محدد بشكل أدق ويمكن اثبات ذلك من الابار المحفورة. حيث أن السطح العلوي للكوروشينا دولوميت المحدد على الخرائط الزمنية للشركة السورية للنفط لا يتوافق مع السطح العلوي المخترق بالابار. يبين الشكل (7) الفرق بين موقع الطبقة على البئر رقم 1 والتفسير السابق لسطح الكوروشينا دولوميت حيث تقع خريطة السطح العلوي للكوروشينا دولوميت المفسر سابقا من قبل الشركة اسفل من موقع الطبقة على البئر كما هو موضح بالسهم الأحمر(موقع السطح العلوي لتشكيلة المنتجة على البئر)



الشكل (7) يوضح السطح العلوي لتشكيلة الكوروشينا دولوميت المفسر من قبل الشركة سابقا مع البئر رقم 1. يشير السهم الاحمر الى موقع الطبقة على البئر 1 المحدد بالاعتماد على معطيات الابار .

بينما السطح المفسر من قبل الباحث للكوروشينا دولوميت يتوافق مع معطيات الابار المحفورة في الحقل الشكل (8). حيث نلاحظ تقاطع السطح العلوي للكوروشينا دولوميت (الباحث) مع موقع الطبقة على البئر كما هو موضح بالسهم الأحمر (موقع السطح العلوي للتشكيلة المنتجة على البئر)

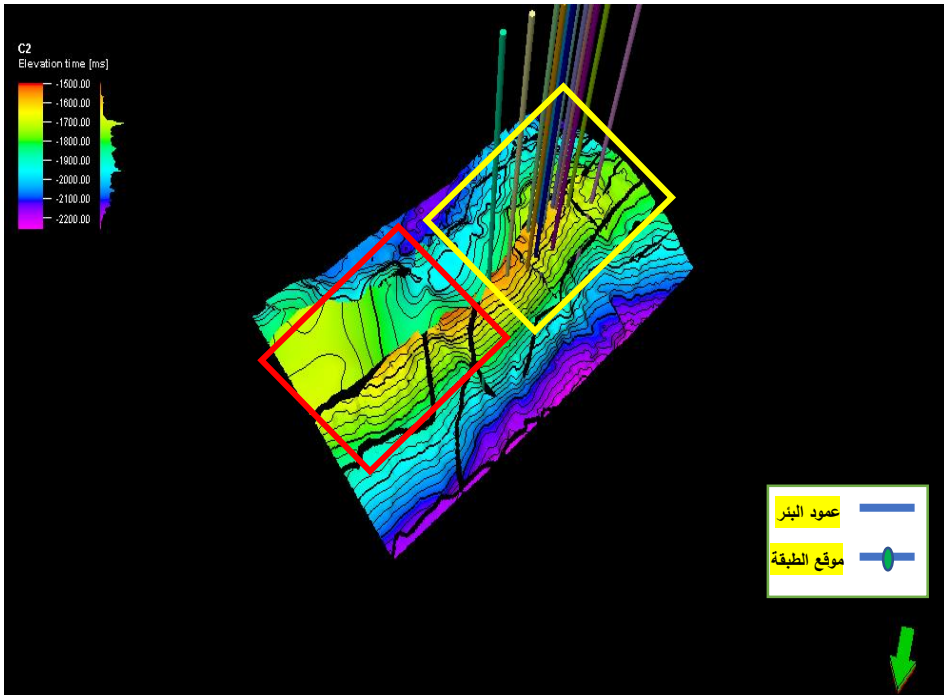


الشكل (8) يوضح السطح العلوي لتشكيلة الكوروشينا دولوميت (الباحث) مع البئر رقم 1 . نلاحظ أن السطح العلوي للتشكيلة المنتجة يتقاطع مع موقع البئر المحدد بالاعتماد على معطيات الابار (الباحث)

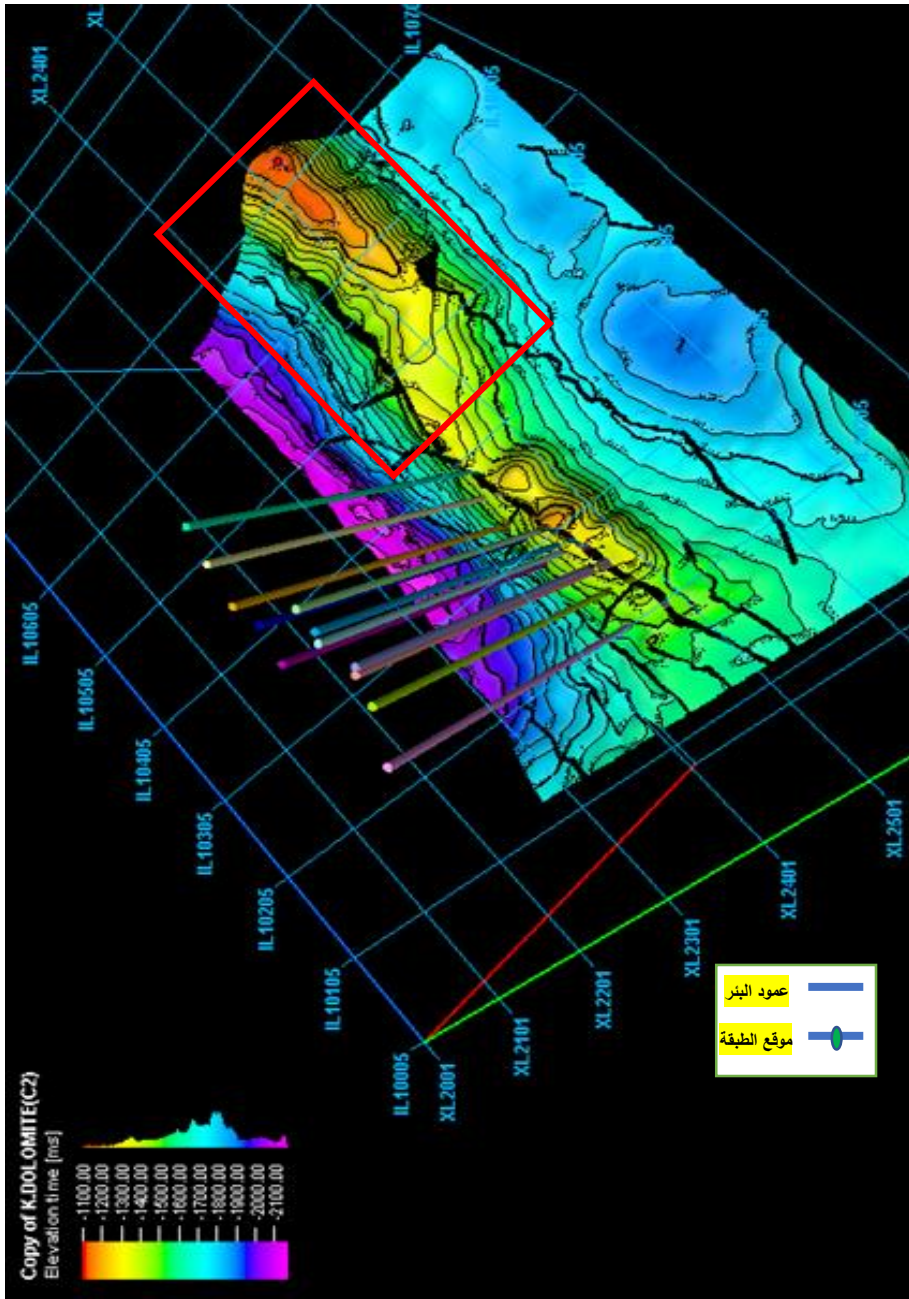
2. استكمال دراسة الحقل لتشمل أجزاء جديدة:

بناءً على الشكل (9) التفسير السابق للشركة للسطح العلوي لتشكيلة الكوروشينا دولوميت نلاحظ الاعتماد بعملية الحفر على الجزء الجنوبي الغربي فقط (المحاط بالمستطيل الأصفر) لأن كما يظهر في الشكل (9) انها عبارة عن تركيب مرتفع بنيويا يمثل منطقة امل هيدروكربوني اكثر من باقي المناطق حيث لا يوجد أي عملية حفر في الجزء (المحاط بالمستطيل الاحمر)

بعد إعادة رسم الخريطة التركيبية الزمنية للسطح العلوي لتشكيلة الكوروشينا دولوميت الشكل (10) من جديد تبين الجزء الشمالي الشرقي من التركيب (المحاط بالمستطيل الاحمر) يظهر عبارة عن تركيب مرتفع بنيويا يمثل منطقة امل هيدروكربوني كبير



الشكل (9) يمثل خارطة زمنية لتشكيلة الكوروشينا دولوميت يظهر عليه الشكل البنيوي لحقل صدد. نلاحظ أن المنطقة المحددة بالمستطيل الأحمر لا يوجد فيها ابار محفورة . (الشركة السورية للنفط)

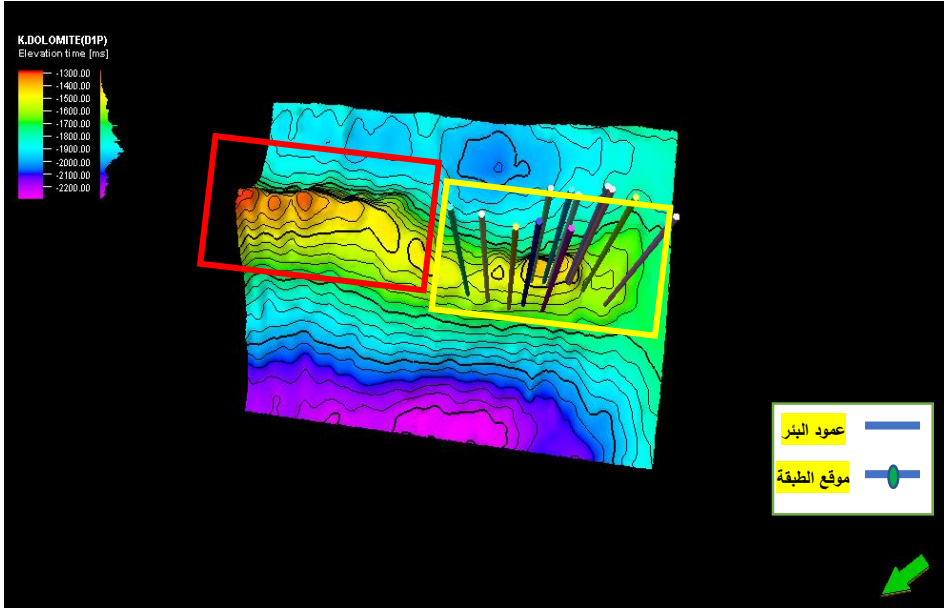


الشكل (10) يمثل خارطة زمنية لتشكلية كوروشينا دولوميت يظهر عليه الشكل البنيوي لحقل صدد. يبين المستطيل الأحمر المنطقة التي لا يوجد فيها ابار محفورة (الباحث).

بالمقارنة بين الشكل(9)والشكل (10) نجد ان الشكل(10) الخريطة التركيبية الزمنية لتشكيلة كوروشينا دولوميت (الباحث) تعبر عن التركيب بشكل اكثر وضوح ودقة من الشكل (9) وتشمل اجزاء من الحقل غير مدروسة من قبل الشركة السورية المنطقة (المحددة بالمستطيل الاحمر) حيث تمثل منطقة مرتفعة بنيويا وان الخطوط التركيبية عبارة عن خطوط مغلقة قد تكون ذات مأمولية هيدروكربونية عاليا من ناحية البنيوية

3. رسم الخريطة التركيبية للسطح السفلي لتشكيلة الكوروشينا دولوميت

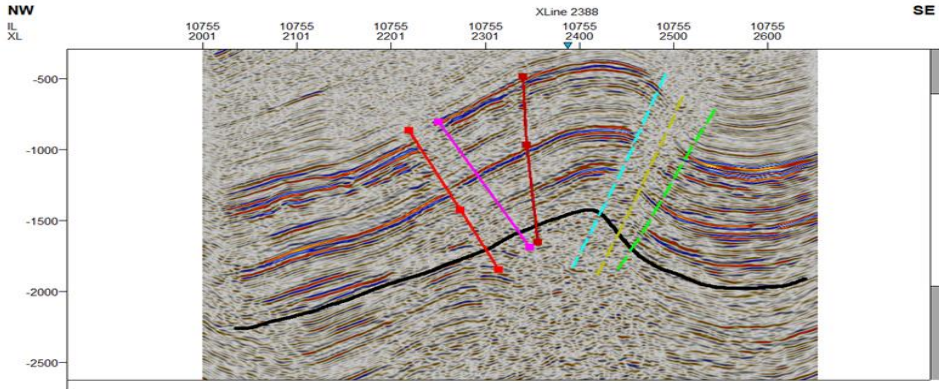
اعتمدت الشركة السورية للنفط في عمليات تحديد الابار على السطح العلوي لتشكيلة الكوروشينا دولوميت وحددت عالية الفوالق وفق المستوى الافقي ولم تقم بإنشاء نموذج ثلاثي ابعاد لذلك لم تكن بحاجة لرسم خريطه للسطح السفلي لتشكيلة الكوروشينا دولوميت ومن اجل تحقيق هدف البحث بإنشاء النموذج البنيوي ثلاثي الأبعاد لتشكيلة الكوروشينا دولوميت تم رسم السطح السفلي لتشكيلة الكوروشينا دولوميت اعتمادا على بيانات الابار حيث نلاحظ توزع الابار المحفورة في (المحددة بالمستطيل الاصفر) بينما الجزء (المحددة بالمستطيل الاحمر) لم يتم الحفر فيه



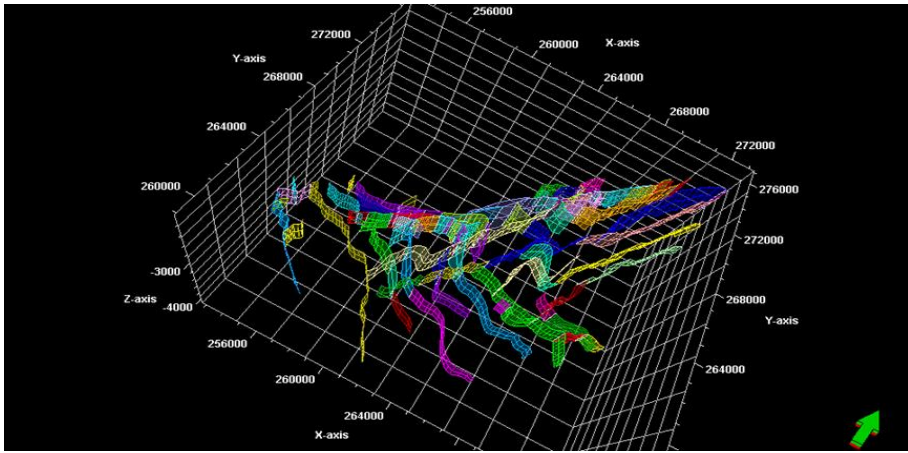
الشكل(11) يمثل خريطة زمنية (3D) للسطح السفلي لتشكيلة الكوروشينا دولوميت. يظهر عليه الشكل البنيوي لحقل صدد. يبين المستطيل الأحمر المنطقة التي لا يوجد فيها ابار محفورة (الباحث).

4. تحديد الفوالق (picking faults) وإنشاء النموذج الجيولوجي (3D)

تم تحديد الفوالق بعد الانتهاء من تحديد السطوح العاكسة حيث تم تحديد أكثر من 30 فالق ثم عملنا على نمذجة الفوالق (الشكل 12 و 13) بحيث يمثل الشكل (12) تحديد الفوالق على البيانات الاهتزازية ومن ثم عملنا على تحويل الفوالق الى نماذج الشكل (13)



الشكل (12) تحديد الفوالق على البيانات الاهتزازية (الباحث)

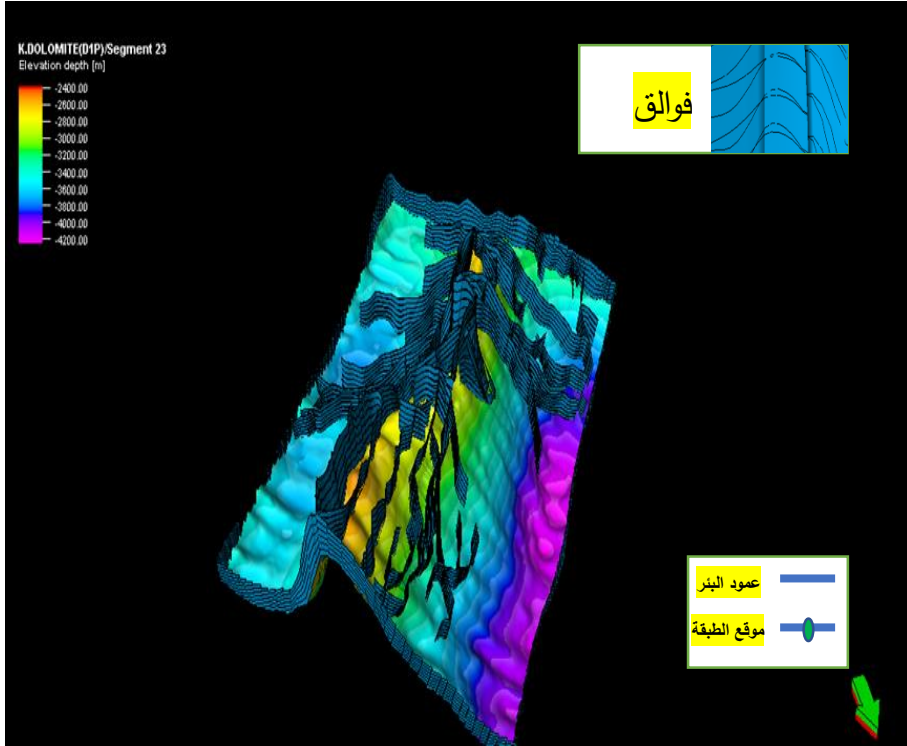


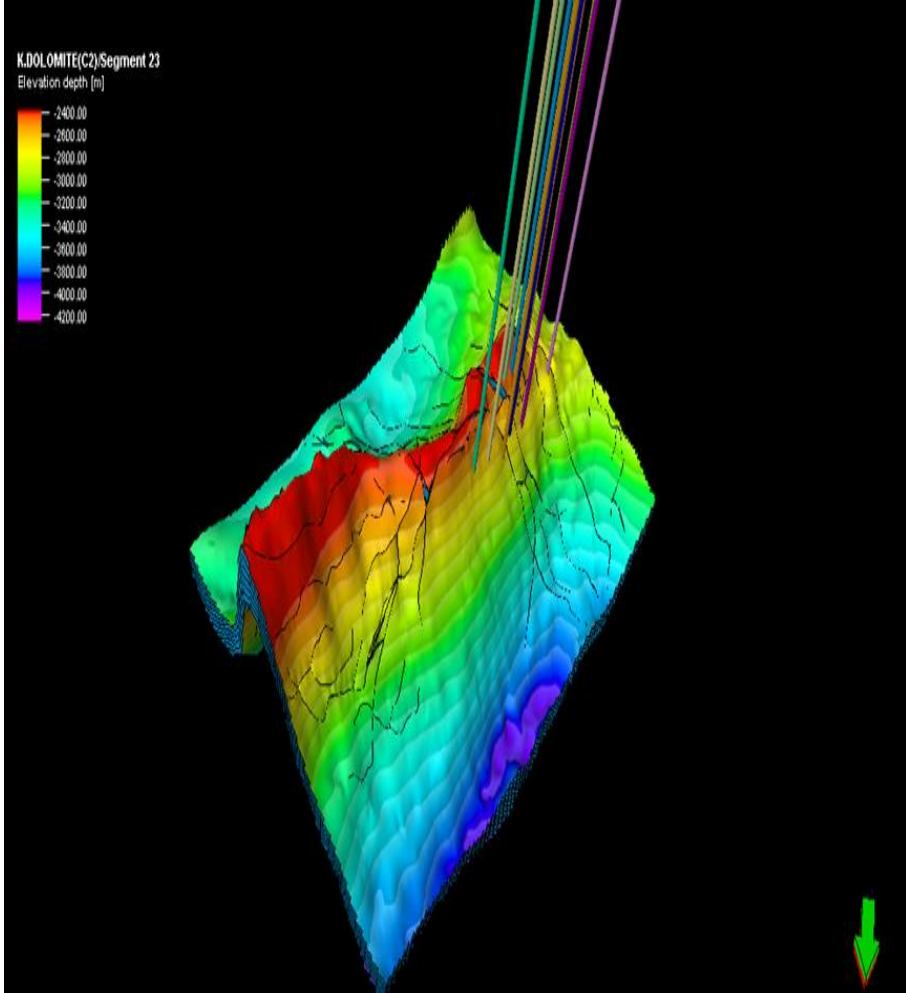
الشكل (13) فوالق ضمن نافذة (3D) بعد تحويلها الى نماذج في برنامج بترل (الباحث)

ثم عملنا على دمج الفوالق مع السطوح العليا والسفلى للكورشيما دولوميت وذلك من أجل إنشاء نموذج ثلاثي الأبعاد كما في الشكلين (14)(15)

الشكل (14) يمثل نموذج جيولوجي ثلاثي ابعاد موضح علي الفوالق والسطح السفلي للكورشيننا دولوميت يفيد في معرفة أماكن الفوالق ضمن تشكيلة الكوروشينا دولوميت بدقة

بينما الشكل (15) يمثل النموذج الجيولوجي ثلاثي ابعاد لتشكيلة الكوروشينا دولوميت موضح علي السطح العلوي والسفلي للكوروشينا دولوميت ومواقع الابار التي تم حفرها من قبل الشركة بحيث يبين لنا سماكة الطبقة مع الشكل الحقيقي لكامل الطبقة حيث نلاحظ توزيع الابار المحفورة في الجزء (المحددة بالمستطيل الاصفر) بينما الجزء (المحددة بالمستطيل الاحمر) غير المستكشف من الحقل يظهر بشكل واضح على شكل تركيب كجزء من طية محدبة وأنه مقسم الى مجموعة اجزاء بواسطة الفوالق. لذلك من الضروري دراسة هذا الجزء من الناحية البنوية ودراسة مأموليته الهيدروكربونية. الشكل(14) نموذج جيولوجي ضمن نافذه (3D) موضح عليه السطح السفلي للكوروشينا دولوميت (D1P) مع الفوالق (الباحث)



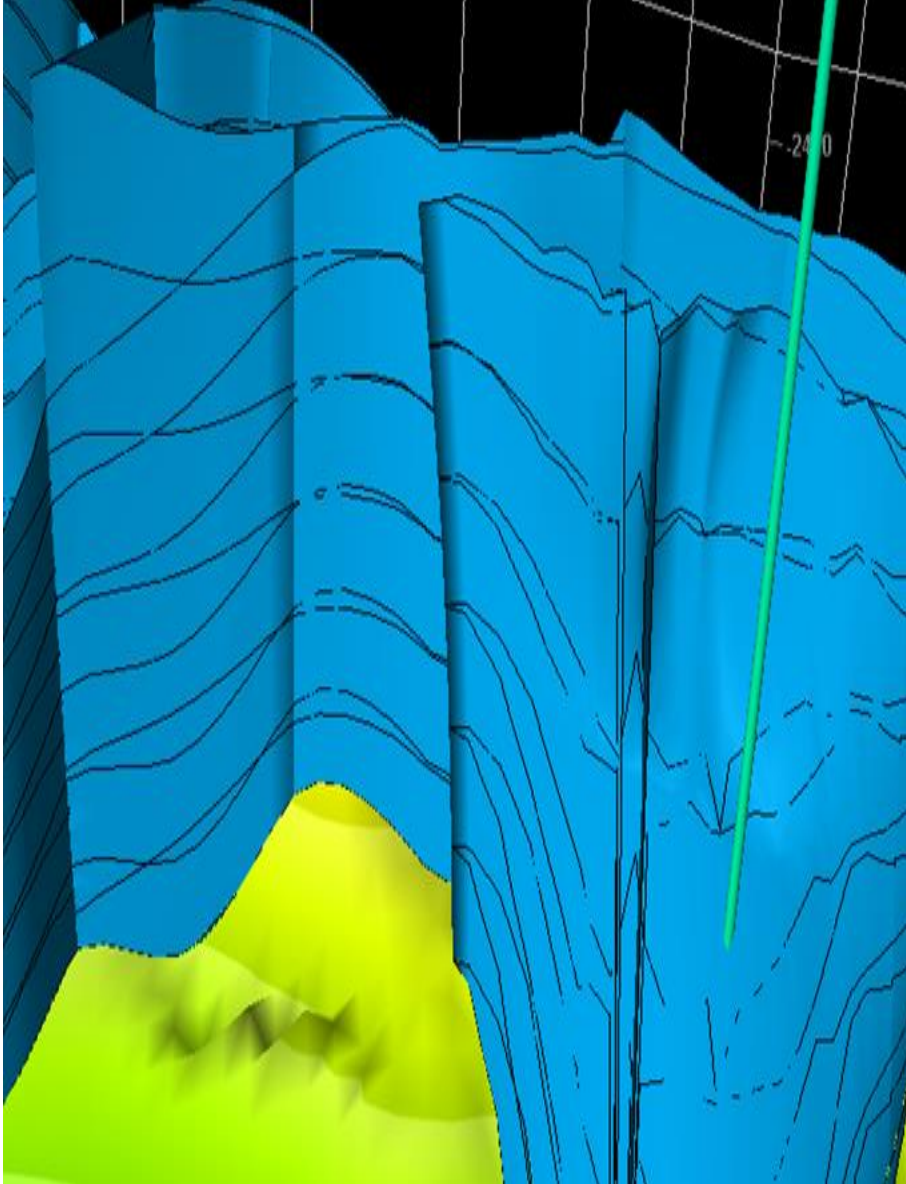


الشكل (15): نموذج جيولوجي (3D) يظهر عليه الشكل البنيوي لحقل صدد. يبين المستطيل الأحمر المنطقة غير المستكشفة من قبل الشركة السورية ولا يوجد فيها ابار محفورة (الباحث).

بالمقارنة بين الشكلين (14،15) والشكل (9) نجد ان تفسير الباحث يقدم وصف اكثر دقة واكثر شمول للتشكيلة المنتجة بحيث يمثل المنطقه بشكل افضل ويحدد أماكن الفوالق بدقه داخل الطبقة ويمثل سماكة الطبقة وشكلها العام ويفيد في استكشاف منطقة جديدة يتوقع ان تكون ذات امل هيدروكربوني من ناحية بنيوية

بيمنا تفسير الشركة لا يمثل الا السطح العلوي للطبقة (غير دقيق) واثبتنا ذلك سابقا

تتطابق الفوالق المفسرة في هذه الدراسة والمبينة بالنموذج الجيولوجي مع معطيات الابار. فمثلا يظهر الفالق الذي ادى الى عدم انتاجية البئر رقم 2 على النموذج



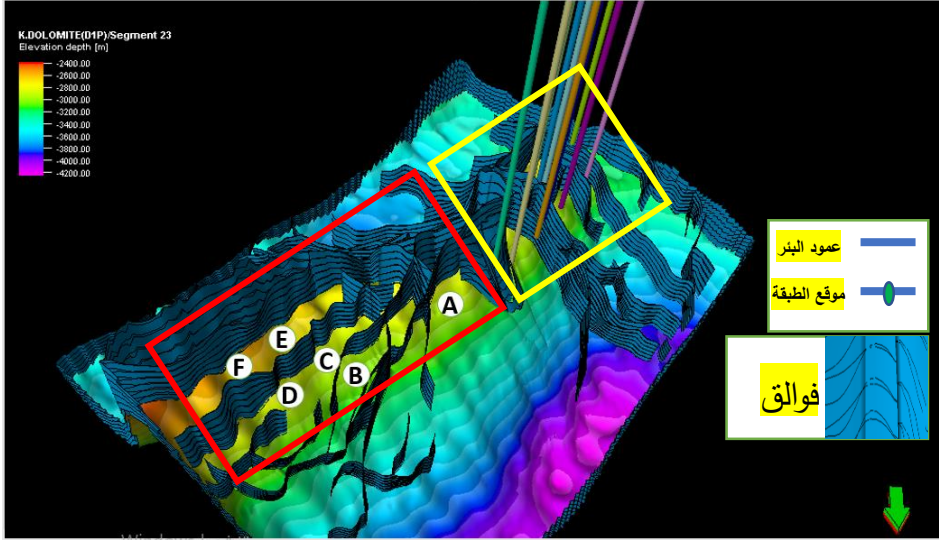
الجيولوجي بشكل متطابق مع عمقه المحدد بواسطة الابار كما يبينه الشكل التالي:

الشكل(16) الفالق الذي تم اختراقه أثناء حفر البئر رقم 2 وأدى الى عدم انتاجيته (الفالق باللون الأزرق والبئر بلون أخضر فاتح) (الباحث)

5. اقتراح حفر ابار جديدة:

بناءً على هذه الدراسة تم اقتراح حفر 6 ابار جديدة في منطقة غير مستكشفة سابقا (الجزء المحاط بالمستطيل الاحمر) من قبل الشركة السورية للنفط وهي(A-B-C-D-E-F) ذات الاحداثيات الموضحة بالجدول (3) وهذه الابار تم تحديدها في جزء من طية محدبة ومحاطة بفوالق مما يزيد من احتمال تشكل مصائد للهيدروكربونات في هذه المناطق. حيث تقع الابار المقترحة في البلوكات المفصولة عن بعضها بواسطة الفوالق بينما الابار المحفورة سابقا تقع في (الجزء المحاط بالمستطيل الاصفر) كما هو مبين بالشكل التالي:

الشكل(17) يبين السطح السفلي لتشكيلة الكوروشينا دولوميت مع الفوالق موضح عليها



الابار التي تم اقتراحها والابار المحفورة سابقا.

جدول (3) احداثيات الابار المقترحة

بئر	احداثيات (X)	احداثيات (Y)
A	264161.33	270252.59
B	267190.77	273157.11
C	267870.94	272663.35
D	268686.00	273765.33

E	269180.48	272847.73
F	270224.45	274102.33

النتائج

1. تم بناء نموذج ثلاثي ابعاد لتشكيلة الكوروشينا دولوميت **اشتمل**
 - رسم خريطه للسطح العلوي للكوروشينا دولوميت بشكل دقيق وتوصف المنطقة بشكل افضل
 - تم رسم خريطه للسطح السفلي للكوروشينا دولوميت
 - تحديد الفوالق في تشكيلة الكوروشينا دولوميت وتم تحديد اكثر من 30 فالق (منها الفالق الذي ضرب البئر رقم 2)
2. تمت إعادة التقييم البنيوي للحقل
 - تم استكشاف مناطق جديدة مرتفعة بتيويماً ذات امل هيدروكربوني
 - اقتراح 6 ابار جديدة (A-B-C-D-E-F)

المقترحات

- بنتيجة هذه الدراسة يمكن تلخيص المقترحات بما يلي:
1. إعادة اجراء عملية المعالجة للبيانات الاهتزازية لكامل المقطع بسبب وجود صعوبة في تحديد العواكس للتشكيلات.
 2. اجراء تصحيح (checkshot) لباقي الابار
 3. حفر الابار المقترحة واخذ نتائج الحفر بعين الاعتبار
 4. اجراء قياس FMI من اجل تحديد المسامية الشقية.

المراجع العربية

1. تقارير ووثائق الشركة السورية للنفط، دائرة الاستكشاف، الجيولوجيا الإقليمية، سورية - دمشق 2015
2. منصور، ع. (2018). تكامل الدراسات الليثو - تكنو - سيزمية بهدف تحسين المأمولية الهيدروكربونية لتشكيلي الكوراشينا دولوميت والكوراشينا انهديت في حوض الدو. منشورات جامعة دمشق
3. الكيلاني، أسماء، ناصر، رامت، ومعلولة، كايد. (2025). دراسة سيزمية لحقل صدد الغازي في حوض الدو - سورية. مجلة جامعة دمشق
4. الشركة السورية للنفط 2005، تقارير نهائية للابار حقل صدد - صدد 2
5. الشركة السورية للنفط 2015، تقارير نهائية للابار حقل صدد - صدد 5
6. صالح، س. العجي، ع. (2019) نمذجة الخصائص الخزنية والبتروفيزيائية لإعادة تقييم الخزان النفطي لتشكيلة الكوروشينا دولوميت في حقل جزال النفطي. مجلة جامعة دمشق
7. زين، و. الدريس، م. كفا، ج. (2019). تحديد اشباه المتتاليات الرسوبية في تشكيلة الكوراشينا دولوميت في السلسلة التدمرية باستخدام تحليل القياسات الجيوفيزيائية البئرية. مجلة بحوث جامعة حلب
8. الفاضي، م. الشرع، م. (2013) التطور الترسبي والبالوجرافي لتشكيلة الكوروشينا دولوميت في حزام الطي التدمري في سوريا. مجلة جامعة دمشق

المراجع الانجليزية

9. Zhongtang, S. U., Wei, S. H. E., Huihong, L. I. A. O., Sunlong, H. U., Guoqing, L. I. U., & Hui, M. A. (2022). Research progress and development trend of the genesis of dolomite reservoirs. *Natural Gas Geoscience*, 33(7), [1175-1188](#)
10. Ma, Y., Guo, T., Zhao, X., & Cai, X. (2008). The formation mechanism of high-quality dolomite reservoir in the deep of Puguang Gas Field. *Science in China Series D: Earth Sciences*, 51(Suppl 1), [53-64](#).
11. Schmoker, J. W., Krystinik, K. B., & Halley, R. B. (1985). Selected characteristics of limestone and dolomite reservoirs in the United States. *AAPG bulletin*, 69(5), [733-741](#).
12. Wenzhi, Z. H. A. O., Anjiang, S. H. E. N., Zhanfeng, Q. I. A. O., Liyin, P. A. N., & Anping, H. U. (2018). Genetic types and distinguished characteristics of dolomite and the origin of dolomite reservoirs. *Petroleum Exploration and Development*, 45(6), [983-997](#).
13. Sun, S. Q. (1995). Dolomite reservoirs: porosity evolution and reservoir characteristics. *AAPG bulletin*, 79(2), [186-204](#).
14. Xie, J., Guo, G. A., Tang, Q., Peng, X., Deng, H., & Xu, W. (2021). Key technologies for the efficient development of ultra-deep ancient dolomite karst gas reservoirs: a case study of the

Sinian Dengying Formation gas reservoir in the Anyue gas field of the Sichuan Basin. *Natural Gas Industry B*, 8(6), [588-595](#).

- 15.** Anping, H. U., Anjiang, S. H. E. N., Hanxuan, Y. A. N. G., Xin, W. A. N. G., Liu, Y. A. N. G., & Shaoxing, M. E. N. G. (2019). Dolomite genesis and reservoir-cap rock assemblage in carbonate-evaporite paragenesis system. *Petroleum Exploration and Development*, 46(5), [969-982](#).
- 16.** Taylor, K. C., Al-Ghamdi, A. H., & Nasr-El-Din, H. A. (2004). Measurement of acid reaction rates of a deep dolomitic gas reservoir. *Journal of Canadian Petroleum Technology*, 43(10).
- 17.** Warren, J. (2000). Dolomite: occurrence, evolution and economically important associations. *Earth-Science Reviews*, 52(1-3), [1-81](#).
- 18.** Davies, G. R., & Smith Jr, L. B. (2006). Structurally controlled hydrothermal dolomite reservoir facies: An overview. *AAPG bulletin*, 90(11), [1641-1690](#).