

مجلة جامعة البعث

سلسلة العلوم الأساسية



مجلة علمية محكمة دورية

المجلد 45 . العدد 10

1444 هـ - 2023 م

الأستاذ الدكتور عبد الباسط الخطيب

رئيس جامعة البعث

المدير المسؤول عن المجلة

رئيس هيئة التحرير	أ. د. محمود حديد
رئيس التحرير	أ. د. درغام سلوم

مديرة مكتب مجلة جامعة البعث

بشرى مصطفى

عضو هيئة التحرير	د. محمد هلال
عضو هيئة التحرير	د. فهد شريباتي
عضو هيئة التحرير	د. معن سلامة
عضو هيئة التحرير	د. جمال العلي
عضو هيئة التحرير	د. عباد كاسوحة
عضو هيئة التحرير	د. محمود عامر
عضو هيئة التحرير	د. أحمد الحسن
عضو هيئة التحرير	د. سونيا عطية
عضو هيئة التحرير	د. ريم ديب
عضو هيئة التحرير	د. حسن مشرقي
عضو هيئة التحرير	د. هيثم حسن
عضو هيئة التحرير	د. نزار عبشي

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

الاتصال بالعنوان التالي:

رئيس تحرير مجلة جامعة البعث

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

. هاتف / فاكس : ++ 963 31 2138071

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

. البريد الإلكتروني : [magazine@ albaath-univ.edu.sy](mailto:magazine@albaath-univ.edu.sy)

ISSN: 1022-467X

شروط النشر في مجلة جامعة البعث

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 البعث

1. دفع رسم نشر (40000) ل.س أربعون ألف ليرة سورية عن كل بحث لكل باحث يريد نشره في مجلة جامعة البعث.
2. دفع رسم نشر (100000) ل.س مئة الف ليرة سورية عن كل بحث للباحثين من الجامعة الخاصة والافتراضية .
3. دفع رسم نشر (200) مئتا دولار أمريكي فقط للباحثين من خارج القطر العربي السوري .
4. دفع مبلغ (6000) ل.س ستة آلاف ليرة سورية رسم موافقة على النشر من كافة الباحثين.

المحتوى

الصفحة	اسم الباحث	اسم البحث
50-11	راما الجوبراني د. زكي عجي	تحضير أغشية تبادل أيوني من بولي فينيل الكحول المطعمة بحمض الأكريليك والأكريل أميد لاستعادة حمض كلور الماء بعملية الديليزة بالانتشار
64-51	علي بكداش د. جورج ديب	عزل واستزراع الطحلب الأزرق المخضر <i>Chroococcus turgidus</i> في محلول التربة مع تحديد إنتاجية كتلته الحيوية للبروتين
92-65	م. محسن الحته د. رفيع جبره	تطوير مواد احتكاك مركبة لتطبيقات بطانات مكابح السيارات باستخدام مواد أولية طبيعية ومخلفات صناعية منخفضة التكلفة وصديقة للبيئة
112-93	د. ندى محفوض	مقارنة الإشريكية القولونية المعزولة من عينات مرضية مختلفة مع تلك المعزولة من البراز
140-113	د. جورج غندور د. محمود الحمدان	دراسة بعض المؤشرات الشكلية والفيزيولوجية لأثر أوكسيد الزنك في نبات فول الصويا في ظروف محافظة حمص

تحضير أغشية تبادل أيوني من بولي فينيل الكحول المطعمة بحمض الأكريليك والأكريل أميد لاستعادة حمض كلور الماء بعملية الديليزة بالانتشار

طالبة الماجستير: راما الجوبراني

المعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجيا

الدكتور المشرف: زكي عجي

الملخص:

تُعد الديليزة بالانتشار عملية فصل وظيفية لاستعادة الحموض اللاعضوية من النفايات الحمضية بالاعتماد على غشاء شاردني، جرى في هذا العمل تحضير منظومة جديدة من أغشية التبادل الشاردي وذلك بتطعيم أغشية البولي فينيل الكحول بحمض الأكريليك والأكريل أميد معاً، بطريقة البلمرة التشاركية المطعمة "from" باستخدام التسخين الحراري المباشر. تم استخدام مطيافية الأشعة تحت الحمراء FTIR والمجهر الضوئي المركب واختبار المسامية للتحقق من حدوث عملية التطعيم، كما وقيمت الأغشية المطعمة بتراكيز ونسب مختلفة عن بعضها باستخدام اختبار سعة التبادل الشاردي (IEC)، وسعة الانتاج (S_{max})، ودرجة التطعيم (DG). تراوحت قيم سعة التبادل الشاردي بين 0.71 و 2.51 ميليمول/غرام، وكانت قيم سعة الانتاج من 71.69 إلى 4573.58%، كما وتراوحت درجة التطعيم من 97% إلى 291.37%. جرى استعادة حمض كلور الماء عبر الأغشية المحضرة عند درجة حرارة الغرفة ودرجة الحرارة $70^{\circ}C$. أظهر غشاء بولي فينيل الكحول المطعم بالأكريل أميد (100%) فقط بتركيز مونوميري وزني 10% نفاذية عالية تجاه الحمض وانتقائية ممتازة عند إجراء العملية في درجة حرارة الغرفة، حيث قُدر

تحضير أغشية تبادل أيوني من بولي فينيل الكحول المطعمة بحمض الأكرليك والأكريل أميد لاستعادة حمض كلور الماء بعملية الديليزة بالانتشار

معامل ديليزة الحمض وعامل فصل بـ ($S=106.09, U_{H^+}= 0.0049m/h$) متفوقاً بذلك على الغشاء التجاري DF-120B الذي له ($S=24, U_{H^+}= 0.004m/h$). سُجلت أعلى درجة نفاذية تجاه الحمض باستخدام غشاء بولي فينيل الكحول المطعم بالأكريل أميد وحمض الأكرليك بنسبة (50:70) عند إجراء العملية في درجة الحرارة $70^{\circ}C$ ، حيث قدر معامل ديليزة الحمض وعامل فصل بـ ($S=34.13, U_{H^+}= 0.01502m/h$) متفوقاً على الغشاء التجاري DF-120 الذي له ($S=18.5, U_{H^+}= 0.009m/h$). أبدت الأغشية المحضرة في هذه الورقة انتقائية ممتازة ونفاذية جيدة تجاه الحمض تؤهل استخدامها في استعادة حمض كلور الماء من النفايات الحمضية بعملية الديليزة بالانتشار.

الكلمات المفتاحية: أغشية تبادل شاردي، بولي فينيل الكحول، حمض الأكرليك، الأكريل أميد، حمض كلور الماء، الديليزة بالانتشار.

Preparation of ion exchange membranes of polyvinyl alcohol grafted with acrylic acid and acrylamide for hydrochloric acid recovery via diffusion dialysis process

Abstract.

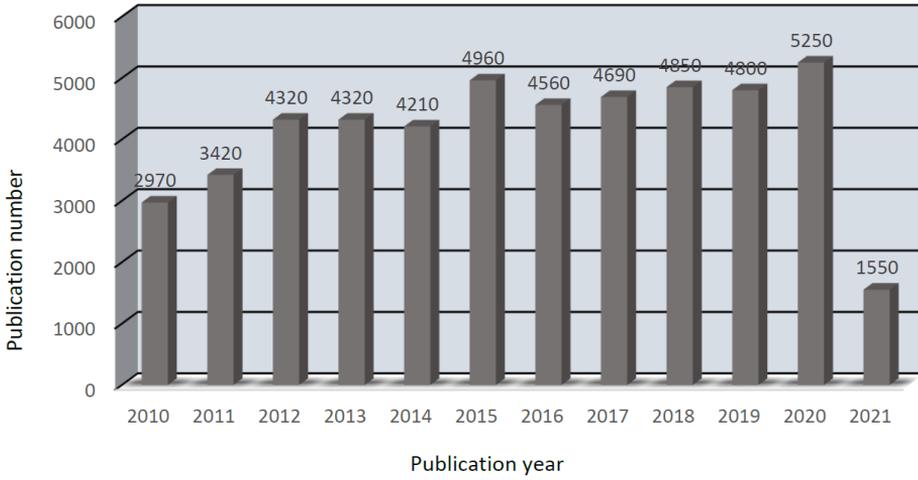
Diffusion dialysis is a functional separation process for recovering inorganic acids from acidic wastes based on an ionic membrane. In this work, a new type of ion exchange membranes was prepared by grafting polyvinyl Alcohol membranes with acrylic acid and acrylamide together using grafting “from” copolymerization method adopting direct thermal heating. Fourier-transform infrared (FTIR) spectroscopy, combined with light microscope and porosity test were used to confirm the grafting process. The grafted membranes with different concentrations and ratios were evaluated by testing the ion exchange capacity (IEC), swelling (S_{max}), and grafting degree (DG), The prepared membranes exhibited IEC values between 0.71 and 2.51 mmol/g, swelling values within 71.69 and 4573.58%, grafting degree values in the range of 97 to 291.37%. Hydrochloric acid was recovered through the prepared membranes at room temperature and at 70°C. The polyvinyl alcohol membrane grafted with acrylamide (100%) at a concentration of 10% w/w showed a high acid permeability and good selectivity at room

temperature. The acid dialysis coefficient and separation factor were evaluated ($U_{H^+} = 0.0049 \text{ m/h}$, $S = 106.09$) were better compared to the commercial DF-120B which has a permeability and selectivity ($U_{H^+} = 0.0040 \text{ m/h}$, $S = 24$). Hence, the best permeability was recorded by polyvinyl alcohol grafted with acrylamide and acrylic acid (70:50) while adopting the process at 70°C . The acid dialysis coefficient and separation factor ($U_{H^+} = 0.0150 \text{ m/h}$, $S = 34.13$) were better compared to the commercial DF-120 which has a permeability and selectivity ($U_{H^+} = 0.0090 \text{ m/h}$, $S = 18.5$). The prepared membranes in this paper showed excellent selectivity and good acid permeability that suggests their use in recovery of hydrochloric acid from acidic wastes by diffusion dialysis.

Keywords: ion exchange membrane; Polyvinyl alcohol; Acrylic acid; Acrylamide; Hydrochloric acid; Diffusion dialysis.

1. المقدمة Introduction

تُستخدم الأحماض لا عضوية بشكل شائع في الصناعات المعدنية، ومعالجة المعادن وتنقيتها [1]، ومعالجة الفولاذ ونقش الألمنيوم، وفي تجديد الراتنجات [2]. لقد نتج عن هذه الصناعات كميات كبيرة من النفايات الحمضية المحتوية على شوارد سامة، التي تلوث المياه والتربة وتشكل مخاطر جسيمة على صحة الإنسان والحيوان على حدٍ سواء. يؤدي التخلص المباشر من النفايات الحمضية إلى هدر الأحماض الموجودة فيها من جهة وتآكل الأنابيب المعدنية من جهة أخرى [3-4-5]، وبالتالي خسارات اقتصادية ضخمة وتعريض البيئة لأخطار جمة. الأمر الذي وجّه الأبحاث لضرورة استعادة الأحماض وإعادة تدويرها ضمن مناهج اقتصادية جديدة وصديقة للبيئة، حيث طبقت العديد من الطرائق الفعّالة في معالجة النفايات الحمضية كعمليات التبادل الشاردي (Ion exchange) [6]، والديليزة الكهربائية (electrodialysis) [7]، والاستخلاص بالمذيبات (solvent extraction) [1]، والترشيح النانوي (nanofiltration) [8]، والديليزة بالانتشار (diffusion dialysis) [9]. كانت الأخيرة من أرجح الطرائق السابقة وأكثرها استخداماً، نظراً لكونها عملية سهلة التطبيق والتشغيل، مستمرة، غير مستهلكة للطاقة الكهربائية، وغير مكلفة، ولا تحتاج إلى إضافة مواد كيميائية، ملبيةً بذلك المتطلبات البيئية والاقتصادية [10-11]. يوضح الشكل (1) عدد الأوراق المنشورة في هذا المجال بين العامين 2010 و 2021 [12].



الشكل (1): عدد الأوراق المنشورة في مجال استعادة الحموض اللاعضوية بين العامين 2010 و 2021.

يجري عادةً استخدام أغشية تبادل الشاردي (Anion Exchange Membranes) في استعادة الحموض اللاعضوية بعملية الديليزة بالانتشار (DD)، حيث يكون التدرج بالتركيز القوة المحركة لانتقال الشوارد من المحلول ذو التركيز المرتفع إلى المحلول ذو تركيز المنخفض عبر غشاء التبادل الأنيوني (AEM)، فتعبر شوارد الحمض السالبة بسهولة من خلال زمر وظيفية موجبة الشحنة في بنية الغشاء والتي تشكل المنطقة النشطة (active region) وفق آلية القفز، بينما تُرفض كاتيونات المعادن وفقاً لمعايير دونان (Donnan criteria) لرفض الشاردة المشتركة. الأمر الذي لا ينطبق على بروتون الحمض الموجب (H^+)، كونه يبدي منافسة عالية في الانتشار مقارنة بباقي الكاتيونات، وذلك لصغر حجمه وتكافؤه المنخفض، حيث ينتقل بروتون الحمض عبر المنطقة البينية (interstitial region) في بنية الغشاء وفق آلية السحب لتلبية متطلبات الحياد الكهربائي [13-14].

جرى استعادة حمض كلور الماء من النفايات الحمضية وفق عملية الديليزة بالانتشار باستخدام العديد من أغشية التبادل الأنيوني. أبدى غشاء تبادل الأنيوني Poly (DMAEM - co - γ - MPS) معامل ديليزة للحمض وعامل فصل مساويان لـ (S= 87.7 - 23.3, U_{H^+} = 0.029 - 0.016m/h) [15]. أظهر الغشاء الأمثل لمجموعة من أغشية مسامية محضرة من بولي أكسيد الفينيلين poly phenylene (oxide) بواسطة 1،4 - ديازابيسيكلو [2.2.2] أوكتان (1.4-diazabicyclo octane [2.2.2]) معامل ديليزة للحمض وعامل فصل مساويان لـ (S=96.9, U_{H^+} = 0.009) [16]. أبدى غشاء أوكسيد الغرافين المطعم بأكسيد الكاربون (graphene oxide) بكاتيون إيميدازوليوم (imidazolium) نفاذية جيدة وانتقائية متميزة بمعامل ديليزة للحمض وعامل فصل مساويان لـ (S=141.2, U_{H^+} = 0.009) [17]. أظهرت العديد من الدراسات أداء أفضل لأغشية التبادل الكاتيوني المركزة على بولي فينيل الكحول مقارنة مع الغشاء التجاري FD-120 بمعامل ديليزة للحمض وعامل فصل مساويان لـ (S=18.5, U_{H^+} = 0.009) [14-18].

جرى في هذا العمل تحضير أغشية من بولي فينيل الكحول وإضافة مجموعات تبادل شاردني إليها عن طريق تطعيمها بتراكيز ونسب مختلفة من حمض الأكريليك والأكريل شاردني معاً بطريقة البلمرة التشاركية المطعمة "from". تعمل الأغشية المحضرة على استعادة الحموض اللاعضوية بآلية مختلفة عن آلية استعادتها باستخدام أغشية التبادل الكاتيوني، فالغشاء المحضر لا يحمل شحنة موجبة في بنيته، الأمر الذي ميزه بانتقائية عالية ونفاذية جيدة تجاه الحمض. استخدمت مطيافية الأشعة تحت الحمراء والمجهر الضوئي المركب واختبار المسامية في توصيف الأغشية والتحقق من صيغة الأغشية المحضرة، كما جرت دراسة حول قدرة الأغشية على التبادل الشاردني وسعة الانتباج والخصائص الميكانيكية. لقد طبقت الأغشية في وحدة الديليزة بالانتشار الدفعي [10]

لاستعادة حمض كلور الماء من النفايات الحمضية الحاوية على (0.15 M من HCl، 0.3 M من $FeCl_3$)، وجرى حساب معاملات الديليزة (U) وعامل الفصل (S) عند إجراء عملية الفصل في درجة حرارة الغرفة ودرجة الحرارة المستخدمة صناعياً ($70^{\circ}C$) [19].

2. هدف البحث Aim of the search

يهدف البحث إلى تحضير نوع جديد من أغشية التبادل الشاردي عن طريق تطعيم أغشية بولي فينيل الكحول (PVA) بنسب وتراكيز مونوميرية مختلفة، حاويةً على زمر حمضية (حمض أكرليك) وزمر قاعدية (أكريل أميد) لاستعادة حمض كلور الماء من كلوريد الحديد بواسطة عملية الديليزة بالانتشار.

3. مواد وطرائق البحث Materials and Methods

1.3. المواد Materials

بولي فينيل الكحول (PVA) بوزن جزيئي 72000 جم/مول ودرجة تحلل 98%، حمض الأكرليك (AAC) ($C_3O_2H_4$)، المبادر بيروكسي ثنائي كبريتات البوتاسيوم (KPS) ($K_2S_2O_8$)، المصالب الشبكي N,N' ثنائي أكريل أميد الميثيلين (MBA) ($C_7N_2O_2H_{10}$)، نظامي البوتانول ($C_4H_{10}O$) بنقاوة 99%، وكربونات الصوديوم (Na_2CO_3) بنقاوة عالية، جميع المواد المذكورة من إنتاج شركة (MERCK) الألمانية، حمض كلور الماء (HCl) من شركة (Panreac)، كلوريد الحديد ($FeCl_3$) و تيوسيانات البوتاسيوم (KSCN) من شركة (Riedel-deHaën)، هيدروكسيد الصوديوم من شركة (DOCH)، جرى شراء الأكريل أميد من شركة (SIGMA-ALDRICH).

2.3. تحضير أغشية من بولي فينيل الكحول Preparation of polyvinyl alcohol membranes

جرى إذابة 6% وزناً من بولي فينيل الكحول (PVA) في الماء المقطر، باستخدام جهاز التقطير المرتد عند درجة الحرارة 140°C لمدة ساعة ونصف، ثم سُكب محلول الـ PVA على أطباق البيتري البلاستيكية وتُرك ليُجف عند درجة حرارة الجو المحيط (حوالي 22°C) [20]. كانت سماكة الأغشية الناتجة مساوي لـ (0.2mm).

3.3. تطعيم غشاء البولي فينيل الكحول بحمض الأكريليك والأكريل أميد PVA-g-AAc/Am

طُعمت أغشية الـ PVA بمونوميرات حمض الأكريليك والأكريل أميد بطريقة البلمرة التشاركية المطعمة "from" بواسطة التسخين الحراري المباشر (طريقة المبادرة الكيميائية التقليدية) [21] كما موضح بالشكل (2)، وفق الخطوات الآتية:

✓ وزن كل من مونومير حمض الأكريليك (AAC) ومونومير الأكريل أميد (Am) والمبادر (KPS) والمصالب الشبكي (MBA) وفق النسب المبينة في الجدول (1)، ثم حُلّت مكونات التفاعل في الماء. وضع محلول التفاعل في حمام الأمواج فوق الصوتية (Ultrasonic)، لمساعدة المكونات على الانحلال والمزج.

✓ غمر غشاء الـ PVA المحضر (في الفقرة 2.3) في محلول التفاعل ضمن طبق بيتري زجاجي، وتُرك لمدة 5 دقائق، وذلك لضمان توزيع مكونات المحلول بين سلاسل غشاء PVA المراد تطعيمه.

✓ وُضع الطبق على السخان وضبط التفاعل عند درجة الحرارة 70°C لمدة 40 دقيقة.

تحضير أغشية تبادل أيوني من بولي فينيل الكحول المطعمة بحمض الأكرليك والأكريل أميد لاستعادة حمض كلور الماء بعملية الديليزة بالانتشار

✓ غُسل الغشاء المُطعم الناتج عن عملية البلورة بمزيج من الماء والميثانول بغية التخلص من المكونات غير المتفاعلة، ثم وُضع في المجفف عند درجة الحرارة 45.□.

يرمز لغشاء PVA المطعم بحمض الأكرليك والأكريل أميد بـ PVA-g-AAc/Am

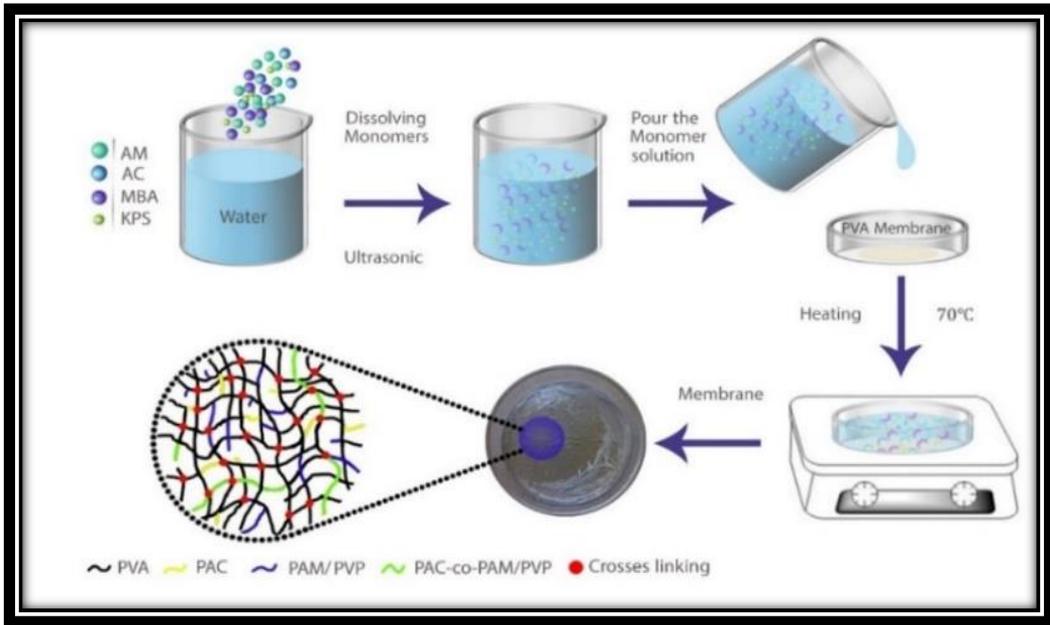
الجدول (1): نسب الوزنية لمكونات التفاعل.

النسبة الوزنية لمكونات التفاعل					
وزن غشاء PVA نسبةً لوزن محلول التفاعل	وزن المبادر والمصالب نسبةً لوزن المونوميرات	نسبة AAc/Am في تركيز المونوميرات	وزن المونوميرات نسبةً لوزن محلول التفاعل	أغشية PVA-g-AAc/Am	
8%	0.8%	30/70	10%	M-10%	المجموعة الأولى
8%	0.8%	30/70	12%	M-12%	
8%	0.8%	30/70	15%	M-15%	
8%	0.8%	30/70	17%	M-17%	
8%	0.8%	30/70	20%	M-20%	
8%	0.8%	70/30	10%	Am-30	المجموعة الثانية
8%	0.8%	50/50	10%	Am-50	
8%	0.8%	30/70	10%	Am-70	
8%	0.8%	0/100	10%	Am-100	
8%	0.8%	70/30	20%	Am-30	المجموعة الثالثة
8%	0.8%	50/50	20%	Am-50	
8%	0.8%	30/70	20%	Am-70	
8%	0.8%	0/100	20%	Am-100	

تحسب درجة التطعيم من العلاقة التالية [22]:

$$\text{Degree of grafting \%} = \frac{W_g - W_0}{W_0} \times 100 \quad (1)$$

حيث: W_g وزن غشاء الـ PVA بعد التطعيم، W_0 وزن غشاء الـ PVA قبل التطعيم.



الشكل (2): خطوات تحضير PVA-g-AAc/Am.

4.3 المجهر الضوئي المركب Compound Light Microscope

تعطي ملاحظة بُنى الأغشية ورصدها باستخدام المجهر الضوئي المركب فكرة عن تغير بنية سطح الغشاء قبل وبعد التطعيم (PVA-g-AAc /Am _ PVA) عند قوة تكبير 200x، وعن مجال تطبيق هذه الأغشية من خلال تصنيفها بنويًا.

5.3 مطيافية الأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه Fourier transform infrared spectroscopy

استخدمت المطيافية (FTIR) في هذا البحث لتوصيف الأغشية المحضرة (PVA-g-PAAc /Am _ PVA) بنيوياً كونها تعكس طبيعة الزمر والروابط الكيميائية في العينة. حُضرت العينات المراد توصيفها وفق الطريقة القياسية لإعداد عينات صلبة تُوصف بمطيافية FTIR [23]، حيث قُطع أجزاء صغيرة جداً من الغشاء وطُحنت جيداً مع حبيبات المادة الحاملة KBr، ثم جرى ضغط الخليط باستخدام مكبس هيدروليكي، والحصول على أقراص شفافة رقيقة جاهزة للتحليل.

6.3 اختبار المسامية porosity test

تُحدد المسامية (P) من نسبة حجم الفراغ إلى الحجم الهندسي الظاهري في غشاء البوليمير، حيث جرى قياس مسامية الأغشية المحضرة باستخدام اختبار امتصاص نظامي البوتانول، وذلك من خلال وزن الأغشية قبل وبعد غمرها في البوتانول لمدة 4 ساعات، ثم تُطبق العلاقة الآتية [15]

$$P = \frac{W_t - W_0}{\rho V} \times 100 \quad (2)$$

حيث: ρ : كثافة نظامي البوتانول (g/cm^3)
 V : الحجم الهندسي للأغشية المختبرة (cm^3)

W_t, W_0 : وزن الأغشية الجافة والرطبة على التوالي (g)

7.3 اختبار سعة الانتباج Swelling test

يمثل اختبار سعة الانتباج قدرة الأغشية على امتصاص وحجز الماء، حيث جرى اختبار سعة انتباج الأغشية المحضرة، عن طريق وزنها قبل وبعد غمرها في الماء المقطر لمدة 24 ساعة، ثم حُسبت سعة الانتباج من العلاقة [22] التالية:

$$S_{\max} \% = \frac{W_s - W_0}{W_0} \times 100 \quad (3)$$

حيث: W_s وزن الغشاء المحضر بعد النقع في الماء مدة 24 ساعة، W_0 وزن الغشاء المحضر الجاف

8.3 اختبار سعة تبادل الشاردي Ion exchange capacity test

يعطي اختبار سعة التبادل الشاردي (IEC) فكرة عن عدد المواقع النشطة الإجمالية في الأغشية المحضرة. جرى اختبار (IEC) بغمر الأغشية في 0.5 مولاري من حمض كلور الماء (HCl)، ثم غمرها في محلول 0.5 مولاري من هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) مدة 6 ساعات. يعاير محلول NaOH بعد إزالة الأغشية بـ 0.97 مولاري من HCl المقيس باستخدام مشعر فينول فتالئين [25]، وتحسب IEC من العلاقة التالية:

$$IEC = \frac{M_1 V_1 - M_2 V_2}{W_d} \quad (4)$$

حيث:

V_1, M_1 : تركيز (M) وحجم (ml) محلول هيدروكسيد الصوديوم على التوالي.

تحضير أغشية تبادل أيوني من بولي فينيل الكحول المطعمة بحمض الأكرليك والأكريل أميد لاستعادة حمض كلور الماء بعملية الديليزة بالانتشار

V_2, M_2 : تركيز (M) وحجم (ml) حمض كلور الماء المستهلك من السحاحة على التوالي.

W_d : وزن الأغشية جافة.

9.3 الخصائص الميكانيكية Mechanical Properties

حددت الخصائص الميكانيكية عن طريق إجراء اختبار قوة الشد لأغشية المجموعة الأولى والثانية باستخدام جهاز الشد (ADAMEK LOMAARGY)، حيث اختُبرت العينات الرطبة (بطول 20مم) عند درجة حرارة 25°C.

حُسبت مقاومة الشد (σ) والاستطالة النسبية (Elongation) وفق الآتي [26]:

$$\sigma = \frac{F}{W \times t} \quad (5)$$

حيث:

F: القوة المطبقة (N) t: سماكة العينة المختبرة (mm)

W: عرض العينة المختبرة (mm) σ : مقاومة الشد (MPa)

$$\text{Elongation} = \frac{L_{\text{final}} - L_{\text{original}}}{L_{\text{original}}} \times 100 \quad (6)$$

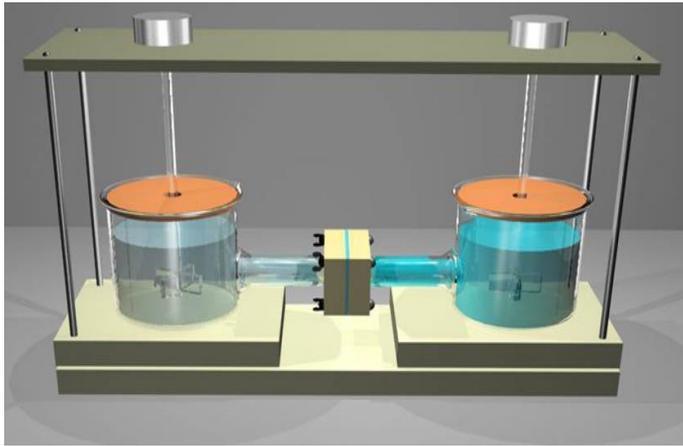
حيث: $L_{\text{final}}, L_{\text{original}}$ طول العينة الأصلي وبعد الاختبار على التوالي.

10.3 تجربة استعادة الحمض Acid recovery experiment

جرى استعادة حمض كلور الماء من كلوريد الحديد باستخدام وحدة الديليزة بالانتشار الدفعي الموضحة بالشكل (3) [10]، وذلك بتعبئة الحجرة الأولى بـ 300ml من محلول

التغذية الحاوي على ($HCl \sim 0.15M$ و $FeCl_3 \sim 0.3M$) والحجرة الثانية بـ 300ml من محلول المستقبل الحاوي على الماء المقطر بمساحة فعالية للغشاء تبلغ $750mm^2$. جرى تحريك المحاليل كل 15 دقيقة للتقليل من حدوث الاستقطاب على طرفي الغشاء أثناء عملية الانتشار، جرى تجربتين لاستعادة الحمض، الأولى عند درجة حرارة الغرفة لمدة 24 ساعة، والثانية عند درجة الحرارة 70^0C لمدة 6 ساعات.

يُستخدم معامل ديلزة مكونات محلول التغذية (U) لوصف نفاذية الحمض عبر الغشاء، كما ويُستخدم عامل الفصل (S) لوصف انتقائية الأغشية في عمليات استعادة الحموض [27]، حيث جرى حساب معامل ديلزة بروتونات الحمض (U_{H^+}) ومعامل ديلزة شوارد الحديد ($U_{Fe^{+2}}$) وعامل الفصل (S) لأغشية المجموعات الثلاث.



الشكل (3): وحدة الديلزة الانتشار الدفعي المستخدمة.

يُحسب معامل الديليزة من العلاقة الآتية [28]:

$$U = \frac{M}{At\Delta C} \quad (7)$$

حيث:

M: عدد المولات العابرة إلى محلول المستقبل (mol)

A: مساحة سطح الغشاء الفعالة (m^2).

t: زمن العملية (h).

ΔC : متوسط التراكيز اللوغاريتمية للأيونات في الحجرتين (mol/L) والمعرف بالعلاقة:

$$\Delta C = \frac{C_f^0 - (C_f^t - C_d^t)}{\log[C_f^0 / (C_f^t - C_d^t)]} \quad (8)$$

حيث C_f^0 تركيز الأيونات في محلول التغذية قبل بدء العملية، C_f^t تركيز الأيونات في محلول التغذية بعد مرور الزمن t من إجراء عملية استرداد الحمض، C_d^t تركيز الأيونات في محلول المُستقبل بعد مرور الزمن t.

يُحسب عامل الفصل من العلاقة الآتية:

$$S = \frac{U_H}{U_M} \quad (9)$$

حيث:

U_H معامل ديليزة أيونات الحمض، U_M معامل ديليزة لكاتيون الملح المعدني المراد فصله.

حُدثت تراكيز حمض كلور الماء في محلول التغذية ومحلول المستقبل من خلال معايرة 5 مل منه بـ 0.1 مولاري من كربونات الصوديوم القياسية باستخدام المشعر برتقالي الميثيل،

بينما حددت تراكيز كلوريد الحديد باستخدام مطيافية الأشعة المرئية وفوق البنفسجية Vis/UV وذلك بتشكيل معقدات ملونة مع تيوسيانات البوتاسيوم في الوسط الحمضي.

11.3 اختبار الادمصاص Adsorption test

حددت تراكيز أيونات الحديد المُمخلبة في الأغشية من خلال اختبار الادمصاص، حيث وضعت الأغشية المستخدمة في وحدة الدليزة بالانتشار الدفعي لاستعادة حمض كلور الماء من كلوريد الحديد في بياشر زجاجية وغمرت بمحلول 1مولاري من HCl لمدة 24 ساعة، ثم قيس تراكيز شوارد الحديد المُمخلبة باستخدام مطيافية Vis-UV عند $\lambda_{max} = 470$.

4. النتائج والمناقشة Results and discussion

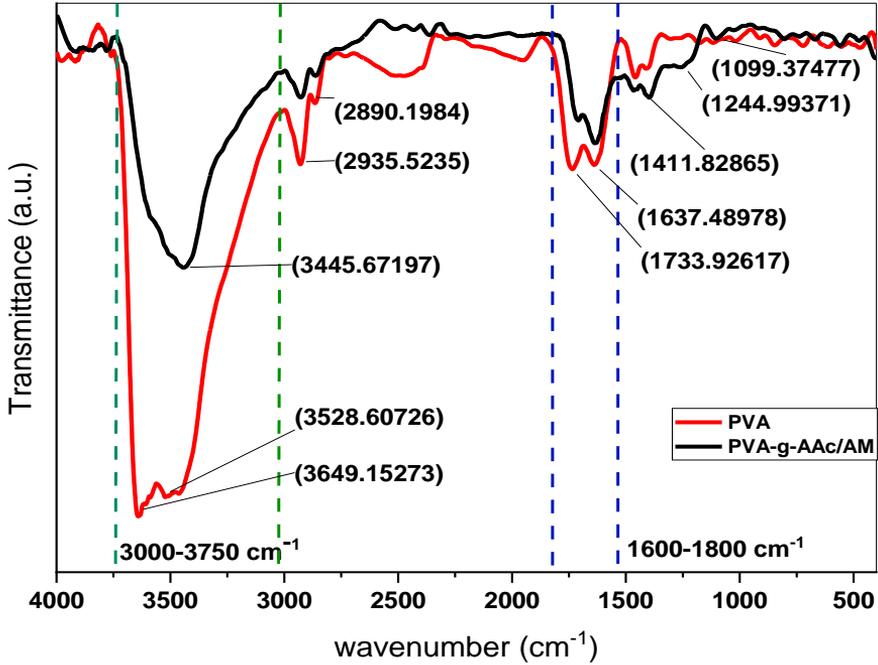
1.4 مطيافية الأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه FTIR

يوضح الشكل (4) أطيايف FTIR لغشاء PVA و PVA-g-AAc/Am، يمثل طيف غشاء PVA-g-AAc/Am قمم إضافية عن طيف غشاء PVA [29] تابعة للزمر الوظيفية المضافة بعد تطعيم الغشاء، بحيث يمثل الجدول (2) قمم طيف FTIR للغشائين (PVA -PVA -g-AAc/Am)، ونتيجةً لتحليل مطيافية الأشعة فوق الحمراء نجد أن غشاء الـ PVA قد جرى تطعيمه بنجاح وفق طريقة البلمرة التشاركية المطعمة "from" بحمض الأكريليك (AAc) والأكريل أميد (Am).

2.4 المجهر الضوئي المركب Compound Light Microscope

يظهر الشكل (5) صوراً مجهريةً لغشاء الـ PVA، والتي تُبين بوضوح البنية المسامية له، بينما يظهر الشكل (6) صوراً مجهريةً لغشاء PVA بعد عمليات التّطعيم (PVA-g-AAc/Am)، والتي تُبين تغيّر حجم المسام بشكلٍ واضحٍ. بناءً على توصيف الأغشية

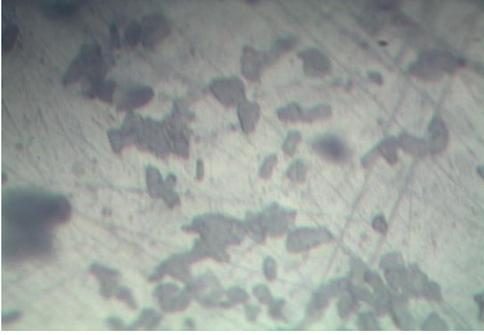
يُمكن تصنيفُ غشاء PVA-g-AAc/Am على أنه غشاءٌ غيرُ مساميّ يَنْقُلُ مكوناتِ المحلول المُراد فصلها عن طريق آليتي الانتشار وقابلية ذوبان المكونات في مادة الغشاء، ومنه يكون التّطبيق استعادة الأحماض اللاعضوية من النفايات الحمضية باستخدام عملية الديليزة بالانتشار DD مناسب لغشاء (PVA-g-AAc/Am) [30-31].



الشكل (4): أطياف IR لغشاء PVA قبل وبعد التطعيم

الجدول (2): قم طيف FTIR للغشائين (PVA -PVA -g-AAc/Am)

الملاحظات	غشاء PVA-g-AAc/AM	غشاء PVA	الزمر الوظيفية	العدد الموجي (wavenumber cm ⁻¹)
توافق القمة عريضة امتطاط زمر الهيدروكسيل التابعة ل PVA وحمض الأكريليك (AAc).	✓	✓	زمر الهيدروكسيل -OH	يتراوح مجال القمة (3000-3750 cm ⁻¹)
توافق القمتين امتطاط زمرة -NH ₂ التابعة للأكريل أميد	✓	-	زمر الأميد -NH ₂	قمتان عند (3528.60-3649.15 cm ⁻¹)
قمتين توافقان الامتطاط المتناظر وغير المتناظر لزمر المبتلن في كلا الغشائين	✓	✓	زمر المبتلن -CH ₂	قمتان عند (2890.19-2935.52 cm ⁻¹)
نلاحظ وجود زمر كربوكسيل غير مزالة في غشاء PVA لكونه محضر من الفينيل استات، حيث تزداد طول القمة بعد تطعيم الغشاء، كونها تصبح موافقة لامتطاط زمر الكربوكسيل التابعة لحمض الأكريليك والأكريل أميد.	✓	✓	زمر الكربوكسيل -C=O	قمة عند 1733.95 cm ⁻¹
قمة توافق انحناء الرابط -N-H التابعة للأكريل أميد	✓	-	-NH ₂	قمة عند 1637.48 cm ⁻¹
قمة توافق انحناء زمرة المبتلن -CH ₂	✓	✓	زمر المبتلن -CH ₂	قمة عند 1411.82 cm ⁻¹
قمة توافق امتطاط زمرة -C-O التابعة ل PVA	✓	✓	زمر -C-O	قمة عند 1244.99 cm ⁻¹
قمة توافق انحناء زمرة الهيدروكسيل -OH التابعة للشكل اللابلوري من PVA، حيث يلاحظ انخفاض شدة القمة بعد تطعيم الغشاء.	-	✓	زمر الهيدروكسيل -OH	قمة عند 1099.37 cm ⁻¹



الشكل (5): صور مجهرية لغشاء الـ PVA بقوة تكبير 200x



الشكل (6): صور مجهرية لغشاء PVA-g-AAc/Am بقوة تكبير 200x

3.4 المسامية (porosity)

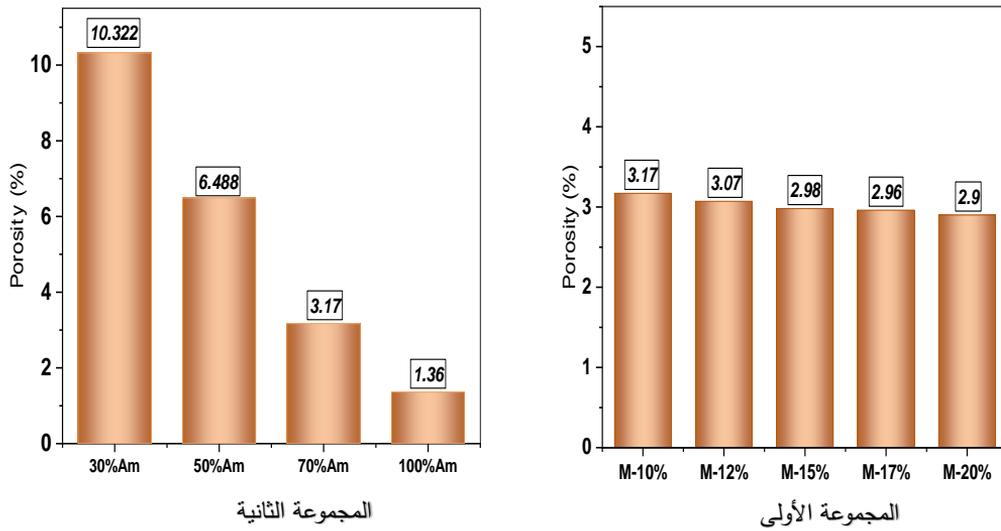
يُلاحَظ من الشكل (7) الممثل لمسامية أغشية المجموعة الأولى والثانية، تقارباً في نسب مسامية أغشية المجموعة الأولى، أي أنه يحصل انخفاض بسيط في نسب مسامية الأغشية بزيادة التركيز الوزني للمونوميرات، وربما يعود السبب إلى أن زيادة تركيز المونوميرات يزيد من درجة تطعيم الغشاء [32]، والتي تؤثر بدورها على مساميته (كما لوحظ في الصور المجهرية)، ويُلاحَظ أيضاً انخفاض نسب مسامية أغشية المجموعة الثانية بزيادة نسبة المونومير الأكريل أميد Am في تركيز المونوميرات المضافة، ويفسر الأمر لقطبية الأكريل أميد العالية (عزم ثنائي القطب يساوي $\mu = 3.24D$) التي تساعد

في تشكيل عدد كبير من الروابط الهيدروجينية مع زمر الهيدروكسيل التابعة لسلاسل غشاء الـ PVA، ومنه انخفاض في نسبة المسام في الغشاء.

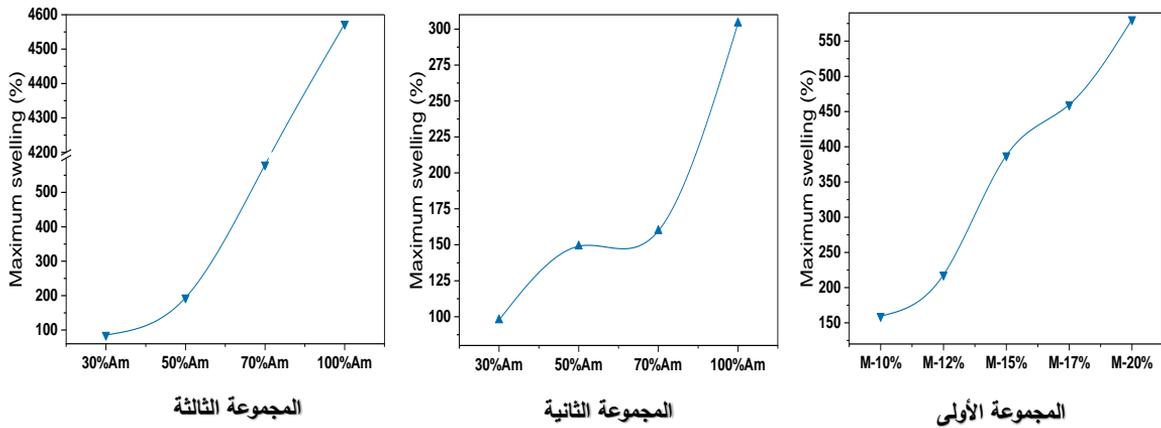
44. نتائج اختبار سعة الانتباج Swelling test results

نلاحظ من الشكل (8) ازدياداً واضحاً في قيم سعة الانتباج بزيادة التركيز الوزني للمونوميرات في أغشية المجموعة الأولى، كما وازدادت قيم سعة الانتباج بزيادة النسبة المونوميرية للأكريل أميد Am في تركيز المونوميرات المضافة في أغشية المجموعة الثانية والثالثة. ويعود السبب في ذلك لقدرة الأكريل أميد على تشكيل روابط هيدروجينية التي تزيد من قدرة الغشاء على الانتباج، كما ونجد أن قيم سعة الانتباج لأغشية المجموعة الثالثة أكبر من سعة انتباج أغشية المجموعة الثانية، وذلك لكون التركيز المونوميري (20%w) لأغشية المجموعة الثالثة يضاعف تركيز المونوميري (10%w) لأغشية المجموعة الثانية، فعند زيادة التركيز المونوميري تزداد القوة الدافعة بتدرج التركيز خارج شبكة الغشاء وداخلها، مما يزيد من كمية الماء الداخلة، والتي تحتجز في بنية الغشاء [33].

تحضير أغشية تبادل أيوني من بولي فينيل الكحول المطعمة بحمض الأكرليك والأكريل أميد لاستعادة حمض كلور الماء بعملية الديليزة بالانتشار



الشكل (7): مسامية أغشية المجموعة الأولى والثانية.



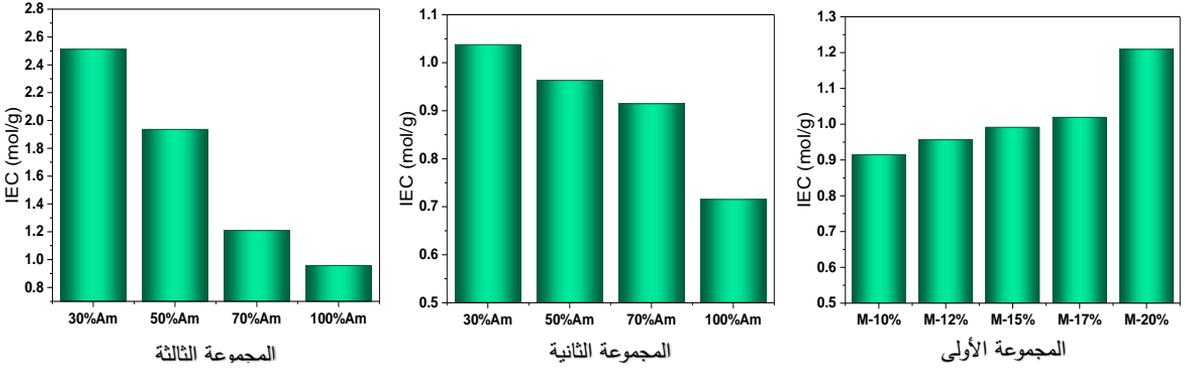
الشكل (8): قيم سعة الانتاج لأغشية المجموعات الثلاث.

5.4 نتائج اختبار سعة التبادل الشاردي Ion exchange capacity test results

نقعت الأغشية في حمض كلور الماء HCl ليجري برتنة مجموعة الأמיד في الأكريل أميد وتنشيط مجموعات الكربوكسيل التابعة لحمض الأكريليك في بنية الغشاء، ثم تغمر الأغشية في محلول هيدروكسيد الصوديوم NaOH (0.5M) ليتفاعل بروتون H^+ التابع لكل من مجموعات الكربوكسيل ومجموعات الأמיד المُبرتنة مع زمر الهيدروكسيل (OH^-) [34]. يُلاحظ من الشكل (9) ازدياد قيم IEC بزيادة تركيز المونوميرات في أغشية المجموعة الأولى، ويعود ذلك لزيادة تركيز المجموعات الوظيفية القادرة على التبادل الشاردي في بنية الغشاء [35].

الجدول (3) قيم درجة التطعيم وسعة الانتاج وسعة التبادل الشاردي لأغشية المجموعات الثلاث.

رقم المجموعة	رمز الأغشية	درجة التطعيم (%) DG	سعة التبادل الشاردي IEC (mmol/g)	سعة الانتاج S_{max} (%)
المجموعة الأولى	M-10%	119.37	0.914±0.014	159.63±37.27
	M-12%	125.91	0.956±0.076	218.34±42.64
	M-15%	172.72	0.991±0.092	387.52±15.08
	M-17%	211.70	1.019±0.088	459.81±16.46
	M-20%	268.11	1.209±0.078	580.81±83.77
المجموعة الثانية	30%Am	97.00	1.037±0.041	97.66±11.87
	50%Am	101.63	0.963±0.078	148.99±14.92
	70%Am	119.37	0.914±0.0142	159.63±37.27
	100%Am	126.76	0.715±0.018	303.98±15.07
المجموعة الثالثة	30%Am	223.82	2.512±0.142	85.75±7.25
	50%Am	247.89	1.93±0.039	194.17±55.07
	70%Am	268.11	1.209±0.078	580.81±83.77
	100%Am	291.37	0.957±0.025	4573.58±160.81



الشكل (9): قيم IEC لأغشية المجموعات الثلاث.

كما يُمكن ملاحظة انخفاض قيم IEC بزيادة نسبة الأكريل أميد Am في التركيز المونوميري لأغشية المجموعة الثانية والثالثة، وهو أمر متوقع، وذلك لانخفاض نسبة حمض الأكرليك AAC الحاوي على البروتون H^+ في بنية الغشاء. تكون قيم IEC في أغشية المجموعة الثالثة أعلى من أغشية المجموعة الثانية، كون التركيز المونوميري في أغشية المجموعة الثالثة يضاعف التركيز المونوميري في أغشية المجموعة الثانية.

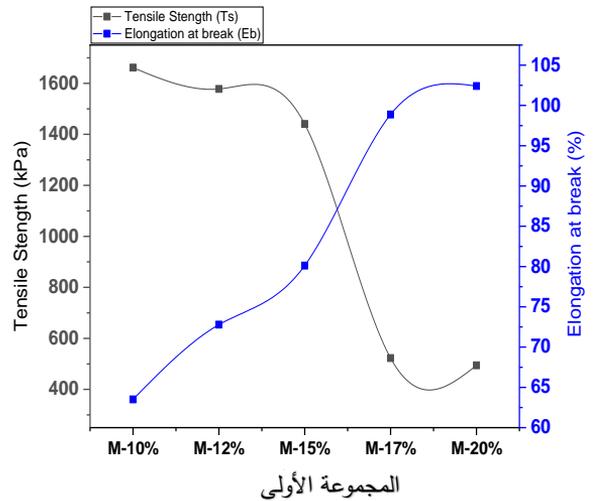
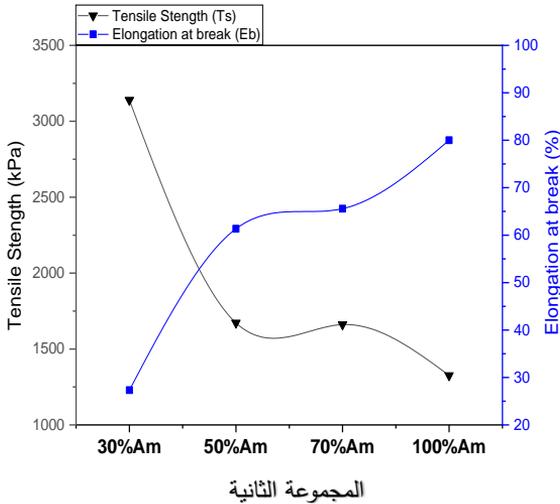
6.4 اختبار قوة الشد tensile strength test

يمثل الشكل (10) الخصائص الميكانيكية لأغشية المجموعة الأولى والثانية، حيث يمكن ملاحظة زيادة قيم الاستطالة النسبية % (27 - 80) % (63.50-102.41) عند زيادة كل من نسبة المونوميرات في أغشية المجموعة الأولى ونسبة الأكريل أميد Am على نسبة حمض الأكرليك AAC في أغشية المجموعة الثانية على التوالي، كما يحدث انخفاض في قيم مقاومة الشد لأغشية المجموعة الأولى والثانية (1.661 - 0.494) MPa، (1.325 - 3.139) على التوالي. تقترب قيم مقاومة الشد والاستطالة النسبية للجل (PVA / CP DN) المحضر من PVA وبوليمير مشترك من (AAC-co-Am)

[36]. يعود سبب زيادة قيم الاستطالة النسبية في أغشية المجموعة الثانية إلى زيادة مرونة السلاسل البوليميرية للغشاء عند زيادة نسبة الأكريل أميد، وهي أعلى من قيم الاستطالة النسبية لأغشية التبادل الشاردي PVA / SiO₂ التي تتراوح بين (97-42) % [37]. عند ملاحظة قيم مقاومة الشد ونسبة الاستطالة لغشاء PVA الموجودة في الجدول (4)، نجد أنه هناك انخفاض تدريجي لمقاومة الشد وازدياد تدريجي للاستطالة النسبية بزيادة درجة تطعيم الغشاء.

الجدول (4): الخصائص الميكانيكية لأغشية المجموعة الأولى والثانية.

أغشية المجموعة الثانية				أغشية المجموعة الأولى					غشاء PVA	الخصائص الميكانيكية
100%Am	70%Am	50%Am	30%Am	M-20%	M-17%	M-15%	M-12%	M-10%		
1.325	1.661	1.672	3.139	0.494	0.522	1.440	1.577	1.661	36.103	مقاومة الشد TS (MPa)
80	65.6	61.3	27.3	102	98.9	80.1	72.8	65.6	56.5	الاستطالة النسبية Eb (%)

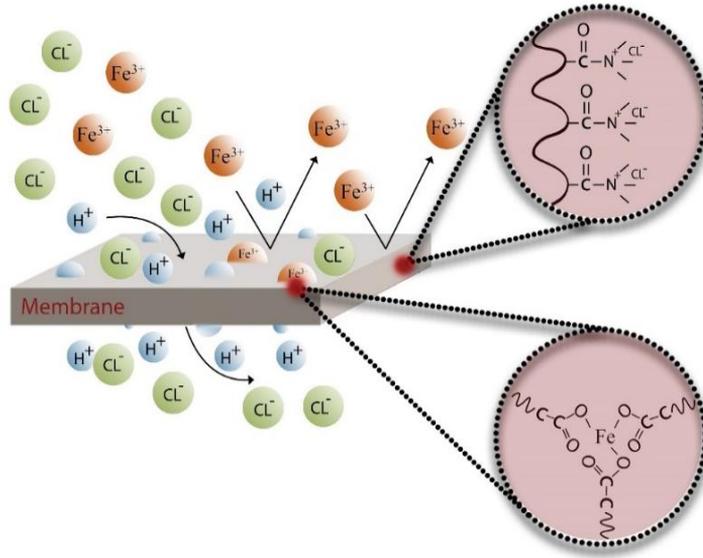


الشكل (10): الخصائص الميكانيكية لأغشية المجموعة الأولى والثانية.

7.4 تجربة استعادة الحمض Acid recovery experiment

1.7.4 آلية استعادة حمض كلور الماء من كلوريد الحديد

تُستخدم عادةً أغشية AEM الحاوية على شوارد الأمونيوم الرباعية في استعادة الحموض اللاعضوية من أملاحها [28-37]، ولكننا في بحثنا اعتمدنا على أغشية تحمل زمر مبرتنة تعمل على استعادة حمض كلور الماء من النفايات الحمضية، وفق نموذج غشاء ثلاثي الطور [14]، حيث تعمل القوة الدافعة لتدرج التركيز بين محلول التغذية ومحلول المستقبل على حث انتشار شوارد حمض كلور الماء (H^+, Cl^-) وكلوريد الحديد (Fe^{+3}, Cl^-) عبر غشاء PVA-g-Am/AA لتحقيق التوازن بين المحلولين، ونتيجة لذلك تحدث عملية استعادة حمض كلور الماء، كما هو موضح في الشكل (11). تقوم شوارد البروتون H^+ في البداية ببرتنة ذرة النتروجين في زمر الأميد التابعة للأكريل أميد [34-39]، فتتشكل منطقة نشطة تحمل مجموعاتٍ وظيفيةً موجبةً، بينما تتمخبط شوارد الحديد بزمر الكربوكسيل التابعة لحمض الأكرليك، ويمرور الوقت تعبر أنيونات الكلور المنطقة النشطة المشكّلة بآلية القفز إلى محلول المستقبل، فتجبر بذلك بروتونات الحمض بالانتقال إلى محلول المستقبل تلبيةً لمتطلبات الحيات الكهربائي عبر المنطقة البيئية وفق آلية السحب، ليفصل حمض كلور الماء عن كلوريد الحديد، ويُستعاد في محلول المستقبل. تكمن انتقائية فصل حمض كلور الماء من كلوريد الحديد بقدرة الأغشية على تشكيل معقدات تساندية معه، ورفض شوارد الحديد، مانعةً بذلك مرورها إلى محلول المستقبل عبر المنطقة البيئية للغشاء.



الشكل (11): آلية استعادة حمض كلور الماء من كلوريد الحديد.

يلعب كل من هيكل مصفوفة الغشاء والترابط الهيدروجيني في بنيته والتبادل الشاردي لمجموعاته الوظيفية في آلية نقل الشوارد من خلاله. [40]

2.7.4 نفاذية الحمض وانتقائية الأغشية عند درجة حرارة الغرفة

تبدى عادةً الأغشية ذات النفاذية العالية لبروتونات الحمض انتقائيةً منخفضةً، والعكس صحيح، وذلك يعود لطبيعة انتقال المكونات عبر الغشاء، فكلاً كانت قدرة الأيونات على التفاعل مع مادة الغشاء، والانتشار عبره أكبر (أي نفاذية عالية) كلما واجه الغشاء صعوبةً في فصل الشوارد عن بعضها بعض، الأمر الذي بدا بشكل واضح وجلي في الشكل (12) الممثل لانتقائية ونفاذية أغشية المجموعات الثلاث [28].

بيدي الغشاء المطعم بتركيز مونوميري 12% w أعلى نفاذية تجاه الحمض وأخفض انتقائية من بين أغشية المجموعة الأولى، بمعامل ديلزة للحمض وعامل فصل (10⁻

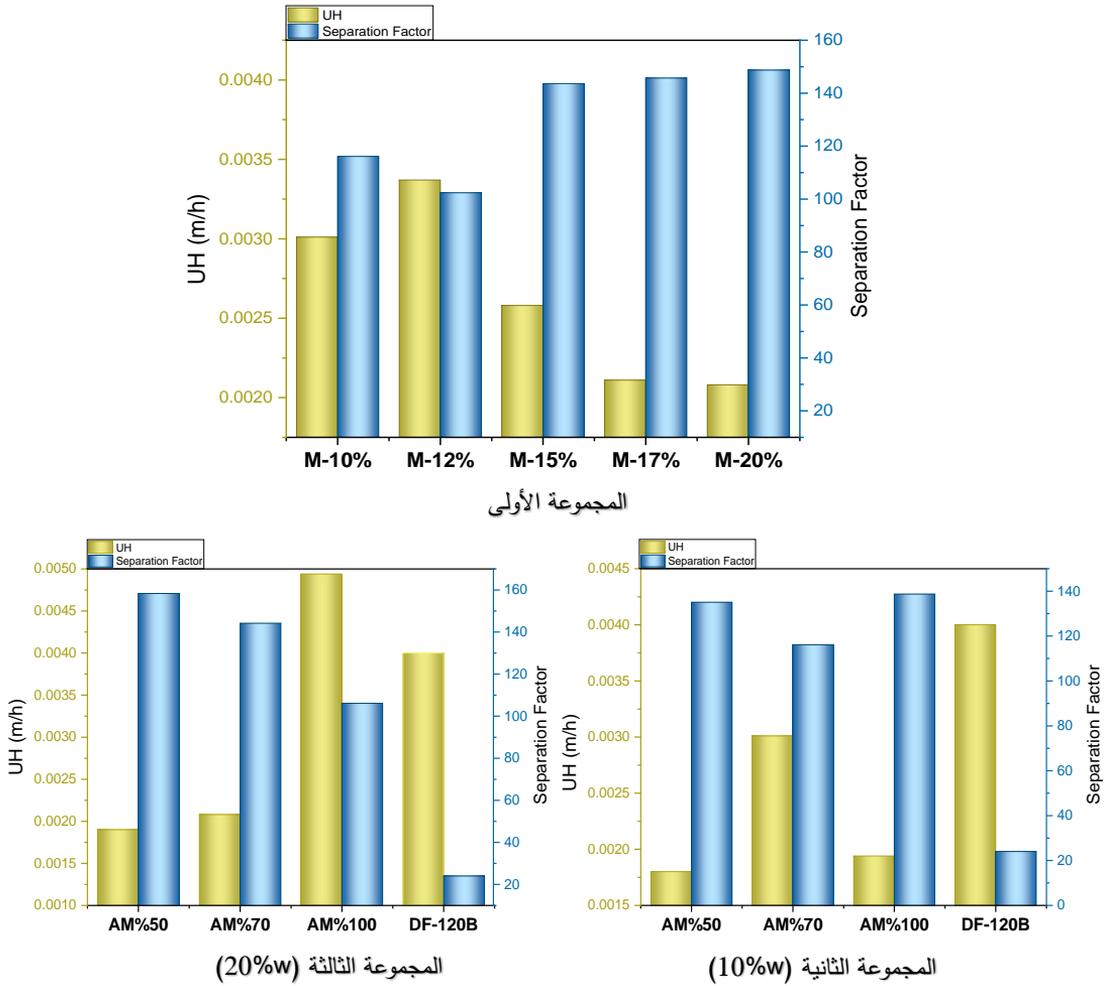
$U_{H^+} = 3.37 \times (S=102.36)$, m^3/h ، تتخفض نفاذية الأغشية تجاه حمض كلور الماء بزيادة تركيز المونوميرات عن 12%w في بنية الأغشية. ربما يعود السبب في ذلك إلى أن زيادة تركيز المونوميرات يزيد من حجم المنطقة النشطة في الغشاء على حساب حجم المنطقة البيئية المسؤولة عن انتقال بروتون حمض كلور الماء. تبدي جميع أغشية المجموعة الأولى انتقائية أعلى من الغشائين التجاريين (DF-120B) و (DF-120) عند إجراء عملية الفصل في درجة حرارة الغرفة، وذلك لكونها أعطت قيم عامل الفصل (S) أعلى من عامل فصل الغشائين التجاريين (DF-120B) و (DF-120) (24) و(18.5) على التوالي [41-42].

تبيّن نتائج معاملات الديليزة لأغشية المجموعة الثانية والثالثة زيادة نفاذية حمض كلور الماء بزيادة نسبة الأكريل أميد في تركيز المونوميرات المضافة، وذلك لكونه المسؤول عن نقل شوارد الكلور في المنطقة النشطة من خلال مجموعاته الأميدية المبرتنة، حيث نجد أن أعلى نفاذية لبروتونات الحمض تكون للغشاء المطعم بنسبة 100% وزناً من الأكريل أميد من بين أغشية المجموعة الثالثة بمعامل ديليزة للحمض وعامل فصل مساويان لـ $(S = 106.09, U_{H^+} = 4.944 \times 10^{-3} m/h)$ ، متفوقاً على نفاذية وانتقائية الغشاء التجاري DF-120B $(S = 24, U_{H^+} = 4 \times 10^{-3} m/h)$ ، الأمر الذي لا ينطبق على أغشية المجموعة الثانية، حيث تكون أعلى نفاذية تجاه الحمض للغشاء المطعم بنسبة 70%Am والذي له معامل ديليزة للحمض وعامل فصل مساويان لـ $(S = 116.11, U_{H^+} = 3.019 \times 10^{-3} m/h)$ ، بينما يعطي الغشاء المطعم بنسبة 100%Am نفاذية أخفض منه $(S = 138.7, U_{H^+} = 1.94 \times 10^{-3} m/h)$ ، تكون مجموعات الأמיד في الغشاء الأخير مشغولة بمخلبة شوارد الحديد عند تفاعل محلول التغذية مع مادة الغشاء بدلاً من أن تتبرتن ببروتون الحمض لتنتقل أيونات الكلور السالبة، كما وعززت الانتقائية العالية لغشاء 100%Am في المجموعة الثانية من تفسير سبب النفاذية المنخفضة له تجاه الحمض. بينما يلعب التركيز العالي من المونوميرات في

غشاء 100%Am في المجموعة الثالثة دوراً هاماً في نفاذيته تجاه الحمض، أي أن الغشاء يحمل زمراً أميدية كافية للقيام بمخلبة شوارد الحديد من جهة، ونقل شوارد الكلور السالبة بعد برتنة جزء من المجموعات الأميدية من جهة أخرى.

يعطي الغشاء المطعم بنسبة 50%Am في المجموعة الثالثة أعلى انتقائية من بين الأغشية المحضرة، بعامل الفصل مساوي لـ (S=158.33)، متفوقاً بذلك على انتقائية غشاء التبادل الشاردي المحضر في دراسة مرجعية جرت عام 2021، غشاء مرتكز على أكسيد الغرافين GO، له عامل فصل مساوي لـ (S=141.2) [17].

كما نجد أنّ انتقائية أغشية المجموعة الثالثة أعلى من انتقائية أغشية المجموعة الثانية، وربما يعود السبب لكون أغشية المجموعة الثالثة ذات التركيز المونوميري 20% لها قيم IEC أعلى (أي تحمل مجموعات كربوكسيلية بكميات أكبر) من أغشية المجموعة الثانية ذات التركيز المونوميري 10% [28]، حيث تقوم مجموعات الكربوكسيل بتشكيل معقدات تساندية مع شوارد الحديد، فتمنع بذلك مرورها إلى محلول المستقبل. ومنه نستنتج أنّ إضافة المجموعات الكربوكسيلية لبنية الغشاء عززت بشكل واضح من انتقائيته (أي استعادة حمض كلور الماء بأقل كمية ممكنة من شوارد الحديد).

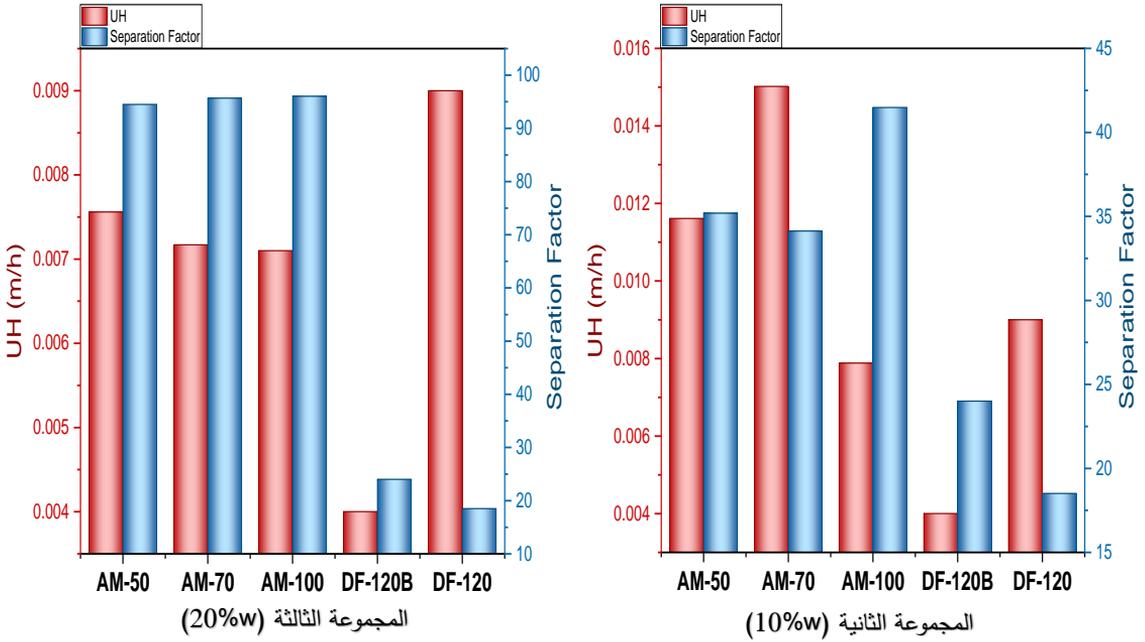


الشكل (12): معامل ديليزة للحمض (U_H) وعامل الفصل (S) عند درجة حرارة الغرفة.

3.7.4 نفاذية الحمض وانتقائية الأغشية عند درجة الحرارة $70^{\circ}C$

أظهرت أغشية المجموعة الثانية والثالثة زيادة ملحوظة في نفاذية الحمض وانخفاضاً في انتقائيتها عند رفع درجة حرارة المنظومة إلى $70^{\circ}C$ ، ويعود السبب إلى زيادة معدلات انتشار مكونات محلول التغذية عبر الأغشية، وتغير بنية الغشاء نتيجة ارتفاع حرارة

المنظومة، الأمر الذي رفع من نفاذية الأغشية تجاه الحمض وخفّض من انتقائيتها [43]. يُلاحظ من الشكل (13) الممثل لنفاذية أغشية المجموعة الثانية والثالثة تجاه الحمض وانتقائيتها عند درجة الحرارة 70°C أنّ أغشية المجموعة الثانية ذات التركيز المونوميري 10% (درجات تطعيم منخفضة) تبدي نفاذية تجاه الحمض أعلى من أغشية المجموعة الثالثة ذات التركيز المونوميري 20% (درجات تطعيم عالية)، ومنه نجد أنّ كثافة الزمر الوظيفية في الغشاء تؤثر سلباً على نفاذية الحمض، فزيادة الزمر الوظيفية (زيادة قيم IEC) يزداد حجم المنطقة النشطة على حساب المنطقة البيئية في بنية الغشاء، مما يجعل مرور بروتون الحمض عبر المنطقة البيئية أمراً صعباً. تكون نفاذية جميع أغشية المجموعة الثانية والثالثة تجاه الحمض أعلى من الغشاء التجاري DF-120B، ويكون للغشائين 50%Am و 70%Am في المجموعة الثانية نفاذية تجاه الحمض بمعامل ديلزة ($U_{H^+} = 11.61 \times 10^{-3} \text{m/h}$ ، $U_{H^+} = 15.02 \times 10^{-3} \text{m/h}$) على التوالي، أعلى حتى من نفاذية الغشاء التجاري DF-120. كما تبقى انتقائية أغشية المجموعة الثانية والثالثة أعلى من انتقائية الغشائين التجاريين FD-120B و FD-120 عند رفع درجة حرارة المنظومة إلى 70°C .



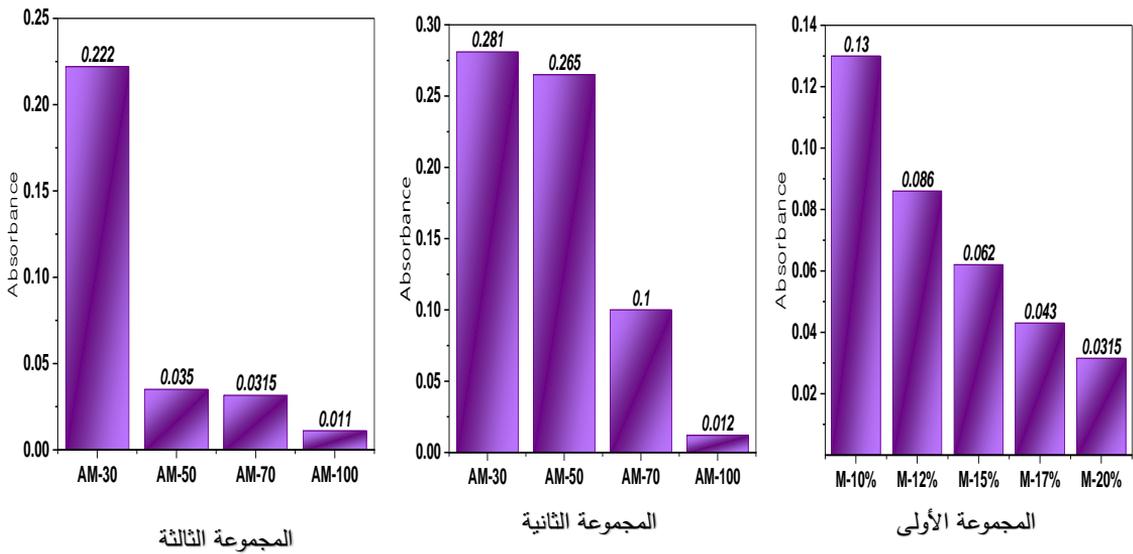
الشكل (13): معاميل ديليزة للحمض (U_H) وعامل الفصل (S) عند درجة الحرارة $70^{\circ}C$.

8.4 نتائج اختبار الادمصاص Adsorption test

يمثل الشكل (14) قيم امتصاص شوارد الحديد التي جرى امتزازها في أغشية المجموعة الثالث أثناء عملية الديليزة بالانتشار لاستعادة حمض كلور الماء. يُلاحظ انخفاض قدرة الأغشية في المجموعة الأولى على امتزاز شوارد الحديد بزيادة التركيز المونوميري، وربما يفسر الأمر إلى زيادة كثافة البنية الشبكية للغشاء التي ترفض دخول شوارد الحديد إلى بنية الغشاء والتفاعل مع مكوناته.

كما يُلاحظ انخفاض امتصاصية شوارد الحديد التي جرى امتزازها في أغشية المجموعة الثانية والثالثة بزيادة نسبة الأكريل أميد (أي بانخفاض نسبة حمض الأكرليك)، الأمر

الذي يعطي مجموعات الكربوكسيل التابعة لحمض الأكريليك مسؤولية تشكيل معقدات تساندية مع شوارد الحديد الثلاثي ومنع عبورها خلال الغشاء، إلا أنه يوجد قيم امتصاص للأغشية المطعمة بنسبة 100% من الأكريل أميد (100Am – 20%M- 100Am) في المجموعة الثانية والثالثة، ومنه نستنتج أن لمجموعات الأמיד دوراً في تشكيل معقدات تساندية مع شوارد الحديد الثلاثي ولكن بنسبة صغيرة.



الشكل (14): قيم امتصاص شوارد الحديد التي جرى امتزازها في أغشية المجموعات الثلاث.

5. الاستنتاجات والتوصيات conclusions and recommendations

أبدى غشاء PVA المطعم بنسبة 100%Am أعلى نفاذية عند إجراء العملية في درجة الحرارة 25°C متفوقاً على نفاذية وانتقائية الغشاء التجاري FD-120B. بينما أبدى غشاء الـ PVA المطعم بنسبة (70/30) حمض أكرليك وأكريل أميد أعلى قيمة لنفاذية الحمض عند إجراء العملية في درجة الحرارة 70°C متفوقاً بذلك على الغشاء التجاري FD-120.

ارتفعت نفاذية الأغشية تجاه الحمض عند رفع درجة حرارة عملية الفصل إلى 70°C بشكل كبير، كما تغير سلوك الغشائين المطعمين بنسبة Am (50% - 70%) ذو التركيز المونوميري 10%، حيث ظهرت التأثيرات التآزرية بين المجموعات الوظيفية في بنية الغشائين بشكل ملحوظ، ومن المتوقع الحصول على نتائج مبهرة فيما إذا بقيت العملية مستمرة لفترات أطول من 6 ساعات في درجة الحرارة 70°C .

أدى إضافة مجموعات الكربوكسيل من خلال حمض الأكرليك إلى رفع الانتقائية، حيث أظهرت جميع الأغشية انتقائية ممتازة. يمكن تحسين الأغشية المحضرة بإحداث مسامات في بنيتها ترفع من النفاذية تجاه الحمض، وذلك باستخدام طريقة الغزل الكهربائي في تحضير الأغشية.

يمكن استخدام الأغشية المحضرة صناعياً في استعادة حمض كلور الماء من كلوريد الحديد كونها سهلة التصنيع، وتحتوي مواد غير ضارة للبيئة، كما أنها تتمتع بنفاذية جيدة للحمض وانتقائية تفوق انتقائية الغشائين التجاريين FD-120B، FD-120 وانتقائية الأغشية تجاه الحمض في الدراسات المرجعية التي أجريت عام 2017 [45] و2021 [17].

6. المراجع References

- [1] AGRAWAL, & Sahu, K. K. (2009) - An overview of the recovery of acid from spent acidic solutions from steel and electroplating industries. Journal of hazardous materials, 171(1-3), 61-75.
- [2] DU, X., WANG, Z., ZHANG, H., YUAN, Y., WANG, H., & ZHANG, Z. (2021) - Prepared poly (aryl piperidinium) anion exchange membranes for acid recovery to improve dialysis coefficients and selectivity. Journal of Membrane Science, 619, 118805.
- [3] Huang, X., Xu, Y., Shan, C., Li, X., Zhang, W., & Pan, B. (2016). Coupled Cu (II)-EDTA degradation and Cu (II) removal from acidic wastewater by ozonation: performance, products and pathways. Chemical Engineering Journal, 299, 23-29.
- [4] GALLEGO-SCHMID, A., & TARPANI, R. R. Z. (2019) - Life cycle assessment of wastewater treatment in developing countries: a review. Water research, 153, 63-79.
- [5] GU, J., WU, C., WU, Y., LUO, J., & XU, T. (2012) - PVA-based hybrid membranes from cation exchange multisilicon copolymer for alkali recovery - Desalination, 304, 25-32.
- [6] LIN, S. H., & KIANG, C. D. (2003). Chromic acid recovery from waste acid solution by an ion exchange process: equilibrium and column ion exchange modeling. Chemical Engineering Journal, 92(1-3), 193-199.
- [7] LEE, H. J., AHN, S. J., SEO, Y. J., & LEE, J. W. (2013) - A feasibility study on the multistage process for the oxalic acid pretreatment of a lignocellulosic biomass using electrodialysis. Bioresource technology, 130, 211-217.

[8] IAKOVLEVA, E., MÄKILÄ, E., SALONEN, J., SITARZ, M., WANG, S., & SILLANPÄÄ, M. (2015) - Acid mine drainage (AMD) treatment: neutralization and toxic elements removal with unmodified and modified limestone. *Ecological Engineering*, 81, 30-40.

[9] CHENG, C., YANG, Z., HE, Y., MONDAL, A. N., Bakangura, E., & Xu, T. (2015). Diffusion dialysis membranes with semi-interpenetrating network for acid recovery. *Journal of Membrane Science*, 493, 645-653.

[10] LUO, J., WU, C., XU, T., & WU, Y. (2011) - Diffusion dialysis-concept, principle and applications. *Journal of Membrane Science*, 366(1-2), 1-16.

[11] ZHANG, K., & YANG, S. T. (2015) - In situ recovery of fumaric acid by intermittent adsorption with IRA-900 ion exchange resin for enhanced fumaric acid production by *Rhizopus oryzae*. *Biochemical Engineering Journal*, 96, 38-45.

[12] KHAN, M. I., SHANABLEH, A., KHRAISHEH, M., & ALMOMANI, F. (2022) - Synthesis of Porous BPPO-Based Anion Exchange Membranes for Acid Recovery via Diffusion Dialysis. *Membranes*, 12(1), 95.

[13] TUGAS, I., POURCELLY, G., & GAVACH, C. (1993) - Electrotransport of protons and chloride ions in anion exchange membranes for the recovery of acids. Part I. Equilibrium properties. *Journal of membrane science*, 85(2), 183-194.

[14] ZHANG, C., ZHANG, W., & WANG, Y. (2020) - Diffusion dialysis for acid recovery from acidic waste solutions: Anion exchange membranes and technology integration. *Membranes*, 10(8), 169.

[15] MONDAL, A. N., CHENG, C., KHAN, M. I., HOSSAIN, M. M., EMMANUEL, K., GE, L., ... & XU, T. (2017) - Improved acid

recovery performance by novel Poly (DMAEM-co- γ -MPS) anion exchange membrane via diffusion dialysis. Journal of membrane science, 525, 163-174.

[16] LIN, J., HUANG, J., WANG, J., YU, J., YOU, X., LIN, X., ... & ZHAO, S. (2021) - High-performance porous anion exchange membranes for efficient acid recovery from acidic wastewater by diffusion dialysis. Journal of Membrane Science, 624, 119116.

[17] GU, Y., ZHAO, J., ZHOU, H., JIANG, H., LI, J., ZHANG, B., & MA, H. (2021) - Crosslinking imidazolium-intercalated GO membrane for acid recovery from low concentration solution. Carbon, 183, 830-839.

[18] IRFAN, M., BAKANGURA, E., AFSAR, N. U., & XU, T. (2018). Augmenting acid recovery from different systems by novel Q-DAN anion exchange membranes via diffusion dialysis. Separation and Purification Technology, 201, 336-345.

[19] GUECCIA, R., WINTER, D., RANDAZZO, S., CIPOLLINA, A., KOSCHIKOWSKI, J., & MICALÈ, G. D. (2021) - An integrated approach for the HCl and metals recovery from waste pickling solutions: Pilot plant and design operations. Chemical Engineering Research and Design, 168, 383-396.

[20] AJJI, Z., & ALI, A. M. (2005) - Preparation of poly (vinyl alcohol) membranes grafted with N-vinyl imidazole/acrylic acid binary monomers. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms, 236(1-4), 580-586.

[21] LI, Q., IMBROGNO, J., BELFORT, G., & WANG, X. L. (2015) - Making polymeric membranes antifouling via “grafting from” polymerization of zwitterions. Journal of Applied Polymer Science, 132(21).

[22] AJJI, Z., & ALI, A. M. (2007). Adsorption of methyl violet and brilliant blue onto poly (vinyl alcohol) membranes grafted with N-vinyl imidazole/acrylic acid. Nuclear Instruments and Methods in

Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms, 265(1), 362-365.

[23] VALAND, R., TANNA, S., LAWSON, G., & BENGSTSTRÖM, L. (2020) - A review of Fourier Transform Infrared (FTIR) spectroscopy used in food adulteration and authenticity investigations. Food Additives & Contaminants: Part A, 37(1), 19-38.

[24] LIANG, S., YAN, W., WU, X., ZHANG, Y., ZHU, Y., WANG, H., & WU, Y. (2018) - Gel polymer electrolytes for lithium ion batteries: Fabrication, characterization and performance. Solid State Ionics, 318, 2-18.

[25] TUAN, C. M., CONG TINH, V. D., & KIM, D. (2020) - Anion exchange membranes prepared from quaternized polyepichlorohydrin cross-linked with 1-(3-aminopropyl) imidazole grafted poly (arylene ether ketone) for enhancement of toughness and conductivity. Membranes, 10(7), 138.

[26] DAVIS, J. R. (ED.) - (2004). Tensile testing. ASM international.

[27] LIN, X., SHAMSAEI, E., KONG, B., LIU, J. Z., HU, Y., XU, T., & WANG, H. (2016). Porous diffusion dialysis membranes for rapid acid recovery. Journal of Membrane Science, 502, 76-83.

[28] ASHRAF, M. A., ISLAM, A., BUTT, M. A., MANNAN, H. A., KHAN, R. U., KAMRAN, K., & AL-SEHEMI, A. G. (2021) - Quaternized Diaminobutane/Poly (vinyl alcohol) Cross-Linked Membranes for Acid Recovery via Diffusion Dialysis. Membranes, 11(10), 786.

[29] JIPA, I. M., STOICA, A., STROESCU, M., DOBRE, L. M., DOBRE, T., JINGA, S., & TARDEI, C. (2012) - Potassium sorbate release from poly (vinyl alcohol) -bacterial cellulose films. Chemical Papers, 66(2), 138-143.

[30] PINTO, C. G., LAESPADA, M. E. F., PAVÓN, J. L. P., & CORDERO, B. M. (1999) - Analytical applications of separation techniques through membranes. Laboratory Automation & Information Management, 34(2), 115-130.

[31] MULDER, M., & MULDER, J. (1996) - Basic principles of membrane technology. Springer science & business media.

[32] BHATTACHARYA, A., & MISRA, B. N. (2004) - Grafting: a versatile means to modify polymers: techniques, factors and applications. Progress in polymer science, 29(8), 767-814.

[33] PATACHIA, S., VALENTE, A. J., & BACIU, C. (2007). Effect of non-associated electrolyte solutions on the behaviour of poly (vinyl alcohol)-based hydrogels. European Polymer Journal, 43(2), 460-467.

[34] CYGANOWSKI, P., & DZIMITROWICZ, A. (2020) - A mini-review on anion exchange and chelating polymers for applications in hydrometallurgy, environmental protection, and biomedicine. Polymers, 12(4), 784.

[35] JACQUEMOND, R. R., GEVELING, R., FORNER-CUENCA, A., & NIJMEIJER, K. (2022) - On the Characterization of Membrane Transport Phenomena and Ion Exchange Capacity for Non-Aqueous Redox Flow Batteries. Journal of The Electrochemical Society, 169(8), 080528.

[36] GONG, Z., NIU, F., ZHANG, G., LI, J., LI, G., HUANG, W., ... & WONG, C. (2017). Effects of composition on the properties of dual physically cross-linked hydrogel composed of polyvinyl alcohol and poly (acrylamide-co-acrylic acid). Journal of Polymer Research, 24(8), 1-7.

[37] WU, Y., LUO, J., YAO, L., WU, C., MAO, F., & XU, T. (2012). PVA/SiO₂ anion exchange hybrid membranes from multisilicon copolymers with two types of molecular weights. Journal of membrane science, 399, 16-27.

[38] YOON, K. S., LEE, J. Y., KIM, T. H., YU, D. M., HONG, S. K., & HONG, Y. T. (2015) - Multiblock copolymers based on poly

(p-phenylene) -co-poly (arylene ether sulfone ketone) with sulfonated multiphenyl pendant groups for polymer electrolyte fuel cell (PEMFC) application. *European Polymer Journal*, 66, 1-11.

[39] MA, Q., SHULER, P. J., AFTEN, C. W., & TANG, Y. (2015). Theoretical studies of hydrolysis and stability of polyacrylamide polymers. *Polymer degradation and stability*, 121, 69-77.

[40] WANG, C., WU, C., WU, Y., GU, J., & XU, T. (2013). Polyelectrolyte complex/PVA membranes for diffusion dialysis. *Journal of hazardous materials*, 261, 114-122.

[41] EMMANUEL, K., ERIGENE, B., CHENG, C., MONDAL, A. N., HOSSAIN, M. M., KHAN, M. I., ... & XU, T. (2016) - *Facile synthesis of pyridinium functionalized anion exchange membranes for diffusion dialysis application.* *Separation and Purification Technology*, 167, 108-116.

[42] MONDAL, A. N., CHENG, C., YAO, Z., PAN, J., HOSSAIN, M. M., KHAN, M. I. & Xu, T. (2015) - Novel quaternized aromatic amine based hybrid PVA membranes for acid recovery. *Journal of Membrane Science*, 490, 29-37.

[43] WU, C., WU, Y., LUO, J., XU, T., & FU, Y. (2010). Anion exchange hybrid membranes from PVA and multi-alkoxy silicon copolymer tailored for diffusion dialysis process. *Journal of Membrane Science*, 356(1-2), 96-104.

[45] Khan, M. I., Luque, R., Prinsen, P., Ur Rehman, A., Anjum, S., Nawaz, M., ... & Mustaqeem, M. (2017). BPPO-based anion exchange membranes for acid recovery via diffusion dialysis. *Materials*, 10(3), 266.

عزل واستزراع الطحلب الأزرق المخضر *Chroococcus turgidus* في محلول التربة مع تحديد إنتاجية كتلته الحيوية للبروتين

علي عبد السلام بكداش**

د. جورج حنا ديب*

ملخص

تم في هذا البحث عزل الطحلب الأزرق المخضر *Chroococcus turgidus* من مجرى النهر الكبير الشمالي واستزاعه في الوسط الزرع المعدل Chu-10، بعد ذلك تم استزراع الطحلب المدروس في محلول التربة ضمن تراكيز مختلفة (25-50-75) مل/ل، تم قياس تركيز اليخضور (أ) كل أسبوع وكان أعلى تركيز 1.86 ميكروغرام/مل في الأسبوع الخامس للطحلب المستزاع في الوسط الزرع الصناعي المعدل Chu-10 بالمقابل سجل 1.65 ميكروغرام/مل كأعلى تركيز عند استزراع الطحلب المعزول في محلول التربة عند تركيز 75 مل/ل بينما كان 0.71 ميكروغرام/مل أقل تركيز لليخضور (أ) عند تركيز 25 مل/ل في الأسبوع الخامس من الاستزاع. كانت نسبة البروتين في الكتلة الحيوية الجافة للطحلب المستزاع في الوسط الزرع المعدل Chu-10 13.6% بينما سجلت عند الطحلب المستزاع في محلول التربة (3.2, 4.9, 9.7)% عند التراكيز 75, 50, 25، على التوالي.

الكلمات المفتاحية: استزاع، محلول تربة، *Chroococcus turgidus*، Chu-10

*أستاذ- قسم علم الحياة النباتية - كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.
deebgeorge009@gmail.com

**طالب دكتوراه اختصاص علم الحياة النباتية - قسم علم الحياة النباتية - كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.
ali095511@gmail.com

Isolation and cultivation of blue-green algae *Chroococcus turgidus* in the solution soil with the determination of the productivity of its protein biomass

Dr. George Hnna Deeb *

Ali Abd Alsalam Bkdash **

ABSTRACT

In this research, the blue-green alga *Chroococcus turgidus* was isolated from the Great Northern riverbed and cultured in Chu-10 amendment culture medium, After that, the studied algae was cultured in the soil solution at different concentrations (25-50-75) ml/l, the chlorophyll (a) concentration was measured every week and the highest concentration was 1.86 µg/ml in the fifth week for algae cultured in Chu-10-centered artificial culture medium. At the concentration of 75 ml/L whereas was 0.71 µg/ml the lowest concentration of chlorophyll (a) at a concentration of 25 ml/L in the fifth week of culture. The percentage of protein in the dry biomass of algae cultured in the Chu-10 hub was 13.6%, while it was recorded for algae cultured in the soil solution (9.7, 4.9, 3.2)% at concentrations of 75, 50, 25, respectively.

Keywords: culture, solution soil, *Chroococcus turgidus*, Chu-10.

*Professor - Department of Botany - Faculty of Science - Tishreen University-Lattakia-Syria. deebgeorge009@gmail.com

** Ph.D. Student in Plant Biology - Department of Plant Biology - Faculty of Science - Tishreen University - Lattakia - Syria. ali095511@gmail.com

1- مقدمة:

الطحالب الزرقاء المخضرة Cyanophyta هي أبسط أنواع الطحالب وأقلها رقياً وأقدمها وجوداً على ظهر الأرض (بدائية النواة Prokaryotic)، عرفت باسم الطحالب اللزجة Myxophyta حيث تحتوى على غمد هلامي لزج حول الخلايا مثل طحلب Nostoc، شوهد بعضها في حفريات قديمة تقدر عمرها إلى ما يقرب 3000 مليون سنة، تعيش في بيئات مختلفة فهي واسعة الانتشار ومتأقلمة مع كافة الظروف البيئية [1,2].

تعد من أبرز المصادر الطبيعية الغنية بالعناصر الغذائية التي نادراً ما تتوفر بهذا التركيز في مصدر واحد حيث تحتوي على نسب عالية من الفيتامينات المضادة للأكسدة وعناصر الحديد والبيتا كاروتين والمغنيزيوم والكالسيوم. وهي غنية بالبروتينات نظراً إلى احتوائها على الأحماض الأمينية الأساسية، وبعض الأحماض الأمينية غير الأساسية إضافة إلى أنها تنمو بمعدل 25 مرة أسرع من المحاصيل الغذائية التقليدية ، ولا تحتاج إلى التنافس على الأراضي الصالحة للزراعة ، فضلاً عن قيمتها الصحية التي ما تزال الأبحاث تضيف إليها يوماً بعد يوم لذلك استوجب استزراعها واثرائها والاستفادة منها [3].

2- هدف البحث:

تستخدم الطحالب الزرقاء المخضرة المستزرعة اليوم كغذاء للإنسان في بعض الدول كاليابان، وكعلف لأنواع المائية المستزرعة مثل الرخويات والمرحل اليرقية المبكرة للأسماك والقشريات، بالتالي إنتاج الطحالب الزرقاء المخضرة يعد أمراً أساسياً للعديد من التطبيقات التجارية، فهناك حاجة لتقنيات الإنتاج التي تزيد من الإنتاجية وتكون مريحة اقتصادياً وهذا دعانا إلى:

1- عزل الطحلب الأزرق المخضر *Chroococcus turgidus* من مصب النهر الكبير الشمالي في محافظة اللاذقية.

2- استزراع *Chroococcus turgidus* في وسط رخيص الثمن (محلل التربة).

عزل واستزراع الطحلب الأزرق المخضر *Chroococcus turgidus* في محلول التربة مع تحديد إنتاجية كتلته الحيوية للبروتين

3- مقارنة تركيز اليخضور (أ)، ونسبة البروتين في الكتلة الحيوية للطحلب المعزول المستزرع في محلول التربة والوسط الصناعي المعدل Chu-10.

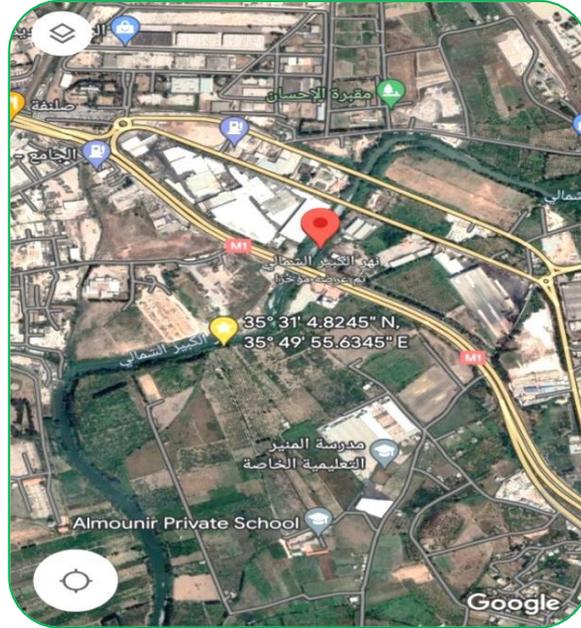
3- مواد وطرائق البحث

3-1- موقع الدراسة:

- مجرى النهر الكبير الشمالي في محافظة اللاذقية.
- كلية العلوم-جامعة تشرين.

3-2- جمع العينات:

تم جمع عينات الطحلب من مجرى النهر الكبير الشمالي (الشكل 1) باستخدام عيوات بولي ايتلين سعة 1000مل في بداية شهر تموز عام 2022م ونقلت إلى مختبر الدراسات العليا (كلية العلوم_جامعة تشرين) حيث تم تثبيت جزء من العينات بالفورمالين بتركيز (4%) بهدف دراستها مجهريا بينما ترك الجزء الآخر دون تثبيت لغرض استزراع الطحلب المراد عزله .



الشكل 1: خريطة لمجرى النهر الكبير الشمالي

3-3- عزل الطحلب:

نقلت العينات باستخدام جهاز الطرد المركزي بسرعة 3000 دورة/دقيقة لمدة 3 دقائق، أهمل الراشح وأخذ الراسب وفحص تحت المجهر الضوئي عند قوة تكبير (40x) للتأكد من النوع الطحلي *Chroococcus turgidus* المراد عزله وتصنيفه ودراسة خصائصه [4,5,6].

بعد ذلك استزرعت العينات في حوجلات زجاجية سعة 500 مل وذلك بإجراء سلسلة تخفيف لكل عينة (10^{-5}) وإكمال الحجم إلى 350 مل من الوسط الزرعي السائل المعدل Chu-10 [7] وتكرار التخفيف للحصول على عزلات وحيدة الطحلب Unialgal cultures.

نقلت الحوجلات إلى وحدة استزراع العوالق النباتية (قسم علم الحياة النباتية-كلية العلوم -جامعة تشرين) وحضنت تحت ظروف الزرع الملائمة من درجات حرارة وإضاءة (حرارة 25 ± 2 م، شدة إضاءة 2500 لوكس، ونوبة ضوئية 16 ضوء:8 ظلام) مع تحريك الحوجلات وتبديل أماكنها كل 8 ساعات حتى الحصول على نمو مناسب للمزرعة الطحلبية.

3-4- تنقية الطحلب:

بعد الحصول على عزلة وحيدة الطحلب يتم تنقيتها من الجراثيم والفطريات ، حيث أخذت المزرعة الطحلبية ومزجت بالماء المقطر المعقم وتم تثقيفها لمدة دقيقتين بسرعة 3000 دورة /دقيقة بعد ذلك أخذت الرسابة ومزجت بالماء المقطر المعقم وكررت العملية عدة مرات، بعد ذلك زرع قسم من العينة الطحلبية المثقلة على الوسط الزرعي الفطري الصلب (Potato Dextrose Agar (P.D.A) وحُضنت الأطباق بدرجة حرارة 25° م لمدة 5 أيام، كما أخذ قسم آخر من العينة الطحلبية المثقلة وزرع على الوسط الزرعي الجرثومي الصلب Nutrient Agar وحُضنت الأطباق بدرجة حرارة 37° م ولمدة 48 ساعة، وكررت العملية عدة مرات حتى تم التأكد من عدم نمو فطريات وجراثيم على

عزل واستزراع الطحلب الأزرق المخضر *Chroococcus turgidus* في محلول التربة مع
تحديد إنتاجية كتلته الحيوية للبروتين

الأوساط المغذية وبذلك يتم الحصول على عذلة نقية من الطحالب خالية من النمو
الفطري والجرثومي [8].

3-5- تحضير محلول تربة:

حضر بإضافة 500 غرام من التربة (تربة حديقة الصنوبر في كلية العلوم، حيث لا
تحتوي على أسمدة أو مبيدات كيميائية أو مواد سامة) إلى 1000 مل من الماء المقطر،
حرك جيداً ووضع في الأوتوغلاف لمدة نصف ساعة بعد ذلك رشح وأخذت الرشاحة
وعقمت لمدة 20 دقيقة ثم حفظت في مكان بارد لحين الاستخدام.

3-5- استزراع الطحلب المعزول في محلول التربة:

تم إضافة التركيز 1 مل من المزرعة الطحلبية المعزولة إلى حوجلات زجاجية سعة
2000 مل حاوية على 1500 مل من محلول التربة بتراكيز (25-50-75) مل/ل بواقع
4 مكررات، حضنت الحوجلات تحت ظروف الزرع الملائمة من درجات حرارة وإضاءة
(حرارة 25 ± 2 م، وشدة إضاءة 2500 لوكس، ونوبة ضوئية 16 ضوء:8 ظلام) مع
تحريك الحوجلات وتبديل أماكنها كل 8 ساعات حتى الحصول على نمو مناسب للمزرعة
الطحلبية وعدم حدوث تكثف والتصاق الطحلب على جدران الحوجلات، كما تم إضافة
التركيز 1 مل من المزرعة الطحلبية المعزولة إلى حوجلات زجاجية سعة 2000 مل حاوية
على 1500 مل من الوسط الزراعي السائل المعدل Chu-10 للمقارنة مع محلول التربة.

3-6- قياس تركيز اليخضور (أ):

تم قياس تراكيز الكلوروفيل (أ) كل أسبوع لمدة 5 أسابيع من خلال ترشيح 100 مل من
المزرعة الطحلبية كل أسبوع بواسطة أوراق ترشيح (0.45) ميكرون ثم وضعت أوراق
الترشيح في أنابيب اختبار زجاجية سعة 20 سم³ ذات غطاء محكم، وأضيف لها 10 سم³
من الأسيتون (90%)، نقلت إلى الثلجة لتحتفظ عند الدرجة 4° م لمدة 24 ساعة وبعدها
وضعت في جهاز الطرد المركزي بسرعة 3000 دورة/دقيق و أخذ الراشح وقيست
الامتصاصية باستخدام مقياس الطيف الضوئي Spectrophotometric (الشكل 2) على
طول موجي (750₀) نانومتر و (665₀) نانومتر، ثم أضيف قطرتين من حامض

الهيدروكلوريك (HCl) ذو عيارية (N0.1) ومزج الخليط بشكل جيد لمدة 5 دقائق، قيست الامتصاصية على نفس الاطوال الموجية (750_a) نانومتر و (665_a) نانومتر وحسب التركيز بـ ميكروغرام/مل (µg/ml) من المعادلة التالية:

$$\text{Chlorophyll a} = 11.4 \times K \times \{ (E_{665_0} - E_{750_0}) - (E_{665a} - E_{750a}) \} \times V_e / L \times V_f \quad [9]$$

إذ أن: L=طول الخلية الضوئية المستخدمة في القياس(سم).

Ve=حجم الأسيتون المستخدم في استخلاص صبغة اليخضور(أ)(سم³).

Vf =حجم العينة المرشحة(مل).

K=ثابت يساوي 2.43



الشكل 2: مقياس الطيف الضوئي Spectrophotometric

3-7- تحديد نسبة البروتين في الكتلة الحيوية:

أخذ 0.5 غرام من عينة الطحالب الجافة ثم يتم مزج العينة وطحنها بشكل جيد، يضاف لها 20 مل من ثلاثي كلور حمض الخل بتركيز 10% لضمان ترسيب البروتين وذلك بعد ضبط الأس الهيدروجيني ليكون معتدل باستخدام فوسفات البوتاسيوم، حُلّ الراسب الناتج بـ 20 مل من ماءات الصوديوم و حُرِّك حتى تمام الذوبان للحصول على مستخلص البروتين، أخذ 1مل من محلول البروتين الناتج أضيف له 5 مل من كبريتات النحاس القلوي وحضن في درجة حرارة الغرفة لمدة 10 دقائق، بعد ذلك أضيف 5 مل من كاشف فولين فينول ويتم الحضن في درجة حرارة الغرفة لمدة 30 دقيقة وقيست

عزل واستزراع الطحلب الأزرق المخضر *Chroococcus turgidus* في محلول التربة مع تحديد إنتاجية كتلته الحيوية للبروتين

الامتصاصية باستخدام Spectrophotometric على طول موجة 660 نانومتر [11,10].

4- النتائج ومناقشتها

4-1- خصائص الطحلب المعزول:

Division:	Cyanophyta	الشعبة:
Class:	Cyanophycophyceae	الصف:
Order:	Chroococcales	الرتبة:
Family:	Chroococcaceae	الفصيلة:
Genus:	<i>Chroococcus</i>	الجنس:
Type :	<i>Chroococcus turgidus</i>	النوع:

طحلب ذو لون أزرق مخضر أو أصفر مائل للأصفرار وحيد الخلية كروي الشكل محاط بغمد مخاطي (الشكل 3) يتواجد في البرك وفي المياه الراكدة يتراوح حجم الخلية بين 1-10 ملي ميكرون، يتكاثر بواسطة الانشطار أو الانقسام الثنائي البسيط، تتكون السيتوبلازم من منطقتين (منطقة مركزية عديمة اللون ومنطقة محيطية ملونة) يحيط بهما غلاف هلامي رقيق يحمي الطحلب من الجفاف والحرارة.



الشكل 3: الطحلب الأزرق المخضر *Chroococcus turgidus*

4-2- قياس تركيز اليخضور (أ):

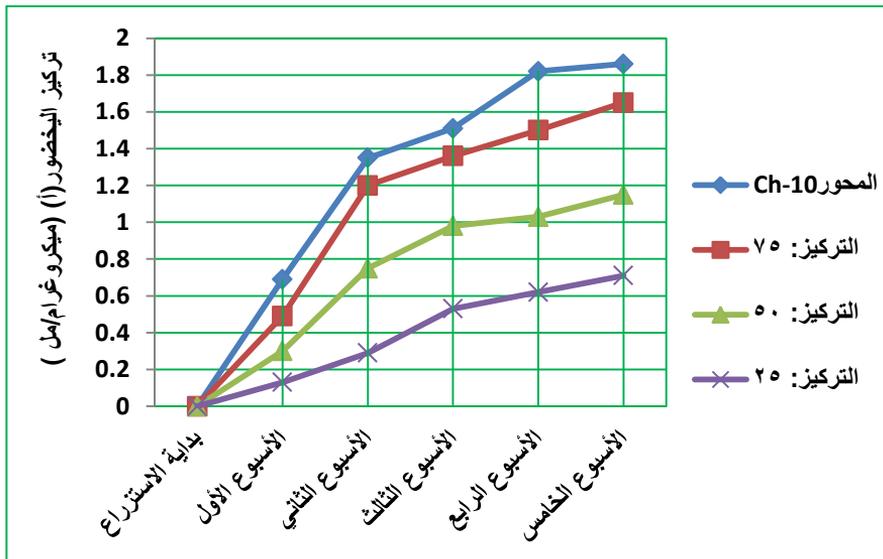
إن قياس تركيز اليخضور (أ) يعبر عن الكتلة الحية للعوالق النباتية ومدى كفاءة التركيب الضوئي للمسطح المائي وتختلف تراكيزه في العوالق النباتية باختلاف الأنواع [14,13,12].

من خلال النتائج التي حصلنا عليها (الشكل 4,5، الجدول 1) لاحظنا ازدياد تراكيز اليخضور (أ) مع ازدياد زمن القياس نتيجة زيادة تكاثر ونمو الطحلب *Chroococcus turgidus* وكان أعلى تركيز لليخضور (أ) 1.86 ميكروغرام/مل في الأسبوع الخامس للطحلب المستزرع في الوسط الزراعي الصناعي المعدل Chu-10 بالمقابل سجل 1.65 ميكروغرام/مل كأعلى تركيز لليخضور (أ) عند استزراع الطحلب *Chroococcus turgidus* في محلول التربة عند تركيز 75 مل/ل بينما كان 0.71 ميكروغرام/مل أقل تركيز لليخضور (أ) في محلول التربة عند تركيز 25 مل/ل في الأسبوع الخامس من الاستزراع، هذا يتفق مع دراسة [15] سجل فيها تركيز اليخضور (أ) 2511.9 ميكروغرام/ل بعد 16 يوم من استزراع الطحلب *Chroococcus turgidus* حيث يمكن أن يؤثر نوع الوسط الزراعي (المغذيات) وقيمة pH على تركيز اليخضور (أ) [16] فمثلا عند استزراع طحلب *Spirulina platensis* بوسط BG11 و BG11 المعدل كان تركيز اليخضور (أ) 11.31 ملغ/غ و 9.5 ملغ/غ على التوالي عند قيمة pH=8 وتراجع النمو وتركيز اليخضور (أ) عند قيمة pH=10.

عزل واستزراع الطحلب الأزرق المخضر *Chroococcus turgidus* في محلول التربة مع تحديد إنتاجية كتلته الحيوية للبروتين



الشكل 4: الطحلب الأزرق المخضر *Chroococcus turgidus* في الوسط الزراعي الصناعي المعدل Chu-10 و وسط محلول التربة



الشكل 5: رسم بياني لتركيز اليخضور (أ) للطحلب *Chroococcus turgidus* في الوسط الزراعي الصناعي المعدل Chu-10 و وسط محلول التربة

الجدول 1: قياسات تراكيز اليخضور (أ) للطحلب *Chroococcus turgidus* في الوسط الزراعي الصناعي المعدل Chu-10 و محلول التربة

قياس تركيز اليخضور (أ) بـ ميكروغرام/مل				الوسط الصناعي	Chu-10 المعدل
وسط محلول التربة					
التركيز 25	التركيز 50	التركيز 75			
0	0	0	0		بداية الاستزراع
0.13	0.30	0.49	0.69		الأسبوع الأول
0.29	0.75	1.20	1.35		الأسبوع الثاني
0.53	0.98	1.36	1.51		الأسبوع الثالث
0.62	1.03	1.50	1.82		الأسبوع الرابع
0.71	1.15	1.65	1.86		الأسبوع الخامس

4-2- تحديد نسبة البروتين في الكتلة الحيوية:

من خلال النتائج التي حصلنا عليها (الجدول 2) بلغت نسبة البروتين في الكتلة الحيوية الجافة للطحلب الأزرق المخضر *Chroococcus turgidus* المستزرع في الوسط الزراعي المعدل Chu-10 13.6% بينما سجلت نسبة البروتين في وسط محلول التربة (3.2, 4.9, 9.7)% عند التراكيز 25, 50, 75 على التوالي، بمقارنة مع دراسة [17] على النوع *Microcystis aeruginosa* وصلت نسبة البروتين في الكتلة الحيوية الجافة 4.13%، وفي دراسة على النوع *Chroococcus turgidus* وصلت نسبة البروتين في الكتلة الحيوية الجافة 17.8% عند استزراعه في الوسط CFTRI تحت نوبة ضوئية 12 ضوء: 12 ظلام حيث يمكن ان يزداد اصطناع البروتين بازدياد فترة الإضاءة والمغذيات الأزوتية [18].

عزل واستزراع الطحلب الأزرق المخضر *Chroococcus turgidus* في محلول التربة مع
تحديد إنتاجية كتلته الحيوية للبروتين

الجدول 2: نسبة البروتين في الكتلة الحيوية الجافة *Chroococcus turgidus* في
الوسط الزراعي الصناعي المعدل Chu-10 و محلول التربة.

محلول التربة			الوسط الصناعي	نسبة البروتين في الكتلة الحيوية الجافة التي تم الحصول عليها
التركيز 25	التركيز 50	التركيز 75	Chu-10 المعدل	
3.2	4.9	9.7	13.6	

5- الاستنتاجات والتوصيات:

- 1- إمكانية استخدام وسط محلول التربة كبديل عن الوسط الصناعي في استزراع الطحلب *Chroococcus turgidus* كونه رخيص الثمن وصديق للبيئة ومتوفر بشكل دائم.
- 2- إنتاجية البروتين في الكتلة الحيوية الجافة للطحلب المستزرع في وسط محلول التربة كانت الأفضل عند تركيز 75%.

6- التوصيات:

- 1- الأهمية بمكان تدعيم الدراسة باختبار أنواع ونسب الحموض الأمينية في بروتينات الكتلة الحيوية الجافة للنوع المدروس لإمكانية استخدامها كغذاء للإنسان.
- 2- دراسة أنواع أخرى من الطحالب الزرقاء المخضرة ذات مردود عالي من البروتين.

7-المراجع:

1. CARR, N. G., & WHITTON, B. A. (EDS.)1973- **The biology of blue-green algae** (Vol. 9). Univ of California Press.
2. BULLERJAHN, G. S., & POST, A. F2014- Physiology and molecular biology of aquatic cyanobacteria. **Frontiers in microbiology**, 5, 359.
3. KOLI, D. K., RUDRA, S. G., BHOWMIK, A., & PABBI, S. 2022. Nutritional, Functional, Textural and Sensory Evaluation of Spirulina Enriched Green Pasta: A Potential Dietary and Health Supplement, **Foods**, 11(7), 979.
4. Komárek, J., & Novelo, E. 1994. Little known tropical Chroococcus species (Cyanoprokaryotes). **Preslia, Praha**, 66, 1-21.
5. AL-HUSSIENY, A. A. 2018. **Atlas of The Algae in The Iraqi Aquatic Environment**.
6. EDWARD G, BELLINGER AND DAVID CS 2010- **Freshwater Algae Identification and Use as Bioindicators. Antony Rowe, Ltd**. Chippenham, Wilts. pp. 285.
7. AL-AARAJY, M. 1996- **Studies on the mass culture of some microalgae as food for fish larvae (Doctoral dissertation**, Ph. D Thesis, Univ. of Basrah).
8. WIEDEMAN, V. E., WALNE, P. L., & TRAINOR, F. R. 1964. A new technique for obtaining axenic cultures of algae. **Canadian journal of botany**, 42(7), 958-959.
9. AMINOT , A. AND REY , F. 2000- **Standard procedure for the determination of chlorophyll a by spectroscopic method. International Council for the Exploration of the Sea** .Techniques in Marine Environmental Science, ISSN 0903-2606 :16 p.
10. CLASSICS LOWRY, O., ROSEBROUGH, N., FARR, A., & RANDALL, R. 1951. Protein measurement with the Folin phenol reagent. **J biol Chem**, 193(1), 265-75.
11. LÓPEZ, C. V. G., GARCÍA, M. D. C. C., FERNÁNDEZ, F. G. A., BUSTOS, C. S., CHISTI, Y., & SEVILLA, J. M. F. 2010.

عزل واستزراع الطحلب الأزرق المخضر *Chroococcus turgidus* في محلول التربة مع
تحديد إنتاجية كتلته الحيوية للبروتين

- Protein measurements of microalgal and cyanobacterial biomass. **Bioresource technology**, 101(19), 7587-7591.
12. YODER , J. A. AND KENNELLY , M. A. 2003- **Seasonal and ENSO variability in global Ocean phytoplankton chlorophyll derived from 4 year of sea Wifs measurement.** **Global Biogeochemical Cycles** ,17 (4) : 1112 p.
13. LAU, S. S. S., & LANE, S. N. 2002. Biological and chemical factors influencing shallow lake eutrophication: a long-term study. **Science of the Total Environment**, 288(3), 167-181.
14. FELIP, M., & CATALAN, J. 2000. The relationship between phytoplankton biovolume and chlorophyll in a deep oligotrophic lake: decoupling in their spatial and temporal maxima. **Journal of Plankton Research**, 22(1), 91-106.
15. ABDO, S. M., HETTA, M. H., EL-DIN, R. S., & ALI, G. H. 2010. Growth evaluation and bioproduct characteristics of certain freshwater algae isolated from River Nile, Egypt. **Journal of Applied Sciences Research**, (June), 642-652.
16. SIVALINGAM, K. M. 2020. Isolation, identification and evaluation of Spirulina platensis for its effect on seed germination of groundnut (Arachis hypogaea L.), Wolaita Sodo, Southern Ethiopia. **J. Algal Biomass Utln**, 11, 34-42.
17. AL-HUSSIENY, A. A., ALSAADI, A. S., & HASAN, M. A. 2019. Detection of enzymes and proteins produced from some algae isolated from Iraqi aquatic environment. **Indian Journal of Ecology**, 46(2), 413-416.
18. MURUGESAN, S., SIVASUBRAMANIAN, V., & ALTAFF, K. 2010. Nutritional evaluation and culture of freshwater live food organisms on Catla. **J. Algal Biomass Utln**, 1(3), 82-103.

تطوير مواد احتكاك مركبة لتطبيقات بطانات مكابح السيارات باستخدام مواد أولية طبيعية ومخلفات صناعية منخفضة التكلفة وصديقة للبيئة

طالب الدراسات العليا: م. محسن هيثم الحته

المعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجيا - دمشق - سوريا

إشراف الدكتور: د. رفيع جبره

الملخص.

جرى في إطار هذا البحث، دراسة تجريبية لتصنيع مواد احتكاك مركبة من مواد أولية طبيعية ومحلية، مثل صخور البازلت والطف البركاني كمادة حث وسحل، ودقائق تشغيل سبيكة الشبه والمطاط لتطبيقات بطانات مكابح السيارات. كما جرى اختبار مواد الاحتكاك المركبة المحضرة لتحديد خصائصها الميكانيكية ومقارنتها مع مواد مكافئة تجارية تستخدم في تطبيقات بطانات مكابح السيارات. من جهة أخرى، جرى دراسة الترابط بين الخصائص الميكانيكية والخصائص الفيزيائية لمواد الاحتكاك المركبة المحضرة. أظهرت بعض مواد الاحتكاك المركبة المحضرة مقاومة انعطاف تبلغ (MPa) 53، وقساوة برينل (HB) 55، ومسامية 0.73%، ويمكن ضبط هذه الخصائص بإجراء تغييرات طفيفة على نسب مكونات مواد الاحتكاك المركبة المحضرة. تفوقت مواد الاحتكاك المركبة المحضرة في جميع خصائصها على نظيراتها في الأدبيات، وعلى إحدى مواد الاحتكاك المركبة الموجودة في السوق المحلية المستخدمة في تطبيقات بطانات مكابح السيارات.

كلمات مفتاحية: مواد مركبة - مواد الاحتكاك المركبة - مواد حث وسحل - بطانات مكابح السيارات - البكاليت - ألياف البازلت - ألياف الفولاذ - البازلت - الطف البركاني المسامية - مقاومة الانعطاف.

Development of brake pads friction composite materials using low cost natural and industrial wastes ecofriendly local raw materials

Abstract.

In the framework of this research, experimental study has been realized in order to formulate friction composite materials from local natural and industrial raw materials, such as basalt and volcanic tuff rocks as abrasive materials, brass and rubber machining particles, for automotive brake pads applications. The prepared friction composite materials were tested to determine their mechanical properties and compare them with commercial equivalent materials used in the applications of automotive brake pads. On the other hand, the correlation between the mechanical properties and the physical properties of the prepared friction composite materials, were studied. Some of the prepared friction composite materials showed a flexural strength of 53 (MPa), a Brinell hardness of 55 (HB), a porosity of 0.73%. These properties can be adjusted by making slight modifications of the proportions of the friction composite materials constituents. The prepared friction composite materials were superior in all of to their properties to their counterparts in the literature, and to one commercial friction composite materials available in the local market and used in the applications of automotive brake pads.

Key words: composite materials - friction composite materials - abrasives materials - automotive brake pads - Bakelite - basalt fibers - steel fibers - basalt - volcanic tuff – porosity - flexural strength.

1. المقدمة.

تصنف مواد الاحتكاك المركبة على أنها فئة من المواد المركبة التي تُنتج عند تلامسها مع السطوح المقابلة لها قوة احتكاك، فهي مواد تريبولوجية هندسية مصممة لتوليد الاحتكاك، يمكن التنبؤ بمتوسط عمرها الفني عند شروط تشغيل محددة، ويمكن أن تعمل في نظام الاحتكاك الرطب أو نظام الاحتكاك الجاف [1،2].

تُعدّ مواد الاحتكاك المركبة متعددة المكونات، ويتأثر أدائها بشدة باختيار مكوناتها. يتجاوز عدد المواد المستخدمة في صياغة مواد الاحتكاك المركبة 800 مادة، وتصنّف بشكل أساسي ضمن خمس فئات أساسية، هي المادة الرابطة، ومواد التقوية، ومواد الحت والسحل، ومواد التزليق، والمواد المألثة، ويضاف إلى تركيبها أيضاً معدلات الاحتكاك [2،3]. تعتبر بطانات مكابح السيارات وواجهات القوابض من أهم تطبيقات مواد الاحتكاك المركبة [3]. وتعمل مواد الاحتكاك المركبة في أنظمة الكبح على إيقاف المركبات والمعدات والآلات وغيرها بواسطة قوة الاحتكاك [1]. تُصمم المكابح كواحدة من عناصر الآلات التي تقوم بتحويل الطاقة الحركية إلى طاقة حرارية ناتجة عن الاحتكاك بين قرص المكبح وبطاناته [2]. عند صياغة مادة احتكاك مركبة لتطبيقات بطانات مكابح السيارات، يجب أن تحقق مزايا متعددة مثل استقرار وظيفة الاحتكاك خلال الاستعمال، واستقرار معامل الاحتكاك، ومعدل اهتراء مناسب على كامل مجال درجة حرارة التشغيل، والحد الأدنى من انبعاث غبار المكابح، والضجيج المنخفض، وخصائص ميكانيكية عالية لتحمل شروط العمل مثل مقاومة الانعطاف، ومقاومة الشد، ومقاومة الضغط، والقساوة [1]. تُعدّ الخصائص الميكانيكية من أهم العوامل التي تساعد على تحقيق وثوقية عالية في الأداء والأمان. وتشير القوانين في الدول المتقدمة إلى احتمال الآثار البيئية السلبية للعديد من المواد الأولية المستخدمة عادةً في مواد الاحتكاك المركبة التجارية [4]. في هذا البحث، سيجري تطوير مواد احتكاك مركبة تريبولوجية

هندسية لتطبيقات بطانات مكابح السيارات، تعتمد على مساحيق لا عضوية طبيعية من صخور البازلت والطف البركاني المنتشرة في جنوب الجمهورية العربية السورية كمواد حت وسحل، ومخلفات صناعية من دقائق الشبه والمطاط.

تنتمي صخور البازلت إلى عائلة الصخور البركانية (volcanic rocks) التي تعتبر من أشهر عائلات الصخور النارية (Igneous rocks). يُقصد بمصطلح الصخور البركانية أنها عبارة عن صخور نارية ذات بلورات صغيرة نسبياً (أقل من 1 مم). يتم تمييز البازلت عن الصخور البركانية الأخرى عن طريق محتواها من أكسيد السيليكون (SiO_2) الذي تكون نسبته الوزنية (45-52) %، كما تحتوي صخور البازلت أيضاً على أكسيد المغنسيوم وأكسيد الصوديوم وأكسيد البوتاسيوم وأكسيد التيتانيوم وأكسيد الكالسيوم وأكسيد الحديد وأكسيد الألمنيوم [5]. أما الطف البركاني، فهو نوع من الصخور التي تتكون من الرماد البركاني (Volcanic ash) المقذوف من فتحة البركان عند انفجاره. بعد خروج هذا الرماد وترسبه، يمكن أن يتحول إلى صخور صلبة يشكل الرماد البركاني أكثر من 75% من تركيبها تُدعى بالطف البركاني [6-8].

تناول Surojo وزملاؤه [9] دراسة تأثير الصوف الصخري وألياف الزجاج على مقاومة الانعطاف لمادة احتكاك مركبة. أظهرت النتائج دور الصوف الصخري في زيادة مقاومة الانعطاف للمواد المركبة مقارنة بألياف الزجاج. قام Priambada وزملاؤه [10] بتصنيع عينات مواد احتكاك مركبة باستخدام ألياف الكانتالا المعالجة في محلول قلوي لمدة 4 ساعات أو غير المعالجة، وذلك عند نسب حجمية مختلفة 0%، و4%، و8%، و12%. أظهرت النتائج أن المعالجة القلوية لألياف الكانتالا قد حسنت مقاومة الانعطاف ومعامل يونغ للمواد المركبة، وخاصةً عند النسب الحجمية 4% و8% لهذه الألياف. قام solomon [11] وزملاؤه بتطوير بطانات المكابح وتقييمها باستخدام دقائق قشر الفول السوداني (GS) (Groundnut Shell) كمادة بديلة للأسبستوس. جرى

تطوير مجموعتين من المواد المركبة باستخدام أبعاد دقائق مختلفة من (GS) كمادة مالئة. أظهرت النتائج زيادة كل من مقاومة الضغط والوزن النوعي مع انخفاض أبعاد دقائق (GS). درس Maulana وزملاؤه [12] تأثير ألياف الكانثالا عند نسب حجمية مختلفة 0%، و4%، و8%، و12% على المواد المركبة لبطانات المكابح. حضر Ahmadijokani وزملاؤه [13] مواد احتكاك قائمة على راتنجات الفينول مع نسب حجمية مختلفة من ألياف الكربون، تراوحت ضمن المجال (0-4)%. بيّنت النتائج تحسن القساوة، ومقاومة الانعطاف، وانخفاض الوزن النوعي مع إضافة ألياف الكربون إلى بطانات المكابح. درس Cai وزملاؤه [14] تأثير ألياف الأراميد على السلوك الميكانيكي لمواد الاحتكاك المركبة. أظهرت النتائج انخفاض المسامية ومقاومة الضغط وتزايد مقاومة الانعطاف للمواد المركبة مع زيادة النسبة الحجمية لألياف الأراميد. قام Singh وزملاؤه [15] بتصنيع مواد احتكاك مركبة فينولية هجينة لاستعمالها في بطانة المكابح بالاعتماد على ألياف اللابينوس (الصوف الصخري) وألياف الأراميد. بيّنت النتائج تحسن الخصائص الفيزيائية مثل امتصاص الماء، وقابلية الانضغاط، والمسامية مع زيادة ألياف اللابينوس، بينما تتحسن الخصائص الميكانيكية مثل القساوة، ومقاومة الشد، ومقاومة الانعطاف، مع زيادة ألياف الأراميد. تناول Öztürk وزملاؤه [16] دراسة تأثير ألياف الصوف الصخري، وألياف السيراميك، وألياف الزجاج E، وألياف الفولاذ على الخصائص الميكانيكية لمواد الاحتكاك المركبة. تميزت المواد المركبة المقواة بألياف السيراميك بأعلى قساوة ومقاومة قص، وكانت مقاومة الانعطاف، ومقاومة القص، ومقاومة الضغط في المواد المركبة المقواة بألياف الفولاذ أقل من نظيراتها في المواد المركبة الأخرى. تميزت المادة المركبة المقواة بألياف الزجاج بأعلى مقاومة انعطاف، وبمقاومة قص منخفضة.

2. هدف البحث.

يهدف هذا البحث إلى اصطناع مادة احتكاك مركبة لتطبيقات بطانات مكابح السيارات. جرى في هذا البحث استخدام مساحيق طبيعية لاعضوية من صخور البازلت والطف البركاني، ومواد مألوفة من دقائق الشبه والمطاط ناتجة عن عمليات التشغيل في السوق المحلية، مما يُخفف من التكلفة النهائية للمنتج النهائي، مع اعتبار متطلبات الصحة والسلامة. ربما يكون هذا البحث الأول من نوعه في سوريا على المستوى الأكاديمي والصناعي لتحضير مواد احتكاك مركبة، والعمل على حل بعض الصعوبات التي تواجه تصنيع هذه المواد. بناءً على ما سبق، سيجري اختيار المواد اللازمة لإجراء هذا البحث، واصطناع مادة الاحتكاك المركبة بحيث يتحقق ما يلي:

1. تواجد المواد الأولية في السوق المحلية،
2. مواد أولية محلية طبيعية المنشأ،
3. عدم ظهور نتائج مضرّة على الصحة العامة والبيئة،
4. الاستفادة من مُخلفات عمليات تشغيل المواد المعدنية في السوق المحلية،
5. اختيار مواد لاعضوية تحقق نتائج جيدة كمواد حثّ وسحل،
6. اختيار مواد معدنية تُحسن من الموصلية الحرارية.

3. مواد وطرائق البحث.

1.3 أشكال المواد المستخدمة وأبعادها.

يبين الجدول (1) الوزن النوعي للمساحيق المستخدمة وأبعادها الحبيبية، والوزن النوعي للألياف المستخدمة وطول (L) وقطر كل منها (R).

الجدول (1): شكل المواد المستخدمة وأبعادها ووزنها النوعي.				
الأبعاد	شكل المادة	الوزن النوعي (g/cm ³)	المادة	الوظيفة
(80-30) μm	مسحوق	1.45	راتنج الفينول فورم ألدهيد طراز (PF2A2-131)	المادة الرابطة
	مسحوق	2.9	صخور البازلت	مواد الحت
	مسحوق	2.62	صخور الطف البركاني	والسحل
	مسحوق	4.48	كبريتات الباريوم	المواد المألثة
(0.5-0.25) mm	دقائق	المطاط		
μm ≥250	رقائق (رائش)	8.5	الشبه	
R = (18 - 15) μm	ألياف قصيرة بطول (2-6) mm	2.8	ألياف البازلت	مواد التقوية
R = (75 - 25) μm		7.9	ألياف الفولاذ	
مسحوق نانومتري		1.95	هباب الفحم	مادة التزليق

2.3 طرائق الاصطناع.

أولاً: عمليات الطحن.

استخدمت مطحنة كرات إنتاج شركة (Retsch) ذات الطراز (pm400) عند سرعة دوران (350 r.p.m) وزمن 30 دقيقة لطحن المادة الرابطة ومواد الحت والسحل وكبريتات الباريوم، للحصول عليها جميعاً وفقاً للأبعاد المذكورة في الجدول (1).

ثانياً: تقطيع الألياف وبعثرتها.

استخدام خلاط كهربائي نوع (DSP) ذو الطراز (KA3025) عند سرعة دوران 25000 (r. p. m) لمدة 0.5 – 0.25 (min)، وذلك من أجل تقطيع ألياف البازلت للحصول على ألياف قصيرة مناسبة وفقاً للأطوال المذكورة في الجدول (1)، وبعثرتها لتسهيل التعامل معها لاحقاً في عمليات الخلط.

ثالثاً: الخلط الميكانيكي الجاف.

يجري خلط المواد على شكل مساحيق فقط لتحقيق أكبر قدر ممكن من التجانس فيما بينها خلال زمن محدد، ثم خلطها مع الألياف كمرحلة أخيرة خلال زمن محدد أيضاً ليصبح بذلك المزيج كاملاً وجاهزاً لعمليات القولبة. يوضح الجدول (2) زمن استخدام الخلاط الكهربائي لخلط المساحيق وخلط المزيج كاملاً.

الجدول (2): الزمن اللازم بالدقيقة لمزج المكونات باستعمال الخلاط الكهربائي.	
2	زمن خلط المواد على شكل مساحيق
1	زمن خلط كامل مزيج مادة الاحتكاك (مساحيق وألياف)

رابعاً: عملية القولبة.

استخدم لاصطناع مواد الاحتكاك المركبة، مكبس هيدروليكي انتاج شركة (CEAST) ذو الطراز (6707)، جرى العمل على زيادة الضغط باستخدام ذراع يدوي يتم من خلاله التحكم بضغط الزيت الهيدروليكي. يؤمن المكبس إمكانية رفع درجة الحرارة ضمن القالب المعدني أثناء الكبس من خلال وشيكتين كهربائيتين موجودتين في صفيحتي المكبس، وتبلغ درجة الحرارة العظمى التي يمكن الوصول إليها (°C) 316 . تملئ حجرات القالب بالمزيج، ثم يوضع ضمن المكبس، وتُرفع درجة حرارة الوشيكتين إلى (°C) 200، وذلك لضمان وصول الحرارة ضمن القالب إلى (°C) 160، وهي درجة حرارة انصهار

البكالييت. وعن طريق الذراع الهيدروليكي، يتم رفع الضغط تدريجياً ومراقبته عن طريق ساعة الضغط الموجودة في المكبس حتى ثباته عند قيمة محددة، يأخذ ثبات الضغط حوالي (2-3) دقيقة، ويكون ثبات الضغط مؤشراً على بدء تصالب البوليمير، أي تصالب السلاسل البوليميرية وتشكل بنية ثلاثية الأبعاد. بعد ثبات الضغط لفترة خمس دقائق، يتم تحريره، وإخراج القالب، وتبريده لمدة خمس دقائق، وإخراج العينة. وبذلك يكون زمن دورة القولبة حوالي (12-13) دقيقة.

خامساً: المعالجة الحرارية.

بعد اخراج العينات من القالب وتبريدها، توضع ضمن فرن للمعالجة الحرارية من إنتاج شركة (memmert) ذي طراز (700)، عند درجة حرارة محددة (الجدول رقم 3)، وذلك من أجل التأكد من إتمام عملية البلمرة وتصالب السلاسل البوليميرية بشكل كامل وتشكل البنية ثلاثية الأبعاد لبوليمير البكالييت.

سادساً: الإنهاء.

تجري عمليات الإنهاء، عند الضرورة، بعد إخراج العينة من المعالجة الحرارية وتبريدها، حيث يتم صقل السطوح والحواف عن طريق ورق الصنفرة من إنتاج شركة (BUEHLER) بقياسات (240-600-1200)، لتصبح جاهزة للاختبارات اللاحقة. يمكن توضيح مراحل الاصطناع والعمل المخبري وفق المخطط في الشكل (1).

تطوير مواد احتكاك مركبة لتطبيقات بطانات مكابح السيارات باستخدام مواد أولية طبيعية ومخلفات صناعية منخفضة التكلفة وصديقة للبيئة



الشكل (1): مخطط مراحل الاصطناع والعمل المخبري.

يعطي الجدول (3) شروط اصطناع بوليمير البكاليت (PF2A2-131) في مجموعة عيناته (BAK)، وتركيب مجموعات مواد الاحتكاك المركبة المحضرة وشروط اصطناعها.

الجدول (3): شروط اصطناع بوليمير البكاليت، وتركيب مجموعات مواد الاحتكاك المركبة وشروط اصطناعها.						بوليمير البكاليت	التركيب (Wt%)
مواد الاحتكاك المركبة							
F17BS	F20BSC5	F20BSC10	F20BS20	F20B15S	F20BS	BAK	بكاليت
17%	20%	20%	20%	20%	20%	100%	ألياف البازلت
10%	10%	10%	10%	10%	15%	-	ألياف الفولاذ
20%	20%	20%	20%	15%	15%		البازلت
9%	10%	7.5%	10%	10%	10%		الطف البركاني
9%	10%	7.5%	10%	10%	10%		هباب الفحم
5%	5%	10%	10%	10%	10%		المطاط
2%	2%	2%	2%	2%	2%		كبريتات الباريوم
20%	15%	15%	10%	15%	10%		الشبه
8%	8%	8%	8%	8%	8%		
160							160
92.67						18.53	الضغط (MPa)
مع تحرير الضغط ثلاث مرات خلال عملية القولبة للتخلص من الغازات الناتجة عن عمليات التبخير							درجة حرارة المعالجة الحرارية □ وزمنها (Hr)
(3) 160						(3) 160	

3.3 طرائق الاختبار.

1.3.3 توصيف البكالييت باستعمال مطيافية الأشعة تحت الحمراء.

أجري توصيف بوليمير البكالييت (PF2A2-131) باستعمال مطيافية الأشعة تحت الحمراء (Fourier Transform Infrared Radiation FTIR) باستعمال جهاز تحليل من انتاج شركة (Bruker) ذي الطراز (Vector 22)، وتم مقارنة طيفه مع طيف بوليمير بكالييت آخر من انتاج شركة (BUEHLER).

2.3.3 اختبارات الوزن النوعي والمسامية.

أولاً: قياس الوزن النوعي التجريبي (ρ_{ex}).

جرت اختبارات الوزن النوعي بالاعتماد على مبدأ ارخميدس عن طريق السائل المزاح بواسطة الميزان (SARTORIUS LA1200S) ومجموعة قياس الوزن النوعي الملحقة به، وذلك بوزن العينة في الهواء، ووزنها معلقة في الماء المقطر عند درجة حرارة الغرفة، وتطبيق العلاقة (1) [11].

$$\rho_{ex} = \frac{m_1 \cdot \rho_{H_2O}}{m_1 - m_2} \dots (1)$$

حيث، ρ_{ex} الوزن النوعي التجريبي للعينة $\left(\frac{g}{cm^3}\right)$ ، m_1 وزن العينة في الهواء (g)، m_2 وزن العينة معلقة في الماء المقطر (g)، ρ_{H_2O} الوزن النوعي للماء المقطر عند درجة حرارة الغرفة $\left(\frac{g}{cm^3}\right)$. جرى اختبار الوزن النوعي على 5 عينات في كل مجموعة، وحسبت القيمة الوسطية والانحراف المعياري.

ثانياً: حساب الوزن النوعي النظري (ρ_{th}).

بمعرفة الوزن النوعي (ρ_i)، والنسبة الوزنية (W_{t_i}) لكل مادة من المواد المستخدمة الداخلة في تركيب مواد الاحتكاك المركبة المُحضرة كما في الجدول (1)، تم حساب الوزن النوعي النظري وفقاً للعلاقة (2) [17].

$$\rho_{th} = \frac{1}{\frac{W_{t_1}}{\rho_1} + \frac{W_{t_2}}{\rho_2} + \dots + \frac{W_{t_i}}{\rho_i}} \dots (2)$$

ρ_{th} الوزن النوعي النظري للعينة $\left(\frac{g}{cm^3}\right)$.

ثالثاً: حساب المسامية ($V_p\%$).

بحساب الوزن النوعي النظري وقياس الوزن النوعي التجريبي للعينات بعد المعالجة الحرارية، يتم حساب مسامية مواد الاحتكاك المركبة وفقاً للعلاقة (3) [17].

$$V_p\% = \frac{\rho_{th} - \rho_{ex}}{\rho_{th}} \times 100 \dots (3)$$

حيث، V_p النسبة الحجمية للمسامات (المسامية) في مواد الاحتكاك المركبة المُحضرة. جرى تحديد المسامية على 5 عينات في كل مجموعة، وحسبت قيمتها الوسطية وانحرافها المعياري.

3.3.3 الاختبارات الميكانيكية.

جرت اختبارات الانعطاف والضغط على جهاز الاختبارات الميكانيكية العامة من إنتاج شركة (JINAN) طراز (WDW-50).

1.3.3.3 اختبار الانعطاف ثلاثي النقاط.

جرت اختبارات الانعطاف ثلاثي النقاط بمرجعية المواصفة (ASTM D790) عند سرعة (5 mm/min) على عينات موشورية أبعادها $60 \times 8 \times 3 \text{ mm}^3$. في نهاية الاختبار، يجري رسم المنحني حمل - تشوه، وحساب القيم الوسطية والانحراف المعياري لمعاملات اختبار الانعطاف لخمس عينات في كل مجموعة.

أولاً: مقاومة الانعطاف (σ_{fs}).

وهي المقاومة التي تنهار عندها العينة، وتُحسب من العلاقة (4) [18].

$$\sigma_{fs} = \frac{3 \cdot F_{max} \cdot L}{2 \cdot b \cdot d^2} \dots (4)$$

حيث، σ_{fs} مقاومة الانعطاف (MPa)، F_{max} الحمل الأعظمي (N)، L طول العينة بين المسندين (mm)، d سماكة العينة (mm)، b عرض العينة (mm).

ثانياً: معامل يونغ (E).

جرى حساب معامل يونغ من العلاقة (5) [19].

$$E = \left[\frac{F_2 - F_1}{\Delta_2 - \Delta_1} \right] \cdot \frac{L^3}{4 \cdot b \cdot d^3} \dots (5)$$

حيث، E معامل يونغ (GPa)، Δ_1 (mm) تشوه العينة الموافق للحمل F_1 (N)، Δ_2 (mm) تشوه العينة الموافق للحمل F_2 (N)، يمثل الحد $\left[\frac{F_2 - F_1}{\Delta_2 - \Delta_1} \right]$ ميل الجزء الخطي الخاص بكل عينة ضمن المجال (10% - 30%) من المنحني حمل - تشوه.

2.3.3.3 اختبار القساوة.

جرى اختبار قساوة برينل (Brinell HB) في درجة الحرارة العادية لكل مادة احتكاك مركبة على 5 عينات باستعمال الجهاز (HBRV-187.5 hardness tester) وتطبيق حمل (kg) 62.5 على كرة فولاذية قطرها (mm) 2.5 خلال 30 ثانية، وقياس قطر الأثر على سطح العينة لحساب رقم قساوتها برينل من العلاقة (6) [18]، وحساب القيمة الوسطية والانحراف المعياري لكل مادة.

$$HB = \frac{2P}{\pi D [D - (D^2 - d^2)^{0.5}]} \dots (6)$$

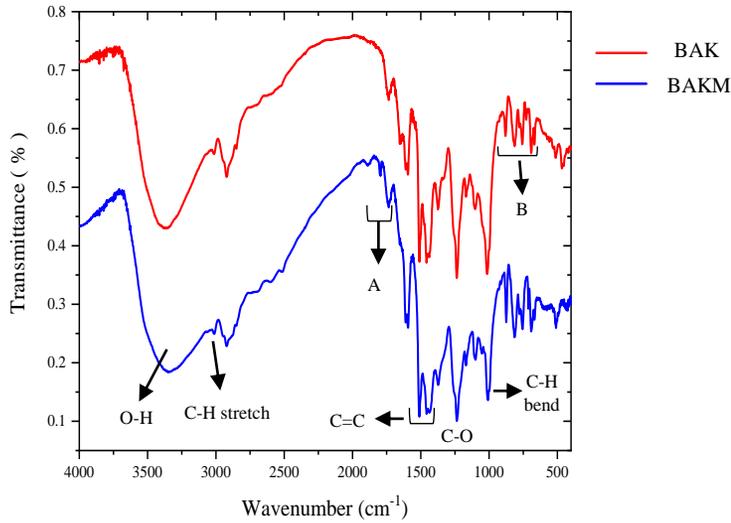
حيث، P الحمل المطبق (kg)، D قطر الكرة (mm)، d قطر الأثر (mm).

جرى مقارنة جميع نتائج الاختبارات الميكانيكية لمواد الاحتكاك المركبة المحضرة مع مقابلاتها لعينات تجارية لبطانات مكابح السيارات المشار إليها بالرمز (COM).

4. النتائج ومناقشتها.

1.4 توصيف بوليمير البكالييت بمطيافية الأشعة تحت الحمراء.

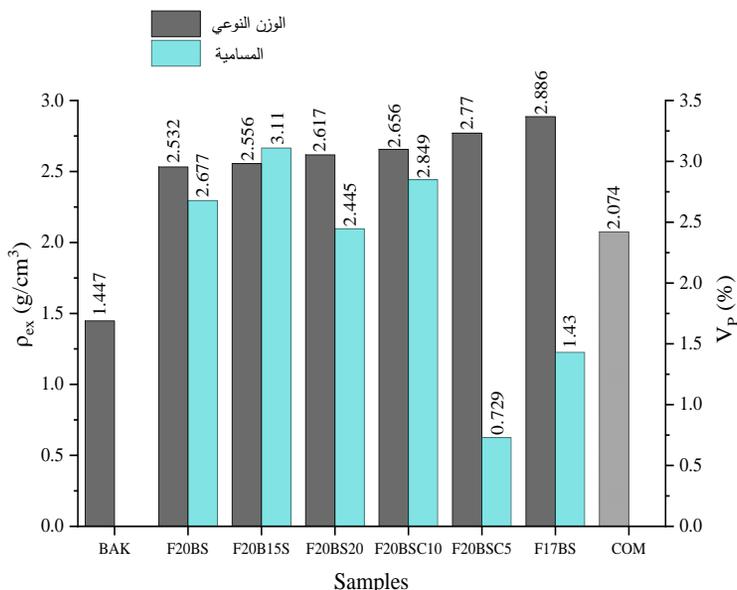
يعطي الشكل (2) طيف الأشعة تحت الحمراء لبوليمير البكالييت (PF2A2-131) المشار إليه بالرمز (BAK)، وطيف بوليمير بكالييت آخر من إنتاج شركة (BUEHLER) الأمريكية المشار إليه بالرمز (BAKM). يلاحظ في الشكل (2) تطابق كبير في قمم الامتصاص بين طيفي بوليميري البكالييت مع وجود إزاحة في طيف بكالييت (BUEHLER). يلاحظ وجود قمة امتصاص عند طول موجة ضمن المجال $(3620-3000) \text{ cm}^{-1}$ ناتجة عن اهتزاز الرابطة (O-H) في الراتنجات الفينولية. يُلاحظ أيضاً قمتي امتصاص عند طول موجة ضمن المجال $(1475-1600) \text{ cm}^{-1}$ ناتجة عن الاهتزاز الامتطاطي للرابطة (C=C) في الحلقة العطرية. أما مجموعة القمم (A) الواقعة ضمن المجال $(2000-1667) \text{ cm}^{-1}$ ، ومجموعة القمم (B) الواقعة ضمن المجال $(800-750) \text{ cm}^{-1}$ ، فهي ترتبط بنوع الاستبدال في الحلقة العطرية. تظهر قمة امتصاص بالقرب من طول موجة $(1200) \text{ cm}^{-1}$ بسبب اهتزاز الرابطة بين حلقة الفينول والأكسجين، أي الرابطة (C-O)، أما قمتا الامتصاص الواقعتان ضمن المجال $(3050-3010) \text{ cm}^{-1}$ و $(960-900) \text{ cm}^{-1}$ ، فهما ترتبطان باهتزاز الرابطة (C-H).



الشكل (2): مقارنة طيوف تحليل (FTIR) لكل من البكالييت BAK و BAKM.

2.4 الوزن النوعي والمسامية.

يعطي الشكل (3) قيم كل من الوزن النوعي التجريبي لعينات مجموعة البكالييت (BAK) (PF2A2-131)، ولعينات مواد الاحتكاك المركبة المحضرة منه، ومساميتها بعد المعالجة الحرارية، والوزن النوعي التجريبي لمادة الاحتكاك المركبة التجارية (COM) المستخدمة لتطبيقات بطانات مكابح السيارات.



الشكل (3): الوزن النوعي التجريبي والمسامية ليوليمير البكالييت، ولعينات مواد الاحتكاك المركبة المحضرة منه والتجارية.

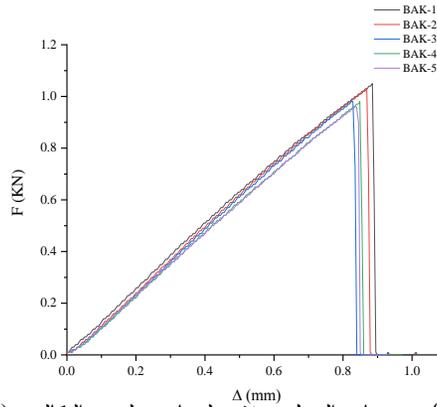
حققت مادة الاحتكاك المركبة (F20BSC5) أقل مسامية بلغت 0.729%، ويعود ذلك إلى احتوائها على أقل نسبة وزنية من هباب الفحم (5%) ذي الوزن النوعي المنخفض مقارنة بباقي المواد المستخدمة، وبالتالي، ساعد انخفاض نسبته الحجمية ضمن مادة الاحتكاك المركبة على إشباع وتغليف البكالييت لباقي مكونات مادة الاحتكاك المركبة (F20BSC5) بشكل أفضل، وهذا ما يؤكد ارتفاع مسامية مادة الاحتكاك (F20BSC10) نتيجة ارتفاع النسبة الوزنية لهباب الفحم فيها. من جانب آخر، يمكن الإشارة إلى أن مواد الاحتكاك المركبة التي تم تحضيرها تميزت بمسامية جيدة جداً أقل من (5%)، يعود ذلك إلى سببين، السبب الأول هو قدرة بوليمير البكالييت (-PF2A2 131) على تغليف وإشباع مكونات مواد الاحتكاك المركبة المحضرة بشكل جيد. ويرتبط ذلك باحتمال انسيابية عالية تميز بها بوليمير البكالييت، أما السبب الثاني، فهو مساهمة استخدام كبريتات الباريوم كمادة مألنة، وألياف الفولاذ إلى جانب ألياف البازلت كمواد تقوية، حيث ساهم الوزن النوعي العالي لألياف الفولاذ وكبريتات الباريوم بانخفاض

نسبتهما الحجمية في مواد الاحتكاك المركبة المحضرة، وهذا ما ساعد على تغليف واشباع باقي مكونات مواد الاحتكاك المركبة بشكل كبير بمصهور البكالييت قبل تصالبه (انتهاء عملية البلمرة)، والحصول على مسامية منخفضة. وسينعكس كل ذلك على خصائص ميكانيكية أفضل سيتم مناقشتها لاحقاً.

3.4 الخصائص الميكانيكية.

1.3.4 اختبار الانعطاف ثلاثي النقاط.

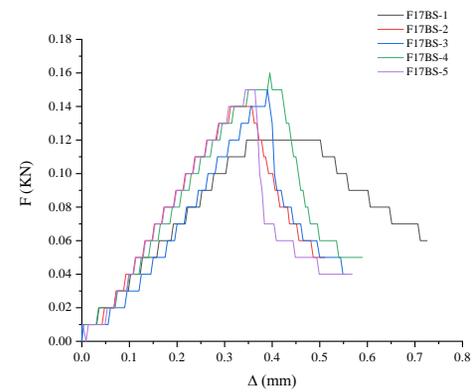
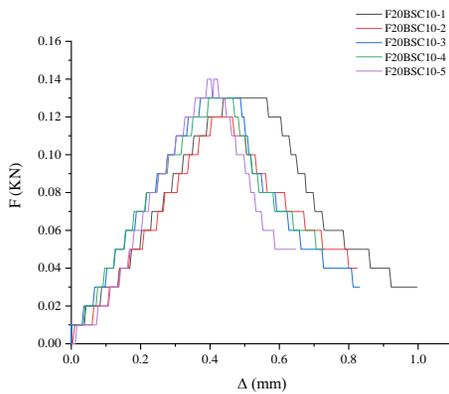
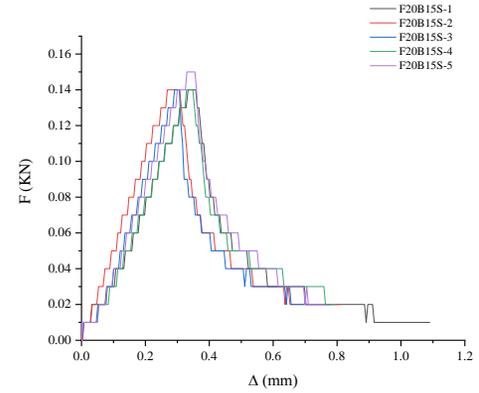
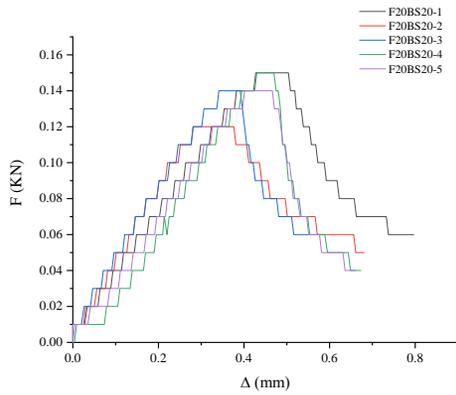
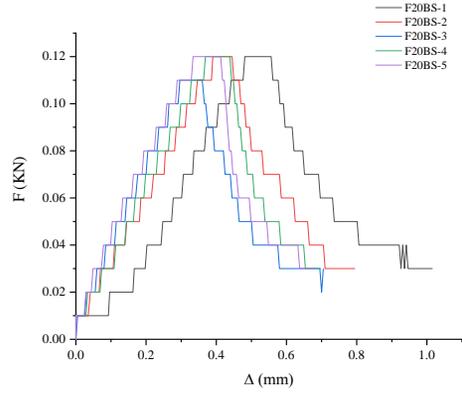
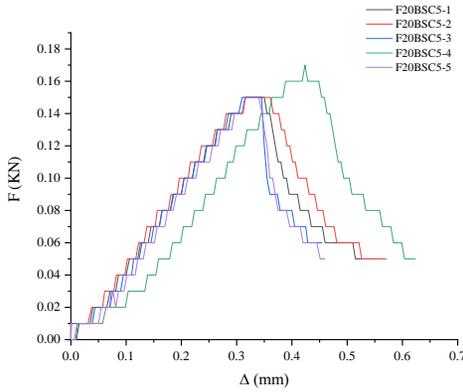
يبين الشكل (4) منحنيات الحمل - تشوه لعينات مجموعة (BAK) البكالييت (-PF2A2 131). يلاحظ ازدياد القوة أثناء الاختبار وصولاً إلى الحمل الأعظمي (F_{max})، الذي تنهار عنده العينة فجأة. إن سلوك البكالييت هذا هو بوضوح سلوك قصف أظهرته جميع عيناته.



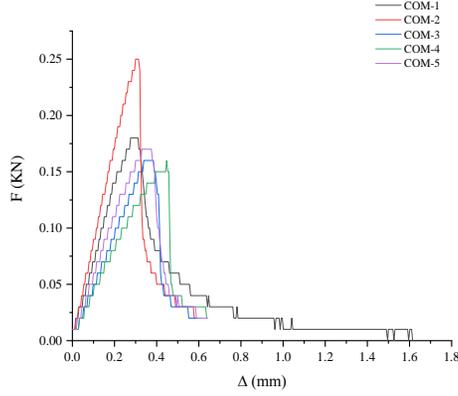
الشكل (4): منحنيات الحمل - تشوه لعينات بوليمير البكالييت (BAK).

يبين الشكلان (5) (6) منحنيات الحمل - تشوه لمواد الاحتكاك المركبة المحضرة والتجارية. يمكن ملاحظة أن سلوك البكالييت القصف قد بدأ بالتراجع، حيث تزداد القوة أثناء الاختبار وصولاً إلى الحمل الأعظمي (F_{max})، يلي ذلك مرحلة استقرار يمكن ملاحظتها في المنحنيات قبل حدوث انهيار العينة بشكل نهائي. يعود ذلك إلى سببين، السبب الأول، احتواء المواد المحضرة على نسبتيين وزنيتين محدودتين من البكالييت (17-20)%، والسبب الثاني، وجود الألياف القصيرة التي تساعد على تأخير الانهيار

الكامل لمادة الاحتكاك المركبة، وتعمل على زيادة مقاومتها، حيث تنهار المادة الرابطة
ومن ثم تنهار الألياف.

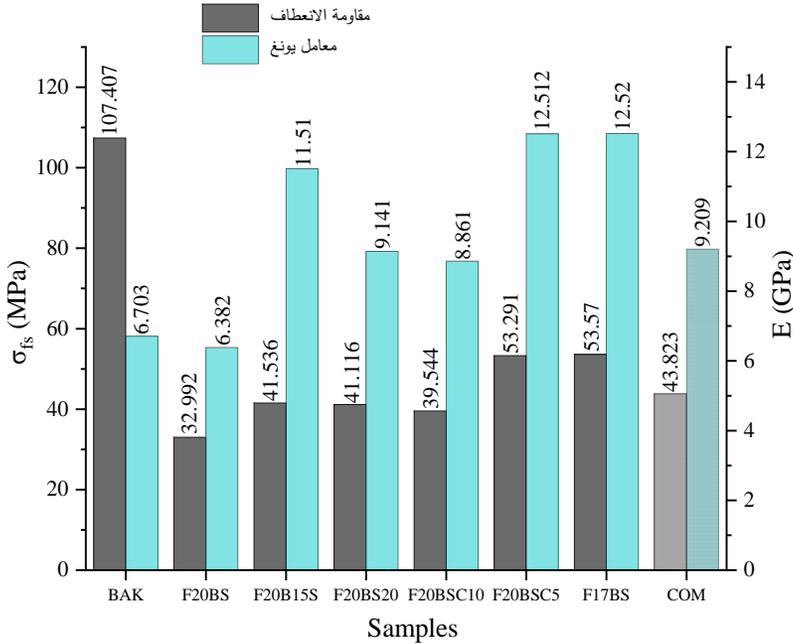


الشكل (5): منحنيات الحمل - تشوه لمواد الاحتكاك المركبة المحضرة.



الشكل (6): منحنيات الحمل - تشوه لعينات مواد الاحتكاك المركبة التجارية.

يبين الشكل (7) مقاومة انعطاف مواد الاحتكاك المركبة المحضرة، ومقارنتها فيما بينها ومع مادة الاحتكاك المركبة التجارية (COM).



الشكل (7): مقاومة الانعطاف ومعامل يونغ لمواد الاحتكاك المركبة المحضرة والتجارية (COM).

حققت مادة الاحتكاك المركبة (F20BS) أقل مقاومة انعطاف (MPa) 32.992. جرى بعد ذلك عدة محاولات لتحسين مقاومة الانعطاف من خلال تغيير نسب بعض مكوناتها، ولا سيما نسبي مادتي كبريتات الباريوم وألياف الفولاذ على النحو التالي:

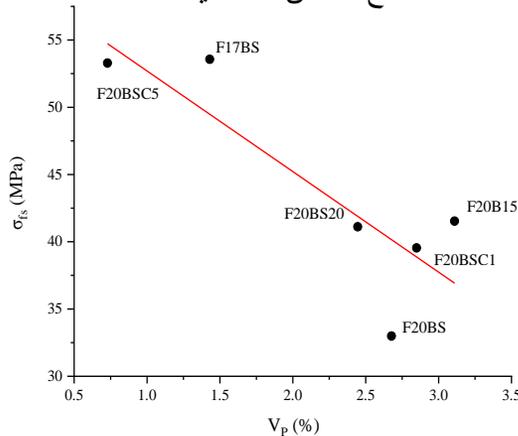
1. أدت زيادة النسبة الوزنية لكبريتات الباريوم في مادة الاحتكاك (F20B15S) على حساب النسبة الوزنية لألياف البازلت في مادة الاحتكاك (F20BS)، إلى زيادة مقاومة الانعطاف إلى (MPa) 41.536، أي بنسبة زيادة قدرها 25%،
2. أدت زيادة النسبة الوزنية لألياف الفولاذ في مادة الاحتكاك (F20BS20) على حساب النسبة الوزنية لألياف البازلت في مادة الاحتكاك (F20BS) إلى زيادة مقاومة الانعطاف إلى (MPa) 41.116،
3. أدت زيادة النسبة الوزنية لكل من كبريتات الباريوم وألياف الفولاذ معاً في مادة الاحتكاك (F20BSC10) على حساب النسبة الوزنية للبازلت وأليافه والطف البركاني في مادة الاحتكاك (F20BS)، إلى انخفاض طفيف في مقاومة الانعطاف (MPa) 39.544 عما كانت عليه في مادتي الاحتكاك (F20B15S- F20BS20)، يشير هذا إلى أن البازلت والطف البركاني قد ساهما، بشكل أو بآخر في تحسين مقاومة الانعطاف لمواد الاحتكاك المركبة المحضرة،
4. أدت زيادة النسبة الوزنية لكل من كبريتات الباريوم وألياف الفولاذ معاً في مادة الاحتكاك (F20BSC5) على حساب النسبة الوزنية لألياف البازلت وهباب الفحم في مادة الاحتكاك (F20BS)، إلى زيادة مقاومة الانعطاف إلى (MPa) 53.291، أي بنسبة زيادة قدرها 61%، ويعود ذلك إلى تخفيض النسبة الوزنية لهباب الفحم إلى 5%، مما يخفض نسبته الحجمية في مادة الاحتكاك المركبة، ويخفض سطح حبيباته النانومترية الكبير، وبالتالي كمية البكالييت اللازمة لتغليفها، ويزيد كمية البكالييت التي ستغلف المكونات الأخرى في مادة الاحتكاك المركبة،

5. أدت زيادة النسبة الوزنية لكل من كبريتات الباريوم وألياف الفولاذ معاً في مادة الاحتكاك (F17BS) على حساب النسبة الوزنية للبازلت وأليافه والطف البركاني وهباب الفحم في مادة الاحتكاك (F20BS)، إلى زيادة مقاومة الانعطاف إلى (MPa) 53.57، أي بنسبة زيادة قدرها 62%، يمكن تفسير كل ذلك على النحو التالي:

- أ- مقاومة الانعطاف العالية لبوليمير البكالييت المستخدم، وبالتالي تحسن مقاومة الانعطاف في مواد الاحتكاك المركبة المحضرة منه،
- ب- الانسيابية الجيدة لبوليمير البكالييت المستخدم وبالتالي قدرته على اشباع كامل مكونات مواد الاحتكاك المحضرة،
- ت- حسن استخدام كبريتات الباريوم كمادة مالئة، وألياف الفولاذ ذات المرونة العالية كمادة تقوية من مقاومة الانعطاف، وذلك بسبب وزنهما النوعي العالي، وبالتالي، انخفاض نسبتهما الحجمية في مواد الاحتكاك المركبة المحضرة، وهذا ما ساعد على تغليف واشباع باقي مكونات مواد الاحتكاك المركبة بشكل كبير بمصهور البكالييت، والحصول على مسامية منخفضة، بالإضافة إلى خصائص الالتصاق الجيدة بين بوليمير البكالييت وهذه المواد. ساعد كل ذلك على ارتفاع مقاومة الانعطاف في مواد الاحتكاك المركبة المحضرة.
- ث- ساعد انخفاض النسبة الوزنية لألياف البازلت على زيادة مقاومة الانعطاف، بسبب تخفيض مساهمة سلوكها القصف، وبسبب تقليل تجمعها على شكل حزم تعيق انسياب مصهور البكالييت أثناء عملية البلمرة، وتحدّ من قدرته على اشباع باقي مكونات مواد الاحتكاك المحضرة عند ارتفاع النسبة الوزنية لألياف البازلت.

تعد قيم مقاومة الانعطاف (MPa) (32.99-41.53-41.11-39.544) لمواد الاحتكاك (F20BS - F20B15S - F20BS20 - F20BSC10) على الترتيب منافسة لمقاومة انعطاف مادة الاحتكاك المركبة التجارية (COM). أما قيم مقاومة

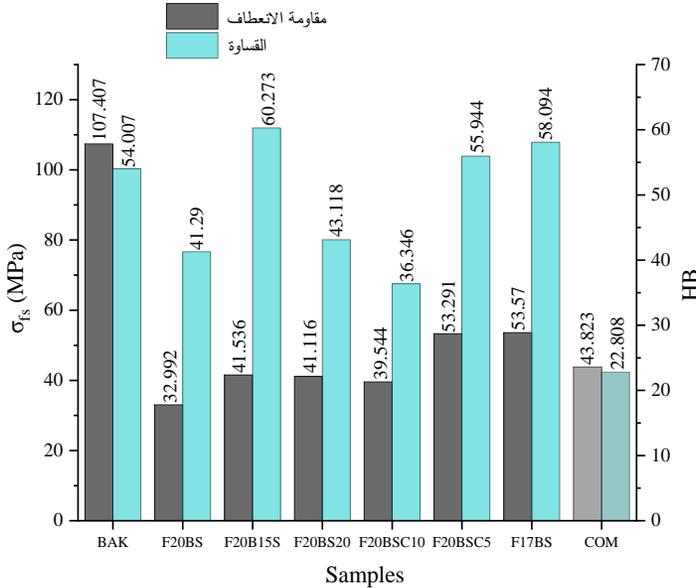
الانعطاف (MPa) (53.57-53.291) لمادتي الاحتكاك (F17BS- F20BSC5) على الترتيب، فقد كانت أعلى من مقاومة الانعطاف لمادة الاحتكاك المركبة التجارية (COM). مع تحسن مقاومة الانعطاف في مواد الاحتكاك المركبة المحضرة، لوحظ أيضاً تحسن معامل يونغ بسبب مساهمة الألياف ومادتي الحت والسحل في تحسين مقاومة التشوه لمواد الاحتكاك المركبة، ففي مواد الاحتكاك (F17BS- F20BSC5) (F20B15S)، وهي المواد الأفضل من حيث مقاومة الانعطاف، كانت قيم معامل يونغ أعلى من قيمته في مادة الاحتكاك التجارية (COM). يسمح مجال تغير مقاومة انعطاف مواد الاحتكاك المركبة المحضرة العريض نوعاً ما، بالتحكم بمقاومة الانعطاف لهذه المواد ضمن هذا المجال عن طريق تعديل طفيف في نسب مكوناتها. بدراسة خصائص الانعطاف والمسامية لمواد الاحتكاك المركبة المحضرة، يلاحظ في الشكل (8) اقتران تحسن مقاومة الانعطاف مع انخفاض المسامية، حيث تزداد مقاومة الانعطاف مع تناقص المسامية، وهذا ما يعطي مؤشراً ممتازاً عن دقة نتائج حساب الوزن النوعي والمسامية ومعاملات الانعطاف لمواد الاحتكاك المركبة المحضرة، ويتفق مع الاتجاه العام للترابط بين الخصائص الميكانيكية للمواد ومساميتها. يشير خط الاتجاه في الشكل (8) على ازدياد مقاومة الانعطاف مع تناقص المسامية.



الشكل (8): تغير مقاومة الانعطاف مع تغير المسامية والتركيبي الكيميائي لمواد الاحتكاك المركبة المحضرة.

2.3.4 اختبار قساوة برينل.

يبين الشكل (9) الترابط بين قساوة برينل ومقاومة الانعطاف لمواد الاحتكاك المركبة المحضرة والتجارية.



الشكل (9): الترابط بين قساوة برينل ومقاومة الانعطاف لمواد الاحتكاك المركبة المحضرة والتجارية.

يُلاحظ من الشكل (9) انخفاض قساوة مادة الاحتكاك المركبة (F20BS) مقارنة بباقي مواد الاحتكاك المحضرة مع ازدياد النسبة الوزنية لألياف البازلت. فعلى الرغم من قساوة البازلت، وبالتالي، قساوة أليافه، إلا أنها تتجمع على شكل حزم، وتعيق قدرة البكالييت على إشباعها، مما قد يؤدي إلى سهولة اختراق سطح مواد الاحتكاك المركبة التي تزداد فيها النسبة الوزنية لألياف البازلت. على عكس ذلك، حققت ألياف الفولاذ نتائج قساوة أفضل مع زيادة نسبتها الوزنية بسبب خصائص التصاقها الجيدة مع البكالييت. حققت مادة الاحتكاك (F20B15S) القساوة الأعلى [60.273 HB] لاحتوائها على أعلى نسبة وزنية من مواد الحت والسحل القاسية (البازلت والطف البركاني 20%)، وعلى أقل نسبة وزنية من ألياف البازلت 10%، وعلى ثاني أعلى نسبة وزنية من كبريتات الباريوم 15%. ساهم كل ذلك بأن تكون هذه المادة

(F20B15S) الأفضل من حيث قساوة برينل. حققت مادة الاحتكاك (F17BS)، بسبب احتوائها على أعلى نسبة وزنية من كبريتات الباريوم 20%، قساوة [HB] 58.094 قريبة منها في المادة (F20B15S). ازدادت قساوة برينل مع ازدياد النسبة الوزنية لكبريتات الباريوم، ويعود ذلك لسببين، أولاً قساوتها العالية نسبياً، وثانياً، قدرة مصهور البكاليت على اشباعها بشكل جيد. حققت مواد الاحتكاك المركبة المحضرة نتائج قساوة جيدة أفضل من قساوة مادة الاحتكاك التجارية (COM)، ويعود ذلك إلى استخدام صخور البازلت والطف البركاني ذات القساوة العالية نسبياً كمادحت وسحل. بشكل عام، أظهرت مواد الاحتكاك المركبة المحضرة توافقاً في تحسّن قساوتها ومقاومتها للانعطاف.

يبين الجدول (4) ملخص نتائج خصائص الوزن النوعي، والمسامية، والخصائص الميكانيكية لمواد الاحتكاك المركبة المحضرة والانحراف المعياري لهذه النتائج.

الجدول (4): ملخص نتائج مواد الاحتكاك المركبة المحضرة والتجارية.					
الخصائص الميكانيكية			خصائص الوزن النوعي والمسامية		مادة الاحتكاك المركبة
قساوة برينل (HB)	معامل يونغ E(GPa)	مقاومة الانعطاف σ_{fs} (MPa)	المسامية V_p (%)	الوزن النوعي التجريبي ρ_{ex} (g/cm ³)	
41.290 ± 3.204	6.382 ± 0.229	32.992 ± 1.516	2.677 ± 0.186	2.532 ± 0.005	F20BS
60.273 ± 4.130	11.510 ± 1.168	41.536 ± 2.001	3.110 ± 0.228	2.556 ± 0.006	F20B15S
43.118 ± 1.247	9.141 ± 0.273	41.116 ± 3.572	2.445 ± 0.742	2.617 ± 0.020	F20BS20
36.346 ± 2.996	8.861 ± 0.636	39.544 ± 3.697	2.849 ± 0.292	2.656 ± 0.008	F20BSC10
55.944 ± 3.978	12.512 ± 0.285	53.291 ± 2.9	0.729 ± 0.168	2.770 ± 0.005	F20BSC5
58.094 ± 4.516	12.520 ± 0.729	53.570 ± 7.419	1.430 ± 0.378	2.886 ± 0.011	F17BS
22.808 ± 3.272	9.209 ± 0.988	43.823 ± 6.469	-	2.074 ± 0.031	COM

5. الاستنتاجات والتوصيات.

1.5 الاستنتاجات.

1. أقام هذا العمل الدليل على إمكانية تحضير مواد احتكاك مركبة تُظهر خصائص مقاومة انعطاف وقساوة ملائمة لتطبيقات بطانات مكابح السيارات، واعتمد تحضير هذه المواد على مواد أولية محلية واسعة الانتشار ومنخفضة الكلفة، وعلى مخلفات صناعية محلية رخيصة السعر.
2. تُمكن توليفة مكونات مواد الاحتكاك المركبة المحضرة من ضبط خصائصها بإجراء تغييرات طفيفة على نسب مكوناتها.
3. انخفضت المسامية لمواد الاحتكاك المركبة المحضرة بنسبة تتراوح بين (46%-72%) مع زيادة النسبة الوزنية لكل من البازلت، والطف البركاني، وكبريتات الباريوم، وألياف الفولاذ،
4. ازدادت المسامية لمواد الاحتكاك المحضرة بنسبة طفيفة مع زيادة النسبة الوزنية لهباب الفحم وألياف البازلت،
5. تحسنت مقاومة الانعطاف لمواد الاحتكاك المركبة المحضرة بنسبة تتراوح بين (25%-62%) مع زيادة النسبة الوزنية لكل من كبريتات الباريوم، وألياف الفولاذ، والبازلت، والطف البركاني،
6. تحسنت قساوة برينل لمواد الاحتكاك المركبة المحضرة بنسبة تتراوح بين (36%-46%) مع زيادة النسبة الوزنية لكل من كبريتات الباريوم، وألياف الفولاذ، والبازلت، والطف البركاني،
7. تراجع قساوة برينل لمواد الاحتكاك المركبة المحضرة بنسبة طفيفة مع زيادة النسبة الوزنية لكل من ألياف البازلت، وهباب الفحم.

2.5 التوصيات.

1. العمل على التحكم الدقيق بالخصائص الميكانيكية لمواد الاحتكاك المركبة المحضرة عن طريق اجراء تعديل طفيف في نسب مكوناتها،
2. اجراء اختبار الضغط على مواد الاحتكاك المحضرة،
3. اجراء اختبار الامتصاصية لسائل الكبح والماء على مواد الاحتكاك المحضرة،
4. اجراء اختبار الاهتراء على مواد الاحتكاك المحضرة لتحديد معامل الاحتكاك ومعدل الاهتراء،
5. اجراء فحص بنيوي مورفولوجي لسطح مواد الاحتكاك المركبة المحضرة قبل اختبار الاهتراء وبعده، عن طريق المجهر الالكتروني الماسح.

6. المراجع.

- [1] SUNDARKRISHNAA, K. L. (2015). **Friction Material Composites: Copper-/Metal-Free Material Design Perspective** (Vol. 171). Springer.
- [2] COX, R. (2012). **Engineered tribological composites: the art of friction material development** (pp. i-xv). SAE.
- [3] Öztürk, B., & Öztürk, S. (2011). **Effects of resin type and fiber length on the mechanical and tribological properties of brake friction materials**. Tribology Letters, 42(3), 339-350.
- [4] YUN, R., FILIP, P., & LU, Y. (2010). **Performance and evaluation of eco-friendly brake friction materials**. Tribology International, 43(11).
- [5] LE MAITRE, R. W., STRECKEISEN, A., ZANETTIN, B., LE BAS, M. J., BONIN, B., & BATEMAN, P. (Eds.). (2005). **Igneous rocks: a classification and glossary of terms: recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks**. Cambridge University Press.
- [6] FISHER, R. V., & SCHMINCKE, H. U. (2012). **Pyroclastic rocks**. Springer Science & Business Media.
- [7] SCHMINCKE, H. U. (2007). **The Quaternary volcanic fields of the east and west Eifel (Germany)**. In Mantle plumes (pp. 241-322). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [8] SCHMID, R. (1981). **Descriptive nomenclature and classification of pyroclastic deposits and fragments**. Geologische Rundschau, 70(2), 794-799.
- [9] SUROJO, E., FADIL, A. I., ARIAWAN, D., MUHAYAT, N., RAHARJO, W. W., & SMARANDHANA, D. F. (2022, November). **Effect of different reinforcement material on characteristics of composite friction brake**. In AIP Conference Proceedings (Vol. 2499, No. 1, p. 040018). AIP Publishing LLC.
- [10] PRIAMBADA, A. F., SUROJO, E., MUHAYAT, N., Smaradhana, D. F., & Raharjo, W. W. (2022, November). **Influence of alkaline treatment of cantala fiber on flexural strength of composite friction brake**. In AIP Conference Proceedings (Vol. 2499, No. 1, p. 040009). AIP Publishing LLC.

- [11] SOLOMON, W. C., LILLY, M. T., & SODIKI, J. I. (2018). **Production of asbestos-free brake pad using groundnut shell as filler material**. International Journal of Science and Engineering Invention, 4(12), 21-to.
- [12] MAULANA, I. T., RUSDJA, A. P., SUROJO, E., MUHAYAT, N., & RAHARJO, W. W. (2018, June). **Effect of the Cantala fiber on flexural strength of composite friction brake**. In AIP Conference Proceedings (Vol. 1977, No. 1, p. 030031). AIP Publishing LLC.
- [13] AHMADIJOKANI, F., SHOJAEI, A., ARJMAND, M., ALAEI, Y., & YAN, N. (2019). **Effect of short carbon fiber on thermal, mechanical and tribological behavior of phenolic-based brake friction materials**. Composites Part B: Engineering, 168, 98-105.
- [14] CAI, P., LI, Z., WANG, T., & WANG, Q. (2015). **Effect of aspect ratios of aramid fiber on mechanical and tribological behaviors of friction materials**. Tribology International, 92, 109-116.
- [15] SINGH, T., & PATNAIK, A. (2015). **Performance assessment of lapinus–aramid based brake pad hybrid phenolic composites in friction braking**. Archives of Civil and Mechanical Engineering, 15(1), 151-161.
- [16] ÖZTURK, B., ARSLAN, F., & ÖZTURK, S. (2013). **Effects of different kinds of fibers on mechanical and tribological properties of brake friction materials**. Tribology Transactions, 56(4), 536-545.
- [17] KRR, K. K. (Ed.). (2016). **Composite materials: processing, applications, characterizations**. Springer.
- [18] CALLISTER, W. D., & RETHWISCH, D. G. (2018). **Materials science and engineering: an introduction** (Vol. 9, pp. 96-98). New York: Wiley.
- [19] ZWEBEN, C., W. S. SMITH, and M. W. WARDLE (1979), **"Test methods for fiber tensile strength, composite flexural modulus, and properties of fabric-reinforced laminates"**, Composite Materials: Testing and Design (Fifth Conference), ASTM International.

مقارنة الإشريكية القولونية المعزولة من عينات مرضية مختلفة مع تلك المعزولة من البراز

الدكتورة: ندى محفوض

قسم علم الحياة - كلية: العلوم - جامعة: البعث

الملخص

تم عزل وتشخيص 80 عزلة من جراثيم الإشريكية القولونية *E. coli* مأخوذة من 200 عينة مرضية بواقع 50 عينة لكل من البول ، مسحات مهبل ، مسحات جروح ومسحات أذن ، وكذلك أخذت عينة براز من كل مريض من المرضى السابقين لغرض مقارنة الأنماط المصلية لجراثيم الإشريكية القولونية فيما إذا كانت ذات منشأ داخلي أو خارجي .

زرعت العينات المرضية جميعها (بما فيها عينات البراز) على وسطي الأغار المدمى والماكونكي وحضنت بدرجة حرارة 37 م لمدة 24 ساعة وشخصت اعتماداً على الصفات المظهرية للمستعمرات النامية وعلى نتائج الاختبارات الكيموحيوية وأكدت هويتها اعتماداً على نتائج فحص kit 20E API الخاص بالإمعائيات.

شكلت الإشريكية القولونية من جميع العينات المرضية نسبة 40 % موزعة كالتالي :

60% ، 74% ، 22% ، 4% لكل من عينات البول والمسحات المهبلية ولمسحات الجروح ولمسحات الاذن على التوالي .

أجري التتميط المصلي للجراثيم باستخدام طريقة التلازن على الشريحة الزجاجية مع المصل المضاد الخاص بجراثيم الاشرىكية القولونية للمستضدين الجسدي Somatic antigen (O. Ag) والمحفطي capsular antigen(k Ag) تبين أن 63.8% من عزلات الاشرىكية القولونية متماثل مصلياً مع عينات البراز ، وقد تباينت نسب التماثل المصلي باختلاف النماذج المرضية قيد البحث اذ أن 70% من عزلات *E coli* المعزولة من البول كانت متماثلة مصلياً مع تلك المعزولة من براز المريض نفسه ، وأن 73% من عزلات المسحات المهبلية و 27.3% من عزلات مسحات الجروح كانت كذلك، بينما لم تتماثل عيني المسحات الأذنية مع عزلات البراز.

ظهر أن أكثر الأنماط المصلية تردداً هما النمطان المصليان O 138 : K 74 ، O 122 : K 69 ،

الكلمات المفتاحية : *E coli* ، تتميط مصلي .

Comparison Of *E coli* Isolated From Different Pathological Samples With Those Isolated From Stool

NADA MAHFOUD

AL Baath University

Faculty Of Science , Department Of Biology

Abstract

Eighty *E coli* isolates were isolated and identified from 200 clinical samples collected which included urine samples , vaginal swabs,wound swabs and ear swabs From patients attending the hospital , stool samples of similar number were obtained from each patients for comparison purposes to determine the initial source of *E coli* isolates whether they were endogenous or exogenous in origin . All the clinical samples were cultured in blood and Mac Conkey's agar , then incubated at 37 c for 24 hrs . The isolated *E coli* were identified initially according to their colonial morphology , then the diagnosis confirmed by using biochemical tests and using API 20 E :kit wich demonstrated the presence of 40 % isolates of *E coli*. The percentages of samples containing *E coli* were: 60 % , 74 % , 22 % , 4 % for urine , vaginal , wound and ear swabs respectively . Slide Agglutination method was done for typing *E coli* by using antiserum somatic and capsular

antigens it was appeared that 63.8 % of all samples were serologically identical to those isolated from the stool of the same patient included 70 % of urine isolates , 73 % of the vaginal isolates and 27.3 % of the wound isolates and non of the ear isolates were serologically identical to those isolated from the stool of the same patients. The most frequent serotypes isolated from all the samples were: The most frequent serotypes isolated from all the samples were: O1 22 : K 69 and O 138 : K 74 .

Key words : *E coli* , serotype .

المقدمة

على الرغم من وجود جراثيم الاشريكية القولونية بوصفها نبيتاً جرثومياً طبيعياً في الأمعاء الغليظة ، الا أن الاهتمام بها من قبل المختصين قد ازداد منذ اكتشافها من قبل العالم Theoder Escherich عام 1885 [1]، لما تسببه من أمراض خارج الأمعاء كالتهابات المجاري البولية والتهابات الجروح والقنوات الصفراوية والسحايا والتهابات الجهاز التنفسي والتناسلي وغيرها من الأمراض، واعتبرت في بادئ الأمر غير مرضية لذلك لم تلق الاهتمام الكافي فكانت تذكر على أنها كائن يعيش في الأمعاء والماء [2].

أجريت عدة محاولات لتصنيفها والتعرف على السلالات المرضية منها . ففي السنوات السابقة طبقت التقنيات المناعية في تصنيفها ولوحظ أن سلالاتها تحتوي على أنماط مستضدات جسمية O تشبه مناعياً تلك الموجودة في جراثيم السالمونيلا ومستضدات K [3]، ثم لوحظ أن بعض الأنماط المصلية الحاوية على المستضدات الجسمية أو الجسدية لها قدرة امراضية للإنسان والحيوان ولا زالت الدراسات مستمرة لإثبات الآراء القائلة بأن أخماج أجهزة وأنسجة جسم الانسان التي تسببها هذه الجراثيم ناتجة أساساً من جراثيم النبيت الجرثومي المعوي للإنسان نفسه [4] [5] ، إذ تنتقل هذه الجراثيم من منشئها الأصلي الى أماكن الإصابة من خلال طرائق مازال أغلبها غير واضح [6] على الرغم من أن البعض يشير إلى أن اكتساب الجراثيم لصفات فوعية جديدة قد يساعدها على مثل هذا الانتقال ومن ثم إحداث الإصابة بالمرض [7] .

هدف البحث

هدفت الدراسة الحالية الى محاولة استخدام الاختبارات المصلية المتوفرة للتأكد فيما اذا كان مصدر العزلات المأخوذة من حالات مرضية مختلفة قد نشأ من براز مرضى هذه الحالات وذلك بالتحري عن مدى تطابق العزلات مصلياً فيما بينها، وعن إمكانية أن

تكون عزلات النبيت الطبيعي لجراثيم الإشريكية القولونية هي المسؤولة عن إحداث إصابة المواقع الأخرى في الجسم .

مواد وطرائق البحث MATERIALS AND METHODS

1- جمع العينات المرضية: جمعت 200 عينة من المرضى المراجعين لمشفى

مدينة حمص والتي إشملت على عينات بول ومسحات من المهبل والجروح والأذن مع أخذ عينة براز من كل مريض من المرضى السابقين لغرض مقارنة الأنماط المصلية المعزولة من هذه النماذج المرضية مع بعضها البعض

2- زرع العينات: زرعت العينات بعد أخذها مباشرة على وسطي الآغار

الدمى EMB , Blood Agar , وأغار ماكونكي MacConkey Agar وحضنت هوائياً بدرجة حرارة 37 م لمدة 24 ساعة (12)

3- عزل الجراثيم وتميئتها: عزلت الجراثيم بأخذ مستعمرة مفردة وخطت على الاوساط المذكورة أعلاه [8] .

4- تشخيص العزلات : شخضت المستعمرات النقية مبدئياً بالاعتماد على

الخصائص المظهرية للمستعمرات من حيث حجم المستعمرات ولونها وارتفاعها وشكل حوافها [9] [10]

ثم استخدمت بعض الاختبارات الكيموحيوية التي تضمنت:

- صبغة غرام حسب الطريقة [10]
- اختبار تخمر السكريات حسب الطريقة [10]
- اختبار أنزيم الكاتالاز والاكسيداز حسب الطريقة [10]

- اختبارات (الاندول و أحمر المثيل، الفوكس بروسكاورو و سترات سيمون)

حسب الطريقة [11]

وأكد التشخيص باستخدام نظام API 20 E kit، إذ تم اتباع تعليمات الشركة

المصنعة .

5- اختبار الحساسية للصادات :

اتبعت طريقة الأقراس حسب ماهو مذكور في المرجع [12] لمعرفة حساسية الإشريكية

القولونية تجاه عدد من الصادات إذ استخدمت الصادات الواردة في الجدول (1)

جدول (1) الصادات المستخدمة وتركيزها

الصاد	الرمز العلمي	التركيز μ g/ml
Ampicillin	Amp	10
Amoxycillin	Aml	25
Imipenem	lpm	30
Cloxacillin	Cl	5
Carbenicillin	Car	100
Erythromycin	E	15
Gentamycin	Gm	30
Cephalexin	Cn	30
Tetracyclin	T	30
Ciprofloxacin	CIP	5

6- التشخيص المصلي :

أخضعت العزلات المشخصة على أنها جراثيم الإشريكية القولونية للفحوصات المصلية باستخدام طريقة التلازن على الشريحة الزجاجية Slide method مع المصل المضاد الخاصة بهذه الجراثيم والمجهزة من شركة wellcome والتي تمثل المستضدات الجسمية أو الجسدية والمحفظية إذ اتبعت الخطوات المذكورة في المرجع [13]
تم الفحص باستخدام الأمصال الضدية الآتية:

O122 : K 69 , O138 : K 74 , O 136 : K 81

O153 : K 97 , O 66: K 70 , O 125 : K 101

O: 135: K 83 , O37 : K 71 , O55 : K 85

O 97 : K 72 , O 123 : K 77

النتائج والمناقشة

أظهرت نتائج الاختبارات التشخيصية الزرعية للعزلات النقية المعزولة من ٢٠٠ عينة مرضية شملتها الدراسة أنها ذات مستعمرات صغيرة لونها أحمرقرمزي على وسط الماكونكي ومستعمرات داكنة ذات لمعة خضراء معدنية على وسط EMB ومستعمرات بيضاء حالة للدم (بيتا) على وسط الآغار المدمى وبينت نتائج الاختبار الكيموحيوي للإشريكية القولونية إيجابيتها لكل من اختبار الأندول و إختبار أحمر الميتيل و إختبار السكاكر الثلاثية بإطلاق غاز ومن دون إطلاق H_2S والكاتالاز، وسليبيتها لكل من صبغة غرام و اختبار الفوكس بروسكاور و سترات سيمون والأوكسيداز.

❖ تم تأكيد التشخيص اعتماداً على Api 20E Kit وكانت النتائج كما موضح

بالجدول (2)

الجدول (2) الاختبارات الكيميوحيوية التأكيدية لعزلات الإشريكية القولونية

نتيجة الاختبار	اسم الاختبار
+	ONPG
+	Lysine decarboxylase
+	Ornithine decarboxylase
-	Urease
-	Phenylalanine Deaminase
+	Nitrate reduction
-	H ₂ S production
-	Citrate utilization
-	Voges praskauer
+	Methyl red
+	Indole
-	Malonate
+	Esculine hydrolysis
+	Arabinose
+	Xylose
-	Adonitole
+	Rhamnose
-	Cellobiose
+	Melibiose
+	Sucrose
+	Raffinose
+	Trehalose
+	Glucose
+	Lactose

كانت نسبة الإشريكية القولونية 40% كما موضح بالجدول (3) الذي يبين أعداد ونسب جراثيم الإشريكية القولونية المعزولة من النماذج المرضية المختلفة ، بينما كانت نسبة الأنواع الجرثومية الأخرى المعزولة من عينات البول ومن مسحات المهبل ومسحات الجروح ومسحات الأذن 30 % 24 % 74 % 94 % على التوالي مشكلة نسبة المجموع 55,5% ، بينما كانت نسبة العينات عديمة النمو الجرثومي 4,5% من مجموع الـ 200 عينة مرضية.

توزعت نسبة الإشريكية القولونية في كل من عينات البول ومسحات المهبل ومسحات الجروح ومسحات الأذن إلى 60% و 74% و 22% و 4% على التوالي.

إن تردد الإشريكية القولونية في عينات البول في هذه الدراسة جاء مقارياً للعديد من الدراسات السابقة بهذا الخصوص [4 1] [15] إذ أشير إلى أن هذا النوع من الجراثيم يشكل نسبة تتراوح بين 55-70% من مجموع الجراثيم المسببة لالتهاب المجاري البولية أما عن تسبب الإشريكية القولونية لالتهاب المهبل عند النساء المتزوجات بلغ 74% وهذا ما أكدته دراسات عدة فقد وجد أنها تشكل نسبة تتراوح بين 40-70% من التهابات الجهاز التناسلي الأنثوي [16].

جدول (3) أعداد جراثيم الإشريكية القولونية والأنواع الأخرى المعزولة من الحالات المرضية ونسبها المئوية

عديمة النمو	الأنواع الأخرى	الإشريكية القولونية	العينة المصلية	
			عدد العينات	
(%) العدد	(%) العدد	(%) العدد		
5 (10%)	15 (30%)	30 (60%)	50	البول
1 (2%)	12 (24%)	37 (74%)	50	مسحات المهبل
2 (4%)	37 (74%)	11 (22%)	50	مسحات الجروح
1 (2%)	47 (94%)	2 (4%)	50	مسحات الأذن
9 (4.5%)	11 (55.5%)	80 (40%)	200	المجموع

في حين كانت تحتل المرتبة الثامنة ضمن تسلسل الأنواع الجرثومية المسببة لالتهاب الجهاز التناسلي الأنثوي في دراسة أخرى [17].

يمكن تفسير سبب ارتفاع نسبة الإشريكية القولونية في عينات البول ومسحات المهبل بأن الجراثيم تقوم أولاً باستيطان الغشاء المخاطي المبطن للمهبل ومن ثم تنتقل عن طريق التحليل إلى المثانة وإن عملية الجماع أو القنطرة الإحليلية تسهل عملية صعود الجراثيم إلى المثانة فضلاً عن قصر الإحليل يسهل عملية الصعود [7] و [18]

أما نسب عزلها من الجروح فقد بلغ 22% وبهذا كانت مماثلة تقريباً لدراسة سابقة وجدت أن نسب عزلها من الجروح هي 24,1% [6] ، بينما كانت نسبة عزلها أقل في دراسات أخرى إذ بلغت 7-12% [19] ، في حين بلغت 16,9% في دراسة نظيرة [5].

يتضح من نتائج الجدول السابق أن أدنى نسبة عزل لهذا النوع من الجراثيم كان من مسحات الأذن 4%.

اتضح هذه الحقيقة في دراسات سابقة [20] إذ أشارت إلى أن نسب عزلها من التهابات الأذن تكون منخفضة، وقد يعزى ذلك إلى طبيعة التركيب التشريحية للجسم إذ أن بعد موقع الأذن عن القناة الهضمية قد يبعدها عن الإصابة بالملوثات المعوية وقد تكون غالبية الإصابات خارجية المنشأ وليس داخلية .

بينت نتائج حساسية الإشريكية القولونية المعزولة من النماذج المرضية المختلفة للصادات أن أعلى نسبة حساسية كانت تجاه Imipenem إذ قدرت حساسيتها 91.81% يليها Gentamycin إذ بلغت نسبة عزلات الإشريكية القولونية الحساسة له 76% ثم Ciprofloxacin الذي تحسنت له 56% من عزلات الإشريكية القولونية ويليه Cephalixin التي تحسنت له 52% من عزلات الإشريكية القولونية أما بقية الصادات المسماة Ampicillin و Amoxycillin و Cloxacillin و Carbencillin و Erythromycin و Tetracyclin فبلغت نسبة التحسس لها 14% ، 11% ، 11,4% و 7,5% 4% 2% على التوالي جدول (4).

جدول (4) حساسية جراثيم الإشريكية القولونية للمضادات

اسم المضاد	نسبة العزلات المتحسسة
Ampicillin	14%
Amoxycillin	11%
Imipenem	91.81%
Cloxacillin	11.4%
Carbenicillin	7.5%
Erythromycin	4%
Genthamycin	76%
Cephalexin	52%
Telraryclin	2%
Ciprofloxacin	56%

وفقاً للنتائج الواردة في الجدول (4) يتبين أن المضاد الـ Imipenem يأتي كاختيار أول في علاج الأخمج المتسببة عن الإشريكية القولونية تتفق هذه النتائج مع نتائج [21] الذي وجد أن نسبة مقاومة الإشريكية القولونية لهذا النوع من المضادات منخفضة إذ لم تتجاوز نسبة 9%

أما بالنسبة لانخفاض حساسية عزلات E coli تجاه Tetracyclin و Erythromycin و Carbeyicilling و Amoxycillin و Ampicillin فقد جاءت مقارنة لنتائج [3] الذي وجد أن نسبة حساسية E. coli لهم هي 4 % ، 9 % ، 6 % ، 5 % ، 4 % على التوالي مما يجعلها غير مناسبة في علاج الأخماج المختلفة المتسببة من E. coli .

إن ازدياد مقاومة جراثيم E. coli للعديد من المضادات الحيوية قد سجلت عالمياً ويعود السبب إلى الاستعمال الواسع والعشوائي لهذه الصادات في معالجة الأخماج المختلفة [22] ولكون هذه الجراثيم من النبيت الطبيعي في الأمعاء يؤدي تعرضها المستمر للصادات إلى اصطفاء السلالات المقاومة لهذه الصادات [16] و [23]

بعد إجراء الاختبارات المصلية على عزلات الإشريكية القولونية المعزولة من النماذج المرضية المختلفة ظهر أن نسبة 63.8 % منها كانت متماثلة مصلياً مع عزلات براز المرضى أنفسهم جدول (5) .

جدول (5) النسب المئوية لتمائل الأنماط المصلية للإشريكية القولونية المعزولة من العينات المرضية المختلفة مع تلك المعزولة من براز المريض نفسه

نوع النموذج المرضي	عدد العزلات	عدد العزلات ذات التماثل المصلي	النسبة المئوية للعزلات ذات التماثل المصلي
البول	30	21	70%
مسحات المهبل	37	27	73%
مسحات الجروح	11	3	27.3%
مسحات الأذن	2	0	0%
المجموع	80	51	63.8%

بلغت أعلى نسبة تماثل في حالة مسحات المهبل 73% وأعقبها كل من نماذج البول 70 % ومسحات الجروح 27.3% فيما لم تكن أي عزلة من عزلي مسحات الأذن متماثلة مصلياً

ويتضح من الجدول السابق كذلك وجود تدني في نسبة العزلات المتماثلة مصلياً والتي مصدرها مسحات الجروح مع عزلات البراز 27.3% إلا أن مصدر أخماج بعض الجروح سيما عمليات الجهاز الهضمي هو من الأمعاء في حين يكون الجزء الأعظم من الأخماج بسبب الجراثيم المكتسبة من داخل المشافي Nosocomial Infections إذ أن أخماج الجروح يعتمد على حالة المريض ونوع وموقع العملية الجراحية [19]

ولوحظ وجود ارتفاع في تردد النمطين O122 : K 69 , O138 : K 74 إذ بلغت اعدادها 27 و 17 على التوالي ولكافة النماذج المرضية المشمولة بالدراسة عدا نماذج مسحات الأذن ويتركز هذان النمطان في عينات البول ومسحات المهبل تلتها الأنماط المصلية:

O 136: k 81 , O 153 : K 97 , O 66 : K 70

اذ بلغت اعدادها 2,3,2 على التوالي في حين لم تتردد كل من الأنماط المصلية:

O123 و O 125 : k 101 , O 135 : K 83 , O 37 : K 71 , O 55: K 85

K72 : O97 , K77 : في العينات المشمولة بالدراسة

وهذا يوافق نتائج الباحثين [13] و[20] اللذين لاحظا أن الغالبية العظمى للجراثيم المسببة للأخماج المختلفة بالجسم تختلف بالتركيب المستضدي الجسمي و المحفظي فيما بينها .

مقارنة الإشريكية القولونية المعزولة من عينات مرضية مختلفة مع تلك المعزولة من البراز

وعند الرجوع لنتائج حساسية عزلات الإشريكية القولونية المعزولة من النماذج المرضية المختلفة تجاه بعض الصادات المستخدمة قيد الدراسة تبين أن 72.5% من العزلات ذات التماثل المصلي مع عزلات البراز متطابقة أيضا بنتائج الحساسية للمضادات الحيوية مع نتائج عزلات البراز وبلغت أعلى نسبة تطابق في العزلات المأخوذة من عينات البول اذ شكلت نسبة 40.9% تلتها العزلات المأخوذة من مسحات المهبل ومسحات الجروح اذ شكلت النسب 63% و 33.3% على التوالي (جدول 6).

جدول (6) النسب المئوية لتطابق عزلات الإشريكية القولونية المتماثلة مصليا مع

عزلات البراز للصادات

نوع النموذج	عدد العزلات ذات التماثل المصلي مع عزلات البراز	عدد العزلات ذات التطابق بنتائج فحص الحساسية للصادات	النسبة المئوية للعزلات ذات التطابق بنتائج فحص الحساسية للصادات %
البول	21	19	90.4
مسحات المهبل	27	17	63
مسحات الجروح	3	1	33.3
مسحات الاذن	0	0	0
المجموع	51	37	72.5

تعد نسب التطابق هذه بعيدة عن النسب المذكورة من قبل الباحث [24] الذي وجد أن 60% من عزلات الإشريكية القولونية المعزولة من عينات البول للمصابين بالتهاب

المجاري البولية متطابقة مع نتائج اختبار الحساسية مع عزلات الإشريكية القولونية المعزولة من براز المرضى أنفسهم ، ربما يعود سبب الاختلاف في نسب التطابق إلى ازدياد فرصة العزلات لاكتساب بلازميدات ذات المقاومة المتعددة من جراثيم أخرى موجودة بالجسم عن طريق عمليات الاقتران [15].

الاستنتاجات:

1. تشكل الإشريكية القولونية نسبة 40 % من الجراثيم المسببة للأخماج البولية و المهبيلية والأذن الوسطى والجروح مجتمعة.
2. تشكل الإشريكية القولونية المسببة للأخماج المختلفة في الجسم نسبة 63.8 % تماثلاً مصلياً مع عينات الخروج كان أعظمها في العزلات المعزولة من المسحات المهبيلية
3. اكثر الأنماط المصلية تردداً هما النمطان المصليان O122:K96 , O138 :k 47
4. إن الصاد Imipenem هو الاكفأ في تأثيره في جراثيم الإشريكية القولونية المسببة للإصابات المختلفة.

التوصيات:

- 1- الحد من الاستعمال العشوائي للصادات تجنباً لتطور سلالات محلية مقاومة لها.
- 2- ضرورة استخدام أنماط مصليه أخرى لدراسة المقارنة بين الإشريكية القولونية المعزولة من نماذج مرضية مختلفة مع تلك المعزولة من براز المريض نفسه .
- 3- استخدام تقنية PCR لدراسة تماثل العزلات المختلفة للمريض نفسه.

References:

- 1-ARDY K.G. 2020.Plasmids a Practical Approach . In Pratical Approach Series.5th.ed .Charchill livigustone Edinburg.p.137-141.
- 2-COOKE M.E. 2020. Escherichia coli. an overview. J.Hyg., Comb. (95): 523 - 533. Orskov I. and Orskov F. E.coli in Extra-intestinal Infection. J.Hyg. Comb. (95) 551 - 557 .
- 3-DAVID ,S.H. 2020 .Urinary tract Infection . Medicine Journal3(1):1-12.
- 4-FUFUSTOCK ,R.AND STEAN ,G.2021 .Pathogenetic aspects of UTI.Wein.Med. Wochenschr.147(19):465-499.
- 5-YALEIN A.N.; BAJUCL Z.; DOKMETAS I. & SABIR M. 2020. Postoperative wound Infections J.Hosp. Infec . (4): 305- 309 . Luduman H. Mawson's Diseases of the Ear . Edward Arnold, London.
- 6-MANDELL G.L., BENNET J.E. & COLIM R. 1995.Principles & Practice of Infectios Diseases.Fourth Edition . Churchill Livingstone Inc .
- 7-STAMM W.E. 2007. Urinary Tract Infections : from pathogenesis to treatment, J. Infec. Dis. (159) : 400 - 409 .
- 8-JAWETZ E., MEL NICK J. L . and ADELBERG E.A., 2011 .Basic and Clinical Pharmacology .Review of Medical Microbiology. Appleton and Lange.
- 9-JUREEN, R, 2003. Urinary tract pathogens in uncomplicated lower urinary tract infections in women in Norway, Tidsskr. Nor. Laegeforen ,vol. 14 (15), 2021-2024.
- 10-KONEMAN E.W.; ALLEN S.D.; JANAD W.M.; SCHEREKENDERGER P.C. and WINN'JR ., W.C. 1992. Color

Atlas and Text book. Diagnostic Microbiology. Fourth Edition. J.B. Lippincott Company. Philadelphia.

11- HOLT J. G., KRIEG N.R., SNEATH P.H., STALEY J. T. and WILLIAMS S.T. 1994. Bergey's Manual of Determinative Bacteriology 9th Ed. Williams of Wilkins .

12-BAURE , A.W. and KIRBY ,W.W.1966 .Antibiotics Susceptibility testing by standard disc method. Ame J.Clin.pathol .45: 493 -496.

13- VIDOTTO, M.C., FURLANETO ,M.C. and PERAGENI, M.R.2021. Virulence factors of E.Coli Isolates. Barazillian J. Med. Biol. Res.24:365-374.

14-LANE, M,2007. Expression of flagella is coincident with uropathogenic Escherichia coli ascension to the upper urinary tract, Proc. Natl. Acad. Sci. USA 104, 16669–16674.

15- LESLEY E. T.1990. The Pathogenesis of E.coli J. Med . Microbiol.(32) : 135 -139 .

16-SCHAEFFER A.J.; JONES J.M. & DUNN J. K.2019. Association of Invitro E.coli Adherence to Vaginal and Bucal Epithelial Cells with Susceptibility of women to Recurrent Urinary Tract Infections . N.Eng. J. Med .11 (4) : 1062 - 1065 .

17-CONRBISHLEY M.C. 1999. Microbial Flora of the Vagina & Cervix. J. Chin. Path (30): 745 - 748 .

18-VIGNOLO G.M., SURIAN F., HOLGADO A.P. and OLIVER G. 2020. Anti Bacterial Activity o E.Coli Strains Isolated From Dry Fermental Sunsages J. App.Bac .75:344-349.

19-Krieger J.N., Kauser D.L. & Wenzel R.P. 2019 . Nosocomial Urinary Tract Infections cause Wound Infections Postoperative in

Surgical Patient. Surgery , Gynecology , Obstetrics (156) : 313 - 318 .

20- WEBER ,A.D.2020. The Pathogenicity of E.coli .Rev.Med. Micob. 1:169-204.

21-GORDON, K,2003. Susceptibility patterns of orally administered antimicrobials among urinary tract infection pathogens from hospitalized patients in North America, Diagn. Microbiol. Dis, vol. 45(4), 295-301.

22-FRASHED , S, 2009 .The prevalence of virulence genes of E.coli strains isolated from children with urinary tract infection, Saudi. J. Dis.Transpl, 20 ,613-617.

23-ARISOY, M, 2006. Detection of virulence factor of E.coli from children by multiplex polymerase chain reaction, Int. J. Clin. Pract ,60 , 170-173.

24-Gales,A and Doern ,G. 2021.Activity and spectrum off antimicrobial agent isolated against UTI pathogens in hospitalized patients in Latin America.J.Antimicrob.Chemother.(45):291-311.

دراسة بعض المؤشرات الشكلية والفيزيولوجية لأثر أكسيد الزنك في نبات فول الصويا في ظروف محافظة حمص

الدكتور: جورج غندور الدكتور: محمود الحمدان
أستاذ مساعد في قسم علم الحياة باحث في الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية
كلية العلوم بجامعة البعث مركز بحوث حمص

المُلخَص:

أجري هذا البحث في مركز البحوث العلمية الزراعية في محافظة حمص خلال الموسم الزراعي 2022 بهدف دراسة تأثير إضافة أكسيد الزنك على بعض الصفات المورفولوجية والفيزيولوجية لصنفين من فول الصويا (Sb 239 و Ascro3803)، باستخدام أربع مستويات سمادية من أكسيد الزنك المعدني بطريقة الرش الورقي حيث كانت (Zn₃, Zn₂, Zn₁, Zn₀) ، بمعدل (0، 1، 2، 3) غ/ل على الترتيب للمستويات المدروسة التالية، اظهرت نتائج التحليل الاحصائي زيادة معنوية واضحة في متوسط صفة ارتفاع النبات عند الرش بكافة المستويات المدروسة Zn₃, Zn₂, Zn₁ بالمقارنة مع الشاهد Zn₀ وكان المعدل Zn₂ الافضل معنوياً حيث وصلت الزيادة فيه إلى 50.01% في مرحلة الإزهار و 29.91% في مرحلة النضج، و ارتفع مؤشر مساحة الأوراق الخضراء عند الرش بكافة المستويات المدروسة بالمقارنة مع الشاهد وكان التفوق أيضاً بالمعدل Zn₂ حيث وصلت الزيادة فيها إلى 116.89%، في مرحلة الزهار و 130% في مرحلة النضج كما كان هناك ارتفاع ملحوظ لمحتوى الكلوروفيل a و b عند الرش بأوكسيد الزنك بالنسبة لكافة المستويات حيث كانت الزيادة تراكمية

فوصلت في التركيز Zn3 في مرحلة الازهار والعقد للكلوروفيل a 179.40% و
95.65% على التوالي أما بالنسبة للكلوروفيل b فكانت الزيادة 231.94% في مرحلة
الزهار و 202.46% في مرحلة العقد، كما ارتفعت نسبة البروتين في البذور عند الرش
بكافة المستويات المدروسة ووصلت أعلى زيادة فيها عند المستوى Zn2 لكل من
الصنفين المدروسين (Ascro3803 - Sb239) على الترتيب (31.12-33.89)%
بالمقارنة مع الشاهد، بينما تناقص محتوى البذور من الزيت الدهني نتيجة تحسن محتواها
من البروتين.

الكلمات المفتاحية: فول الصويا، اوكسيد الزنك المعدني، صفات مورفولوجية، صفات
فيزيولوجية Ascro3803 , Sb 239 .

Study of some morphological and physiological indicators of the effect of zinc oxide on *soybean* plant in Homs governorate conditions

Abstract:

This research was conducted in at the Agricultural Scientific Research Center in Homs Governorate during the agricultural season 2022 in order to study the effect of adding zinc oxide on some morphological and physiological characteristics of two soybean cultivars (Sb 239 and Ascro3803), using four fertilizer levels of metallic zinc oxide by foliar spray method, where they were (Zn0, Zn1, Zn2, Zn3), at a rate of (0, 1, 2, 3) g /L, respectively, for the following studied levels, and the results of the statistical analysis showed a significant increase It is clear in the average characteristic of plant height when spraying with all the studied rates Zn1, Zn2, Zn3 compared to the control Zn0, and the rate Zn2 was the best significantly, as the increase in it reached 50.01% in the flowering stage and 29.91% in the maturity stage. and the index of green leaf area increased when spraying with all

studied levels compared to the control, and the superiority was also in the Zn² rate, which is increase in it reached 116.89%, in the flowering stage and 130% in the maturity stage, and there was a noticeable increase in the content of chlorophyll a and b when spraying with zinc oxide for all levels, where the increase was cumulated, and it reached the concentration of Zn³ in the flowering and nodes stages for chlorophyll (a) 179.40% and 95.65%, respectively. As for chlorophyll (b), the increase was 231.94% in the flowering stage and 202.46% in the nodes stage.

The percentage of protein in the seeds increased when sprayed at all studied levels, watch the highest increase in it at the Zn² level for each of the two studied cultivars (Sb239 and Ascro3803) respectively (31.12-33.89)% compared to the control, while the content of fatty oil decreased as a result of the improvement of its protein content.

Keywords: Soybeans, Metal Zinc Oxide, Morphological Characteristics, Physiological Characteristics, Sb 239, Ascro3803

1- المقدمة والدراسة المرجعية:

تعد الزيادة السكانية للبلدان النامية الموجودة في كل من آسيا وإفريقيا التي ستتجاوز 9 بلايين نسمة في عام 2060 وأثر ذلك على زيادة الطلب وعدم تحقيق التوازن بين كل من التزايد السكاني والاستهلاك البشري للموارد الغذائية، و بالتالي الاتجاه نحو زيادة استهلاك البروتينات النباتية مقارنة بالبروتينات الحيوانية وذلك لارتفاع أسعار هذه الأخيرة التي يعجز عن شرائها الكثيرون عاملاً أساسياً للاهتمام بدراسة النباتات البقولية الغنية بالبروتينات ومنها فول الصويا [1].

يعد فول الصويا *Glycine max L* الذي ينتمي للفصيلة البقولية Fabaceae واحداً من المحاصيل الصيفية المحبة للدفع أي أنه من نباتات النهار القصير كما ويعد الصقيع عاملاً محدداً لإنتاجيته [2].

يزرع فول الصويا في العالم للحصول على بذوره لغناها بالبروتين والزيت كما يستخدم في الصناعة والغذاء، وتبلغ نسبة الزيت الدهني فيه بين 14 - 24 % و محتواه البروتيني 30 - 50 % [3] و يتفوق فول الصويا على جميع المحاصيل الحقلية بنسبة البروتين فهو يزيد بمقدار الضعف على بذور البازلاء، وبثلاثة أضعاف على حبوب القمح والشوفان، وأربعة أضعاف على حبوب الذرة والشعير، ويتميز بغناه بالأحماض الأمينية الدسمة والتي تحتوي روابط غير مشبعة كاللايسين، [4].

تعد الأسمدة باختلاف أنواعها (طبيعية عضوية أو غير عضوية أو مصنعة) عند اضافتها للتربة بإمداد النبات بعنصر واحد أو أكثر من العناصر المغذية الضرورية لنموه، كما تحسن من خصوبة التربة أو تعويض نقص العناصر المغذية الجاهزة للامتصاص بوساطة جذور النبات و إحداث توازن جيد بين العناصر الغذائية المختلفة ولاسيما النادرة منها [5]. لضمان الحصول على الصفات المورفولوجية والفيزيولوجية والإنتاجية الجيدة يجب الاهتمام باختيار الصنف المناسب إضافة لتأمين كافة المتطلبات البيئية من تربة ومناخ وتسميد (العناصر الكبرى والصغرى) إذ إن المغذيات الصغرى

يحتاجها النبات بكميات وتراكيز ضئيلة جداً ونقصها يؤدي إلى خلل في دورة حياة النبات ويعتبر أكسيد الزنك من أهم المغذيات الصغرى التي يحتاجها النبات.

يعد الرش الورقي بالمغذيات طريقة فعالة لتغذية النباتات من أجل الحصول على احتياجاتها الغذائية في أوقات نموها الحرجة فالكميات القليلة منها تعد مفتاحاً لمراحل النمو والتطور وذلك لأثرها المعنوي في زيادة غلة المحصول ونظراً لتغلغلها إلى داخل الأجزاء الخضرية من خلال طبقة البشرة أو الثغور، إذ تعتبر هذه الطريقة للتسميد هي الأساس لاستجابة النبات السريعة ولتصحيح النقص في أحد العناصر الغذائية بصورة مباشرة [6-7].

نظراً لأهمية أكسيد الزنك الذي يعد من العناصر الصغرى ودخوله بتركيب وتنشيط عدد كبير من الإنزيمات (Hydrolysate Isomerase Transferases) oxidoreductases [8]. ودخوله في تركيب بعض الأنزيمات الضرورية في تمثيل البروتينات والكثير من أنزيمات الأكسدة والاختزال الهامة لعملية التنفس وكذلك دخوله في تكوين الكلوروفيل والكربوهيدرات وهو ضروري لتحويل الأمونيا إلى أحماض أمينية، ويساهم في تكوين الكلوروفيل [9-10] إضافة لا سهامه في تكوين الحمض الأميني التربتوفان Tryptophane الذي يتكون منه الهرمون أندول أستيك أسيد الضروري لزيادة كفاءة امتصاص النبات للماء ولاستطالة الخلايا، كما يدخل في تركيب بعض الخمائر لوحده أو بالاشتراك مع بعض العناصر الأخرى كالححاس [11].

بين [12] في تجربة لدراسة تأثير إضافة كبريتات الزنك المائية $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ 10مغ/كغ على نباتات مجهدة ملحياً باستخدام كل من التراكيز (0، 33، 66، 99 ملي مولار كلوريد الصوديوم) في بعض الصفات المورفولوجية والفيزيولوجية لفول الصويا، أن إضافة الزنك أدى إلى تحسين ارتفاع الساق والوزن

الرطب والجاف للنبات، وكذلك الوزن الرطب والجاف للجذر تحت جميع معاملات الملوحة.

أوضحت تجربة [13] في جامعة أوردو في تركيا من خلال دراسته لأثر الرش الورقي مركب كبريتات الزنك 99% بالتراكيز (0 و 0.4 و 0.8%) والأرضي بمركب كبريتات الزنك بالتراكيز (0، 1، 2، 4 كغ/هكتار) في نبات فول الصويا بالنسبة للصنف Arisoy، أن هناك فروق معنوية في كل من عدد البذور في القرون ونسبة الزيت لإضافة الزنك للتربة عند التراكيز (2 كغ/هـ)، وعلى العكس لم يكن هناك أية فروق معنوية في كل من ارتفاع النبات وعدد القرون عند رش كبريتات الزنك ورقياً.

في دراسة [14] حول تأثير تطبيق كبريتات الزنك المائية 99% في بذور نبات الماش بالتراكيز (ماء نقي، 0.04%، 0.05%، 0.06%) فقد أعطت زيادة معنوية في كل من ارتفاع النبات وعدد الأفرع وعدد البذور على النبات ووزن النبات ووزن المئة بذرة ونسبة البروتين عند التركيز 0.05%.

قام [15] بدراسة أثر كل من العناصر الصغرى (زنك، حديد، منغنيز) في نبات فول الصويا بالتراكيز (0، 20، 40 كغ/هكتار) و (0، 25، 50 كغ/هكتار) و (0، 20، 40 كغ/هكتار) على الترتيب، حيث تم الحصول على زيادة كل من عدد القرون وعدد البذور عند تطبيق تركيز الزنك 20 كغ/هكتار والحصول على زيادة في وزن المئة بذرة عند تطبيق التركيز 40 كغ/هكتار.

بينت نتائج [16] في دراستهم لأثر الرش الورقي لكل من العناصر (الحديد+الزنك)، (المنغنيز+حديد) (البورن)، (زنك+منغنيز+بورون) على صفات نبات فول الصويا، الحصول على زيادة في الفروق المعنوية في كل من ارتفاع النبات وعدد الأفرع

وعدد القرون ووزن المئة بذرة ومحتوى الزيت ومحتوى البروتين عند الرش بـ (الزنك+ المنغنيز + البورون).

أكد [17] في دراسته لتأثير الرش الورقي والأرضي لكل من الزنك والحديد في كل من الصفات الكمية والنوعية لصنفين من نبات فول الصويا، التوصل إلى النتائج التالية وهي زيادة في كل من ارتفاع للنبات والغلة الحبية عند تطبيق الرش بعنصر الحديد ورقياً والزنك أرضياً، بتركيز (0.002 و 30 كغ/هكتار على الترتيب)، وتم زيادة عدد البذور على النبات وبالتالي الغلة الحبية ودليل الحصاد ومحتوى البروتين عند تطبيق اضافة الزنك بالتركيز (30 كغ/هكتار) ارضياً، اما نسبة الزيت فازداد عند تطبيق الحديد والزنك ارضياً عند التركيز (20 + 30 كغ/هكتار على الترتيب) وبالرش الورقي بالزنك عند التركيز (0.003).

2- مبررات البحث:

نظراً لأهمية نبات فول الصويا الغذائية لكل من الإنسان والحيوان، و الصناعية من خلال دخوله في العديد من الصناعات الغذائية، كان لابد من البحث عن الدور الايجابي لأوكسيد الزنك المعدني والتعرف على التركيز الأمثل والموعد الأفضل لإضافته ومعرفة أثر ذلك على كل من الصفات المورفولوجية والفيزيولوجية لنبات فول الصويا.

وجاءت أهمية هذا البحث من أجل التوسع بزراعة محصول فول الصويا في سورية وضرورة التغلب على بعض المشاكل التي تعيق تطوره وفي مقدمتها اختيار الصنف المناسب للزراعة ومعرفة المغذيات المناسبة التي تؤثر مورفولوجيا وفيزيولوجياً على النبات.

3- هدف البحث:

تحديد المستويات السمادية لأوكسيد الزنك المعدني المؤثرة ايجابيا على بعض الصفات المورفولوجية والفيزيولوجية لصنفين من نبات فول الصويا (*Soybean*) ضمن مدينة حمص.

4- مواد البحث وطرائقه :Materials and Methods

أ- موقع التجربة:

نفذت التجربة الحقلية في أحد الحقول التابعة لمركز البحوث العلمية الزراعية في حمص الذي يقع شمال مدينة حمص ويرتفع /497/ عن سطح البحر ويمتد على خط طول 36.74 درجة وعلى خط عرض 34.75 درجة خلال الموسم الزراعي لعام 2022 بمساحة إجمالية قدرها 400 م². ويوضح الجدول رقم (1) الظروف المناخية السائدة في موقع الدراسة

جدول رقم (1) الظروف المناخية السائدة في موقع تنفيذ التجربة

الشهر	درجة الحرارة الصغرى (م)	درجة الحرارة العظمى (م)	الرطوبة النسبية %	معدل الهطول المطري (مم)
أيار	14.64	27.29	36.48	0
حزيران	18.07	30.01	33.57	0
تموز	22.20	34.40	34.90	0
آب	22.08	33.27	36.87	0
أيلول	22.17	35.91	25.97	10.04
تشرين الأول	17.37	31.38	24.36	27.5
تشرين الثاني	9.48	19.47	56	30
كانون الأول	5.48	14.48	95.65	31

(المحطة المناخية لمركز البحوث العلمية الزراعية بحمص 2022).

التربة حمراء طينية، وقد تم تحليلها لمعرفة خصائصها وفق الجدول (2) والذي يبين خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية (التربة قاعدية جيدة المحتوى بالمادة العضوية غنية بالأزوت، فقيرة المحتوى بالفوسفور متوسطة المحتوى بالبوتاسيوم، فقيرة المحتوى بالزنك)

جدول رقم (2) يبين الخصائص الفيزيائية والكيميائية لتربة الموقع المدروس.

كربونات الكالسيوم Ca CO ₃	حموضة التربة pH	الزنك %	البوتاسيوم المتاح PPM	الفوسفور المتاح PPM	النتروجين المتاح PPM	المادة العضوية	قوام التربة	المجموعة الميكانيكية المكونة لقوام التربة %		
								رمل %	سلت %	طين %
%19	8.02	1.8	226.75	6.4	41.44	1.75	طينية	60	14	26

ب- المادة التجريبية:

تم دراسة صنفين من فول الصويا هما Sb 239 و Ascro3803 تم الحصول عليهما من الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية. وقد تميز كل منهما بما يلي:

الصنف **Sb239**: عدد الأيام اللازمة للنضج الكامل هو 139 يوم، ارتفاع ساقه 101سم، و إنتاجيته 4 طن/هكتار.

الصنف **ASCRO383**: عدد الأيام اللازمة للنضج الكامل 120 يوم، ارتفاع ساقه 90 سم، وإنتاجيته تراوحت ما بين 3-5 طن/هكتار.

ت- المعاملات السمادية:

تم استخدام أربعة مستويات مختلفة من مركب أكسيد الزنك المعدني المخبري هي (0، 1، 2، 3) غ / ل ورمز لها ب Zn₀, Zn₁, Zn₂, Zn₃ على الترتيب وبواقع رشتان

الاولى قبل الازهار والثانية بعد 20 يوم من الرشة الأولى وفق الجدول رقم (4) الذي يوضح مستويات السماد وتراكيز الرش.

جدول رقم (3) يوضح لمعاملات السمادية وتراكيز المحلول السمادي غ/ل.

رمز المعاملة	المعاملات السمادية	تراكيز محلول الرش (غ / ل)
Zn ₀	0% شاهد بدون إضافة	0
Zn ₁	50% من النشرة المرفقة مع السماد	1
Zn ₂	100% من النشرة المرفقة مع السماد	2
Zn ₃	150% من النشرة المرفقة مع السماد	3

ث- الصفات المدروسة:

- *- ارتفاع النبات في مرحلتي الازهار و النضج (سم).
- *- المساحة الورقية في مرحلتي الازهار و النضج (سم²).
- *- محتوى الكلورفيل في مرحلتي الازهار و النضج.
- *- محتوى البذور من البروتين %.
- *- محتوى البذور من الزيت %.

ج- طريقة التنفيذ الحقلية:

تم حراثة أرض التجربة حراثتان متعامدتان باستخدام المحراث المطرحي القلاب بعمق 30سم، ثم تعميمها باستخدام المحراث القرصي، وتسوية التربة آلياً وتقسيمها إلى قطع تجريبية بأبعاد 3x2 = 6 م²، ضمت كل قطعة تجريبية أربعة خطوط بطول 3م بمسافة بين الخط والآخر 50سم، وزرعت البذور في حفر بمسافة (20) سم بين الحفرة والأخرى، بمعدل 3 بذرة في الحفرة، وتركت مسافة 1م بين كل قطعة تجريبية وبين كل مكرر وآخر كممرات خدمة. تم زراعة القطع التجريبية ببذور فول الصويا من الصنفين (Sb 239, ASCRO3803) بتاريخ 2022/5/25 وتم زراعة خطين على محيط التجربة كمنطقة حماية من نفس الصنفين المدروسين.

تم ري القطع التجريبية بعد الزراعة مباشرة بطريقة الري بالرذاذ بعدها استمر الري حسب حاجة النبات.

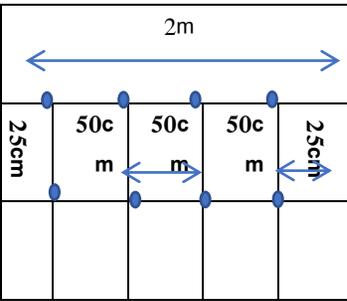
دراسة بعض المؤشرات الشكلية والفيزيولوجية لأثر أكسيد الزنك في نبات فول الصويا في ظروف محافظة حمص

تم إضافة الأسمدة المعدنية (NPK) حسب المعادلة السمادية الموصى بها من قبل الهيئة العامة للبحوث الزراعية بعد اجراء عملية تحليل التربة (N:10,P:30,K:10)كغ/دونم.

تم التعشيب اليدوي لإزالة الأعشاب الضارة ، و المكافحة كلما دعت الحاجة لذلك.

ح- تصميم التجربة:

صممت التجربة وفق تصميم القطاعات المنشقة من الدرجة الأولى وبثلاثة مكررات لكل معاملة. وكان عدد القطع التجريبية كالتالي(4 معاملات x 3 مكررات x 2 صنف = 24 قطعة تجريبية) وتم تحليل البيانات باستخدام برنامج الـ GenStat12 وتقدير قيمة أقل فرق معنوي (L.S.D) عند مستوي احتمالية 5% وحساب معامل التباين CV حسب المؤشر المدروس وتم تقدير قيمة أقل فرق معنوي (L.S.D) لكل من الزيت والبروتين والكلوروفيل عند مستوي احتمالية 1%.



M1 المكرر الأول موقع البذرة

	M3		M2		M1		M3		M2		M1	
	1m	2m	1 m	2m	1m	2m	1m	2m	1m	2m	1m	2m
نطاق حماية												
نطاق حماية	Zn0	ممر خدمة	Zn1	ممر خدمة	Zn2	ممر خدمة	Zn0	ممر خدمة	Zn1	3m	Zn2	نطاق حماية
	Zn1		Zn2		Zn3		Zn1		Zn3			
	Zn2		Zn3		Zn0		Zn3		Zn0			
	Zn3		Zn0		Zn1		Zn0		Zn1			
نطاق حماية												
	Ascro 3808						Sb 239					

6- النتائج والمناقشة:

6-1- أثر الرش بسماد أكسيد الزنك في ارتفاع النبات في مرحلة الإزهار (سم):

من الجدول رقم (4) يتضح لنا وجود فروق معنوية بين المستويات السمادية المدروسة عند الرش بسماد أكسيد الزنك المعدني وأثر ذلك في ارتفاع النبات في مرحلة الإزهار مقارنة بالشاهد حيث بلغ متوسط ارتفاع النبات (32.17، 41.00، 35.17) للصنفين المدروسين عند التراكيز السمادية المعاملة (Zn₃-Zn₂-Zn₁) على التوالي وبنسبة زيادة مقدارها (17.70-50.01-28.68) % مقارنة بالشاهد الذي وصل ارتفاعه إلى 27.33 سم، ووصل أعلى ارتفاع عند التركيز Zn₂ لكل من الصنفين المدروسين (Sb239 - Ascro3803) على الترتيب (44.33-37.67) وبنسبة زيادة معنوية قدرها (56.47 - 43.06) % على التوالي، وبالتالي يكون التركيز Zn₂ قد حقق أعلى ارتفاع بالنسبة للصنفين مقارنة مع كافة التراكيز المدروسة وتفوق متوسط الصنف Sb239 بالنسبة لكافة التراكيز على الصنف Ascro3803.

جدول رقم (4) يوضح أثر الرش بسماد أكسيد الزنك في ارتفاع النبات في مرحلة الإزهار (سم).

متوسط الصنفين عند المعاملات المدروسة (g)	تركيز المحلول (C) غ / لتر				التسميد الصنف
	Zn ₃	Zn ₂	Zn ₁	Zn ₀	
35.5 ^a	36.00	44.33	33.67	28.33	Sb239
32.25 ^{ab}	34.33	37.67	30.67	26.33	Ascro3803
33.875	35.17 ^b	41.00 ^a	32.17 ^{bc}	27.33 ^c	متوسط (C)
g*c=8.043 c=5.687 g=4.022				L.S.D(0.05)	
13.5				CV%	

6-2- أثر الرش بسماد أكسيد الزنك في ارتفاع النبات في مرحلة النضج(سم):

يبين الجدول رقم (5) وجود فروق معنوية بين المستويات السمادية المدروسة عند الرش بسماد أكسيد الزنك المعدني وأثر ذلك في ارتفاع النبات في مرحلة النضج مقارنة بالشاهد حيث بلغ متوسط ارتفاع النبات (67.3، 74.7، 68.3) للصنفين المدروسين عند التراكيز السمادية المعاملة (Zn3-Zn2-Zn1) على التوالي وبنسبة زيادة مقدارها (17.04-29.91-18.78) % مقارنة بالشاهد الذي وصل ارتفاعه إلى 57.5 سم، ووصل أعلى ارتفاع عند التركيز Zn2 لكل من الصنفين المدروسين (Sb239 - Ascro3803) على الترتيب (69.7-79.7) و بنسبة زيادة معنوية قدرها (35.08-24.46) % على التوالي، وبالتالي يكون التركيز Zn2 قد حقق أعلى ارتفاع بالنسبة للصنفين مقارنة مع كافة التراكيز المدروسة وتكون متوسط الصنف Sb239 بالنسبة لكافة التراكيز على الصنف Ascro3803.

جدول رقم (5): يوضح أثر الرش بسماد الزنك في ارتفاع النبات في مرحلة النضج (سم).

متوسط الصنفين عند المعاملات المدروسة (g)	تركيز المحلول (C) غ / لتر				التسميد الصنف
	Zn3	Zn2	Zn1	Zn0	
68.8 ^a	70.0	79.7	69.7	59.0	Sb239
65.1 ^{ab}	66.7	69.7	65.0	56.0	Ascro3803
66.95	68.3 ^{ab}	74.7 ^a	67.3 ^b	57.5 ^c	متوسط (C)
g*c=9.80 c=6.93 g=4.90				L.S.D(0.05)	
8.4				C.V%	

6-3- أثر الرش بسماد أكسيد الزنك في المساحة الورقية في مرحلة الإزهار (سم²):

من الجدول رقم (6) يتضح لنا وجود فروق معنوية بين المستويات السمادية المدروسة عند الرش بسماد أكسيد الزنك المعدني وأثر ذلك في المساحة الورقية في مرحلة الإزهار مقارنة بالشاهد حيث بلغ متوسط المساحة الورقية للنبات (545، 950، 797) للصنفين المدروسين عند التراكيز السمادية المعاملة (Zn₃-Zn₂-Zn₁) على التوالي وبنسبة زيادة مقدارها (24.42-116.89-81.96) % مقارنة بالشاهد الذي وصلت المساحة الورقية فيه إلى 438 سم، ووصلت أعلى مساحة ورقية عند التركيز Zn₂ لكل من الصنفين المدروسين (Sb239 - Ascro3803) على الترتيب (843-1057) و بنسبة زيادة معنوية قدرها (110.75 -122.52) % على التوالي، وبالتالي يكون التركيز Zn₂ قد حقق أعلى ارتفاع بالنسبة للصنفين مقارنة مع كافة التراكيز المدروسة وتفوق متوسط الصنف Sb239 بالنسبة لكافة التراكيز على الصنف Ascro3803.

جدول رقم (6) يوضح أثر الرش بسماد أكسيد الزنك في المساحة الورقية في مرحلة الإزهار (سم²).

متوسط الصنفين عند المعاملات المدروسة (g)	تركيز المحلول (C) غ / لتر				التسميد الصنف
	Zn ₃	Zn ₂	Zn ₁	Zn ₀	
750 ^a	878	1057	591	475	Sb239
614 ^{ab}	716	843	498	400	Ascro3803
682	797 ^b	950 ^a	545 ^c	438 ^d	متوسط (C)
g*c=95.9 c=67.8 g=48.0				L.S.D(0.05)	
8.0				C.V%	

6-4- أثر الرش بسماد أكسيد الزنك في المساحة الورقية في مرحلة النضج (سم²):

من الجدول رقم (7) يتضح لنا وجود فروق معنوية بين المستويات السمادية المدروسة عند الرش بسماد أكسيد الزنك المعدني وأثر ذلك في المساحة الورقية في مرحلة النضج مقارنة بالشاهد حيث بلغ متوسط المساحة الورقية للنبات (888، 1587، 1354) للصفين المدروسين عند التراكيز السمادية المعاملة (Zn₃-Zn₂-Zn₁) على التوالي وبنسبة زيادة مقدارها (28.69-130-96.23) % مقارنة بالشاهد الذي وصلت المساحة الورقية فيه إلى 690 سم، ووصلت أعلى مساحة ورقية عند التركيز Zn₂ لكل من الصفين المدروسين (Sb239 - Ascro3803) على الترتيب (1734-1439) و بنسبة زيادة معنوية قدرها (147.71-111.92) % على التوالي، وبالتالي يكون التركيز Zn₂ قد حقق أعلى ارتفاع بالنسبة للصفين مقارنة مع كافة التراكيز المدروسة وتفوق متوسط الصنف Sb239 بالنسبة لكافة التراكيز على الصنف Ascro3803.

جدول رقم (7) يوضح أثر الرش بسماد أكسيد الزنك في المساحة الورقية في مرحلة النضج.

متوسط الصفين عند المعاملات المدروسة (g)	تركيز المحلول (C) غ / لتر				التسميد الصف
	Zn ₃	Zn ₂	Zn ₁	Zn ₀	
1238 ^a	1568	1734	949	700	Sb239
1021 ^b	1140	1439	827	679	Ascro3803
1129.5	1354 ^b	1587 ^a	888 ^c	690 ^d	متوسط (C)
g*c=248.8 c=175.9 g=124.4				L.S.D(0.05)	
12.6				C.V%	

من الجدول رقم 4-5-6-7 نلاحظ بأن الزيادة في كل من ارتفاع النبات والمساحة الورقية للنبات في كل من مرحلة الأزهار والنضج مقارنة مع الشاهد تعود للدور الفعال

لعنصر الزنك ودخوله في العديد من العمليات الحيوية للنبات كعملية التركيب الضوئي، إضافة لدوره في تكوين الحمض الأميني التريبتوفان الضروري لاستطالة الخلايا والتي تؤثر إيجابياً على زيادة ارتفاع النبات كما لوحظ وجود علاقة طردية في زيادة المساحة الورقية حتى المستوى Zn2 وذلك بسبب أيضاً دور الزنك في زيادة العمليات الفيزيولوجية والتمثيل الضوئي وكونه يدخل في تركيب الأحماض النووية الضرورية لانقسام الخلايا والذي أدى بدوره إلى زيادة عدد الخلايا في الأوراق وبالتالي زيادة المساحة الورقية للنبات وظهر تفوق المستوى Zn2 (2 غ/ لتر) على جميع المستويات وهذا يدل على أنه المستوى الأفضل الذي يحتاجه النبات. وهذا يتفق مع دراسات كل من [22-21-21-12-19-18-20] الذين أكدوا الأثر الإيجابي للرش بأوكسيد الزنك على النبات.

5-6- أثر الرش بسماد أوكسيد الزنك في محتوى الكلوروفيل a في مرحلة الإزهار والنضج):

جدول رقم (8) يوضح أثر الرش بسماد أوكسيد الزنك في محتوى الكلوروفيل a في مرحلة الإزهار والنضج.

مرحلة النضج					مرحلة الإزهار					التسميد الصف
متوسط الصفين عند المعاملات. (g)	تركيز المحلول غ / لتر				متوسط الصفين عند المعاملات (g)	تركيز المحلول غ / لتر				
	Zn ₃	Zn ₂	Zn ₁	Zn ₀		Zn ₃	Zn ₂	Zn ₁	Zn ₀	
14.63 ^a	20.29	14.09	13.56	10.60	7.66 ^a	9.68	9.34	8.04	3.58	Sb239
12.79 ^b	17.50	13.42	11.52	8.72	6.79 ^{ab}	9.04	8.07	6.94	3.12	Ascro3803
13.71	18.90 ^a	13.76 ^b	12.54 ^b	9.66 ^c	7.22	9.36 ^a	8.71 ^a	7.49 ^a	3.35 ^b	المتوسط (C)
	g*c=1.84 c=1.30 g=0.92					g*c=4.109 c=2.905 g=2.054				L.S.D(0.01)
	7.7					32.5				C.V%

من الجدول رقم (8) يتضح لنا وجود فروق معنوية بين المستويات السمادية المدروسة عند الرش بسماد أوكسيد الزنك المعدني وأثر ذلك في محتوى الكلوروفيل a في مرحلة

الإزهار مقارنة بالشاهد حيث بلغ متوسط محتوى الكلوروفيل للنبات (7.49، 8.71، 9.36) للصنفين المدروسين عند التراكيز السمادية المعاملة (Zn3-Zn2-Zn1) على التوالي وبنسبة زيادة مقدارها (123.58-160-179.40) % مقارنة بالشاهد الذي وصلت المساحة الورقية فيه إلى 3.35 ، ووصلت أعلى محتوى الكلوروفيل a في مرحلة الإزهار عند التركيز Zn3 لكل من الصنفين المدروسين (Ascro3803 - Sb239) على الترتيب (6.79-9.68) و بنسبة زيادة معنوية قدرها(113.96-117.62) % على التوالي، وبالتالي يكون التركيز Zn3 قد حقق أعلى محتوى الكلوروفيل a في مرحلة الإزهار بالنسبة للصنفين مقارنة مع كافة التراكيز المدروسة وتفق متوسط الصنف Sb239 بالنسبة لكافة التراكيز على الصنف Ascro3803.

أما بالنسبة لأثر الرش بسماد أكسيد الزنك في محتوى الكلوروفيل a في مرحلة والنضج نجد وجود فروق معنوية بين المستويات السمادية المدروسة عند الرش بسماد أكسيد الزنك المعدني وأثر ذلك في محتوى الكلوروفيل a في مرحلة النضج مقارنة بالشاهد حيث بلغ متوسط محتوى الكلوروفيل للنبات (12.54، 13.76، 18.90) للصنفين المدروسين عند التراكيز السمادية المعاملة (Zn3-Zn2-Zn1) على التوالي وبنسبة زيادة مقدارها (29.81-42.44-95.65) % مقارنة بالشاهد الذي وصلت محتوى الكلوروفيل فيه إلى 9.66، ووصلت أعلى محتوى الكلوروفيل a في مرحلة النضج عند التركيز Zn3 لكل من الصنفين المدروسين (Ascro3803 - Sb239) على الترتيب (20.29-17.5) و بنسبة زيادة معنوية قدرها(91.41-100.68) % على التوالي، وبالتالي يكون التركيز Zn3 قد حقق أعلى محتوى الكلوروفيل a في مرحلة النضج بالنسبة للصنفين مقارنة مع كافة التراكيز المدروسة وتفق متوسط الصنف Sb239 بالنسبة لكافة التراكيز على الصنف Ascro3803.

6-6- أثر الرش بسماد أكسيد الزنك في محتوى الكلوروفيل b في مرحلة الإزهار والنضج):

جدول رقم (9) يوضح أثر الرش بسماد أكسيد الزنك في محتوى الكلوروفيل b في مرحلة الإزهار والنضج.

مرحلة النضج					مرحلة الإزهار					التسميد الصف
متوسط الصفين عند المعاملات (g)	تركيز المحلول غ / لتر				متوسط الصفين عند المعاملات (g)	تركيز المحلول غ / لتر				
	Zn ₃	Zn ₂	Zn ₁	Zn ₀		Zn ₃	Zn ₂	Zn ₁	Zn ₀	
3.01 ^a	5.40	3.37	1.58	1.68	1.59 ^a	2.49	1.92	1.25	0.73	Sb239
2.47 ^{ab}	4.40	2.69	1.24	1.56	1.43 ^{ab}	2.29	1.82	0.90	0.72	Ascro3803
2.74	4.90 ^a	3.03 ^b	1.41 ^c	1.62 ^c	1.51	2.39 ^a	1.87 ^a	1.07 ^b	0.72 ^b	المتوسط (C)
g*c=1.278 c=0.904 g=0639					g*c=1.034 c=0.731 g=0.517					L.S.D(0.01)
26.6					39.0					C.V%

من الجدول رقم (9) يتضح لنا وجود فروق معنوية بين المستويات السمادية المدروسة عند الرش بسماد أكسيد الزنك المعدني وأثر ذلك في محتوى الكلوروفيل b في مرحلة الإزهار مقارنة بالشاهد حيث بلغ متوسط محتوى الكلوروفيل للنبات (1.87، 1.07، 2.39) للصفين المدروسين عند التراكيز السمادية المعاملة (Zn₃-Zn₂-Zn₁) على التوالي وبنسبة زيادة مقدارها (48.61-159.72-231.94) % مقارنة بالشاهد الذي وصل محتوى الكلوروفيل فيه إلى 0.72 ، ووصلت أعلى محتوى الكلوروفيل b في مرحلة الإزهار عند التركيز Zn₃ لكل من الصفين المدروسين (Sb239 - Ascro3803) على الترتيب (2.29-2.49) وبنسبة زيادة معنوية قدرها (241.09-218.05) % على التوالي، وبالتالي يكون التركيز Zn₃ قد حقق أعلى محتوى

الكلوروفيل b في مرحلة الإزهار بالنسبة للصنفين مقارنة مع كافة التراكيز المدروسة وتكون متوسط الصنف Sb239 بالنسبة لكافة التراكيز على الصنف Ascro3803.

أما بالنسبة لأثر الرش بسماد أكسيد الزنك في محتوى الكلوروفيل b في مرحلة النضج نجد وجود فروق معنوية بين المستويات السمادية المدروسة عند الرش بسماد أكسيد الزنك المعدني وأثر ذلك في محتوى الكلوروفيل b في مرحلة النضج مقارنة بالشاهد حيث بلغ متوسط محتوى الكلوروفيل للنبات (1.41، 3.03، 4.90) للصنفين المدروسين عند التراكيز السمادية المعاملة (Zn3-Zn2-Zn1) على التوالي وبنسبة زيادة مقدارها (-) 12.96-87.03-202.46 % مقارنة بالشاهد الذي وصلت المساحة الورقية فيه إلى 1.62، ووصلت أعلى محتوى الكلوروفيل b في مرحلة النضج عند التركيز Zn3 لكل من الصنفين المدروسين (Ascro3803 - Sb239) على الترتيب (4.40-5.40) و بنسبة زيادة معنوية قدرها (182.05 -221.42) % على التوالي، وبالتالي يكون التركيز Zn3 قد حقق أعلى محتوى الكلوروفيل b في مرحلة النضج بالنسبة للصنفين مقارنة مع كافة التراكيز المدروسة وتكون متوسط الصنف Sb239 بالنسبة لكافة التراكيز على الصنف Ascro3803.

من الجدول رقم (8-9) نلاحظ ارتفاع المحتوى الكلورفيلي لكل من النوع a و b مع ازدياد تركيز المستوى السمادي لأوكسيد الزنك المعدني المستخدم أي وصولاً للمستوي Zn₃ وتعود هذه الزيادة لدور الزنك في عملية التركيب الضوئي والتنفس أيضاً الـ ATP [20-21] وهذا يتفق مع ابحاث كل من [23-24-25] الذين أكدوا زيادة محتوى الكلوروفيل عند رش عنصر الزنك على كل من فول الصويا وأبصال التوليب.

6-7- أثر الرش بسماد أكسيد الزنك في محتوى البذور من البروتين %:

من الجدول رقم (10) يتضح لنا وجود فروق معنوية بين المستويات السمادية المدروسة عند الرش بسماد أكسيد الزنك المعدني وأثر ذلك في محتوى البذور من البروتين مقارنة بالشاهد حيث بلغ متوسط ذلك للنبات (32.62-32.50-31.27) للصنفين المدروسين عند التراكيز السمادية المعاملة (Zn₃-Zn₂-Zn₁) على التوالي وينسبة زيادة مقدارها (6.43 -6.04-2.022) % مقارنة بالشاهد الذي وصل محتوى البذور من البروتين فيه إلى 30.65، ووصل اعلى محتوى البذور من البروتين عند التركيز Zn₂ لكل من الصنفين المدروسين (Ascro3803 - Sb239) على الترتيب (33.89-31.12)% وتفوق متوسط الصنف Ascro3803 بالنسبة لكافة التراكيز على الصنف Sb239. وهذا يتفق مع دراسة [14] لأثر الزنك المعنوية في زيادة نسبة البروتين، لأنه يلعب دورا هاما في تنشيط الانزيمات المسؤولة على نقل نواتج التمثيل الغذائي إلى اماكن تخزينها في اليذور.

جدول رقم (10) يوضح أثر الرش بسماد أكسيد الزنك في محتوى البذور من البروتين %.

متوسط الصنفين عند المعاملات المدروسة (g)	تركيز المحلول (C) غ / لتر				التسميد الصنف
	Zn ₃	Zn ₂	Zn ₁	Zn ₀	
29.90	30.80	31.12	29.20	28.50	Sb239
33.61	34.44	33.89	33.34	32.80	Ascro3803
31.75	32.62	32.50	31.27	30.65	متوسط (C)
c=1.18 g=1.67 g*c=1.971				L.S.D(0.01)	
3				C.V%	

6-8- أثر الرش بسماد أكسيد الزنك في محتوى البذور من الزيت %:

من الجدول رقم (11) يتضح لنا وجود فروق معنوية بين المستويات السمادية المدروسة عند الرش بسماد أكسيد الزنك المعدني في نسبة الزيت في البذور مقارنة بالشاهد حيث بلغت نسبة الزيت (20.7، 20.4، 20.23)% للصنفين المدروسين عند التراكيز السمادية المعاملة (Zn₃-Zn₂-Zn₁) على التوالي وبنسبة اقل من الشاهد لكلا الصنفين المدروسين (Ascرو3803 - Sb239) إذ أنه من المعروف أن هناك علاقة عكسية بين نسبة البروتين وبين نسبة الزيت فكلما زادت نسبة البروتين انخفضت نسبة الزيت وهذا ما تم ملاحظته عند التركيز Zn₂ لكلا الصنفين الذي كان عنده أعلى نسبة بالبروتين وأخفض نسبة زيت كما لوحظ ارتفاع نسبة الزيت في الصنف Sb239 مقارنة مع الصنف Ascرو3803 وهذا يتوافق مع دراسة [16].

جدول رقم (11) يوضح أثر الرش بسماد أكسيد الزنك في محتوى البذور من الزيت %.

متوسط الصنفين عند المعاملات المدروسة (g)	تركيز المحلول (C) غ / لتر				التسميد
	Zn ₃	Zn ₂	Zn ₁	Zn ₀	الصنف
20.73	20.38	20.45	20.85	21.26	Sb239
20.53	20.08	20.35	20.55	21.16	Ascرو3803
20.63	20.23	20.4	20.7	21.21	متوسط (C)
c=0.52 g=0.37 g*c=0.193				L.S.D(0.01)	
2				C.V%	

7- الاستنتاجات والتوصيات:

أدى الرش بسماد أكسيد الزنك الورقي على صنفين من فول الصويا: Sb239 و Ascro3803 المزروعين في حمص باستخدام كل من التراكيز (3-2-1-0) غ/ل، تفوق الصنف Sb239 مقارنة مع الصنف Ascro3803 والتوصل إلى الاستنتاجات التالية:

1- زيادة ارتفاع النبات و المساحة الورقية حتى التركيز (2غ/لتر) في كلا الصنفين مقارنة بالشاهد.

2- زيادة نسبة الكلورفيل مع زيادة التركيز السمادي وصولاً إلى (3غ/لتر) في كلا الصنفين مقارنة بالشاهد.

3- زيادة محتوى البروتين بالبذور وانخفاض نسبة الزيت في كلا الصنفين مقارنة بالشاهد.

المراجع العربية:

- 2- حياص، بشار، مهنا، أحمد. 2007. إنتاج محاصيل الحبوب والبقولية، كلية الزراعة، منشورات جامعة البعث. ص 294-299.
- 3- صبوح، محمود يوسف، 1992. إنتاج محاصيل صناعية منشورات جامعة دمشق.
- 4- كف الغزال، رامي، مشنطط، أحمد هيثم. 1990. المحاصيل السكرية والزيتية والتبغ، مديرية الكتب والمطبوعات، جامعة حلب ص 193-196.
- 5- لطفی، السعيد لطفی السيد فتحی. 1986. تأثير صور النتروجين ومستويات الكالسيوم المختلفة في المحاليل الغذائية على نمو وحاصل نبات الطماطم (*Lycopersicom Esculentum Mill.*) رسالة ماجستير. كلية الزراعة. جامعة بغداد.
- 20- أبو ضاحي، يوسف محمد، اليونس، مؤيد أحمد. 1988. دليل تغذية النبات، دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة الموصل، نينوى، العراق، ص 410.
- 21- الصحاف، فاضل حسين. 1989. علم تغذية النيات التطبيقي، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، جامعة بغداد، بيت الحكمة، العراق، ص 258.
- 22- غندور، جورج. 2020. أساسيات الفيزيولوجيا النباتية. منشورات جامعة البعث، كلية العلوم، قسم علم الحياة. ص 122-123.

المراجع الأجنبية:

- 6- Kazemi, M. (2013). Effect of foliar application of iron and zinc on growth and productivity of cucumber. Bull. Env. Pharmacol. Life Sci, 2(11):11- 14
- 7- Haytora, D. (2013). Review of Foliar Fertilization of some crops, Department of Horticulture, Agricultural University, Annual Review and Res. in Biol. 3(4): 455-465.
- 8- Marschner, H. 1993. Zinc uptake from soils, pp. 59-77. In: A.D. Robson (ed.), Zinc in Soils and Plants. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- 9- Singh, A., Singh, N.B., Afzal, S., Singh, T., Hussain, I., (2018). Zinc oxide nanoparticles: a review of their biological synthesis, antimicrobial activity, uptake, translocation and biotransformation in plants. J. Mater. Sci. 53 (1), 185-201. <https://doi.org/10.1007/s10853-017-1544-1>.
- 10- Yruela, I., (2015). A handbook of plant nutrition-2nd edition. Estación Experimental de Aula Dei, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (EEAD-CSIC), Avda. Montañana 1005, 50059-Zaragoza, Spain.

- 11- Cakmak, I., Torun, B., Erenoglu, B. Öztürk, L. Marschner, H. Kalayci , M., Ekiz, H., Yilmaz, A. 1998. Morphological and physiological differences in the response of cereals to zinc deficiency. Springer Link , Euphytica volume 100, pages349–357.
- 12- Weisany, W., Sohrabi, Y., Heidari, G., Siosemardeh, A., Ghassemi–Golezani. 2012. Changes in antioxidant enzymes activity and plant performance by salinity stress and zinc application in soybean (*Glycine max L.*). Plant Omics Journal 5(2): 60–67. Iran.
- 13- Acar. 2019, Yapraktan Ve Topraktan Uygulanan Çinkonun Soya Fasulyesinin (*Glycine max. L.*) Verim Ve Verim Öğeleri Üzerine Etkileri. Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- 14- Dülgerbaki, T. (2010). Maş fasulyesinde (*Phaseolus aureus L.*) farklı çinko uygulamalarının verim ve verim unsurları üzerine etkisi. Yüksek Lisans. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, Isparta.
- 15- Kabraee S., Shamsi, K., & Rasekhi, B. 2011. Effect of micronutrients application on yield and yield components of soybean. Scholars Research Library, 2 (2), 476–482. Retrieved 2016, from <http://scholaresresearchlibrary.com/archive.html>.

- 16- Abdel, E., & Haggan, L. M. (2014). Effect of micronutrients foliar application on yield and quality traits of soybean cultivars. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 7-11.
- 17- Malakooti, S. H., Majidian, M., Ehteshami, S. M., & Rabiee, M. (2017). Evaluation of iron and zinc foliar and soil application on quantitative and qualitative characteristics of two soybean cultivars. *The IIAB Journal*, 8(3), 1-7.
- 18- Mahdiehm M., Sangi, M. R., Bamdad, F., Ghanem, A., (2018). Effect of seed and foliar application of nano-zinc oxide, Zinc chelatem and zinc sulphate rates on yield and growth of pinto bean (*phaseolus vulgaris*) cultivars. *Journal of lant Nutrition*, 41(18), 2401-2412.
- 19- Makarian, H., Shojaei, H., Damarandi, A., Dehsorkhi, A. N., Akhyani, A. (2017). The effect of foliar application of zinc oxide in common and nano particles forms on some growth and quality traits of Mungbean (*Vigna radiate L.*). *Iranian Journal Pulsses Research*. 8(2), 166-180.
- 23-Palacio – Maraquez, A., R amirez – Estrada, C. A., Gutierrez – Ruelas, N. D., Sancgez, E., Ojeda – Barrios, D. L., Chavez – Mendoza, C., Arreola, J. P. S. 2021. Efficiency of foliar application of zinc oxide nanoparticles versus zinc nitrate complexed with chitosan on nitrogen assimilation, photosynthetic activity, and production of green

beans (*phaseolus vulgaris L.*). Scientia Horticulturyae. Vol 2088, 110297.

24-Rasmussen, 1974. Different Zink fertilizers for tulip. 78 (2) 183–190. (C. F. Hort. Abst. 45. Abst. No.1847).

25-Ahmad, R., Alyemeni, M., Al-Huqail, A. A., Alqahtani , M. A., Wijaya , L., Ashraf, M., Kaya, C., and BajguzM, A. 2020. Zinc Oxide Nanoparticles Application Alleviates Arsenic (As) Toxicity in Soybean Plants by Restricting the Uptake of as and Modulating Key Biochemical Attributes, Antioxidant Enzymes, Ascorbate–Glutathione Cycle and Glyoxalase System. Plants 2020, 9, 825; 2(18). doi:10.3390/plants9070825.