مجلة جامعة حمص

سلسلة العلوم الأساسية

مجلة علمية محكمة دورية

المجلد 48 . العدد 9

1448 هـ - 2026 م

الأستاذ الدكتور طارق حسام الدين رئيس جامعة حمص **المدير المسؤول عن المجلة**

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

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

تهدف المجلة إلى نشر البحوث العلمية الأصيلة، ويمكن للراغبين في طلبها الاتصال بالعنوان التالي:

رئيس تحرير مجلة جامعة حمص

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

. هاتف / فاكس : 2138071 31 963 ++

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

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

ISSN: 1022-467X

شروط النشر في مجلة جامعة حمص

الأوراق المطلوبة:

- 2 نسخة ورقية من البحث بدون اسم الباحث / الكلية / الجامعة) + CD / word من البحث منسق حسب شروط المجلة.
- طابع بحث علمي + طابع نقابة معلمين.
- **اذا كان الباحث طالب دراسات عليا:**

يجب إرفاق قرار تسجيل الدكتوراه / ماجستير + كتاب من الدكتور المشرف بموافقته على النشر في المجلة.

- **اذا كان الباحث عضو هيئة تدريسية:**

يجب إرفاق قرار المجلس المختص بإنجاز البحث أو قرار قسم بالموافقة على اعتماده حسب الحال.

- **اذا 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.

- **اذا 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 بالنسـبة لكليات (الآداب – الاقتصـاد– 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 17.5×25 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

ـ كتابة النص Simplified Arabic قياس 13 عادي ـ 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 للنشـر في المجلة يدل ضـمناً على عدم نشـره 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 ـ الحرف الأول من الاسم تتبعه فاصلة ـ سنة النشر ـ وتتبعها معترضة (–) عنوان الكتاب ويوضع تحته خط وتتبعه نقطة ـ دار النشر وتتبعها فاصلة ـ 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:

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

مثال على ذلك:

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

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

رسوم النشر في مجلة جامعة حمص

1. **دفع رسم نشر (600) ل.س ستمئة ليرة سورية عن كل بحث لكل باحث يريد نشره في مجلة جامعة البعث.**
2. **دفع رسم نشر (2000) ل.س الفا 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 (150) ل.س مئة وخمسون ليرة سورية رسم موافقة على النشر من كافة الباحثين.**

المحتوى

اسم البحث	اسم الباحث	الصفحة
تعيين النشاط المضاد للتأكسد للمستخلصات المختلفة من نبات الفاغر المسكي وتقييم الفعالية البيولوجية لزيته على بعض العوامل الممرضة المعزولة من اللحوم الحمراء المحلية.	د. زينب الحلواني	44-11
توزع الرسوبيات في المنطقة الشاطئية لمدينة جبلة	شذا نزيه حسينو أ.د. أحلام إبراهيم د. نور كيالي	72-45
اصطناع مشتق سلفوني جديد لمركب الهيدروكينون (1،4- ثنائي هيدروكسي البنزين) وفق تفاعل فريدل فريدل- كرافت	فارس غالي د. محمد كيشي	92-73
دراسة لحساب سماكة الطبقة المتأثرة بالإشعاع لمواد حاوية على عنصر الروديوم في التطبيقات النووية	ملك العلي	111-93

تعيين النشاط المضاد للتأكسد للمستخلصات المختلفة من نبات الفاغر المسكي وتقييم الفعالية البيولوجية لزيته على بعض العوامل الممرضة المعزولة من اللحوم الحمراء المحلية.

د.زينب الحلواني كلية العلوم

الملخص: أظهرت النتائج أن مردود الزيت العطري لنبات الفاغر المسكي *Lamium moschatum* قد بلغ 0,01 %، كما تبين وجود ستة أنواع من الأجناس الجرثومية (السلمونيلة *Salmonella*، والإشريكية القولونية *Escherichia coli*، والمكورات العنقودية الذهبية *Staphylococcus aureus*، والزائفة الزنجارية *Pseudomonas aeruginosa*، والكلبسيلة *Klebsiella*، والشيغلة *Shigella*). بالإضافة إلى خمائر المبيضات البيض *Candida albicans* عند اختبار اللحوم الحمراء ميكروبيولوجياً. كما بلغ تركيز الغلوكوز في الأوراق الطازجة للفاغر المسكي من خلال الإسقاط على منحني السلسلة المعيارية للغلوكوز معلوم التراكيز(25-50-75-100 PPM)، 56.96 مغ/غ، أما بالنسبة لتركيز البروتين في أوراق النبات من خلال الإسقاط على منحني السلسلة المعيارية لبروتين الكازئين بلغ (.22) مغ/غ، كما تبين باختبار DPPH تفوق النسبة التثبيطية للنبات المدروس على محلول الفيتامين C ذي التركيز 0.01 مغ /غ حيث بلغت أعلى نسبة في المستخلص المائي (73,58%). أظهرت النتائج فعالية زيت الفاغر المسكي بتراكيز(0.5–1–2–4)% على الأحياء الدقيقة المختبرة حيث بدت حساسية الكلبسيلة عالية لزيت الفاغر مقارنة بالسلالات الجرثومية الأخرى كالزائفة الزنجارية والعنقوديات الذهبية، حيث بلغ قطر هالة التثبيط 20 مم، كما بلغ قطر هالة التثبيط 14 مم عند كل من الزائفة الزنجارية *Pseudomonas aeruginosa* والمبيضات البيض*Candida albicans* ، كما أبدت السالمونيلة *Salmonella* والشيغلة*Shigella* والإشريكية القولونية *Escherichia coli* مقاومة لزيت الفاغر المسكي بتركيزي % (1 – 0.5).

الكلمات المفتاحية: الفاغر المسكي، المستخلصات النباتية، الزيت النباتي، اللحوم الحمراء، العوامل الممرضة المعزولة.

Determining the antioxidant activity of different extracts from *Lamium moschatum* and Evaluation of the Bioactivities of its oil on some pathogens isolated from local fresh Red meat.

Abstract

The results showed that the yield of essential oil of the (*Lamium moschatum*) reached 0.01%, and the presence of six types of bacterial genera was also shown (*Salmonella, Escherichia coli, Staphylococcus aureus, Pseudomonas aeruginosa, Klebsiella, and Shigella*). In addition to Candida albicans yeasts, the red meat was tested microbiologically. The glucose concentration in fresh leaves of Lamium, as projected onto the standard series glucose curve (25, 50, 75, and 100 ppm), was 56.96 mg/g. The protein concentration in the plant leaves, as projected onto the standard series casein protein curve, was 2.2 mg/g. The DPPH test showed that the inhibitory percentage of the studied plant was higher than that of a 0.01 mg/g vitamin C solution, with the highest percentage (73.58%) in the aqueous extract. The results demonstrated the effectiveness of *Lamium moschatum* oil at concentrations of 0.5%, 1%, 2%, and 4% against the tested microorganisms. *Klebsiella* showed high sensitivity to *Lamium moschatum* oil compared to other bacterial strains such as *Pseudomonas aeruginosa* and *Staphylococcus aureus*, with an inhibitory aura diameter of 20 mm. 14 mm for both *Pseudomonas aeruginosa* and *Candida albicans. Salmonella, Shigella* and *Escherichia coli* also showed resistance to *Lamium* oil at concentrations of % (0.5 - 1).

Keywords*: Lamium moschatum*, Plant extracts، Plant oil, red meat, Isolated pathogens.

المقدمة

ينتمي نبات الفاغر المسكي *Lamium moschatum* إلى الفصيلة الشفوية *Lamiaceae*، ورتبة الشفويات *Lamiales* نبات عشبي يضم نحو40 نوعاً، يوجد في المناطق المعتدلة وشبه الاستوائية في أفريقيا وآسيا وأوروبا (Ghoneim, *et al*, 2018)، يصل ارتفاعه إلى 60 سم ذو ساق مربعة مجوفة، وأوراق بيضوية مسننة وعناقيد من الأزهار البيضاء مزدوجة الشفة، ويعرف أيضاً باسم القراص الكاذب، ينتشر بجوار الأنهار وفي المناطق الرطبة، ويزهر من شباط حتى أيار، ويستخدم نبات الفاغر في الطب الشعبي كمضاد للتشنج، ومضاد للالتهابات، ومضاد للفيروسات، وتنظيم الإفرازات الدهنية، وكذلك لعلاج ارتفاع ضغط الدم، وغزارة الطمث، وسرطان الدم (Bendiksby *et al* , 2011).

يتميز الفاغر بوجود فئات مختلفة من المكونات الكيميائية، مثل حمض هيدروكسي سيناميك hydroxycinnamic acids، تربينويد terpenoids، سيكوريدويدس secoiridoids، iridoids، فلافونات flavonoids، أنثوسيانات، بيتين betaine (Yordanova *et al*, 2014). ويرتبط معظم النشاطات الحيوية لأنواع الفاغر بمكوناتها الرئيسة أي الفينولات والزيوت الأساسية (Akkol *et al*, 2008)، وتمثل البوليفينول والفلافونويد والتربينات والمشتقات الستيرويدية العديد من الأنشطة البيولوجية للفاغر (Savchenko *et al*., 2001).

اتجهت الدراسات في السنوات الأخيرة إلى التحري عن التأثير الحيوي للنباتات الطبية على الجراثيم الممرضة، وحصل الباحثون على نتائج واضحة حول تأثير المركبات الفعالة النشطة لهذه النباتات على النمو الجرثومي، وعلى الرغم من إنتاج عدد من المضادات الحيوية الجديدة صناعياً ذات التأثير الفعال في الثلاث العقود الأخيرة، إلا أن الأحياء الدقيقة الممرضة لديها القدرة على مقاومتها بشكل عام وذلك لأن لديها القدرة الوراثية لنقل واكتساب المقاومة للأدوية (Gislene *et al* ., 2000).

لقد أشار الكثير من الباحثين في مجال المضادات الطبيعية للأحياء المجهرية إلى استخدام المستخلصات النباتية لأسباب عديدة منها وفرتها وسهولة الحصول عليها، وقلة كلفتها والأهم من هذا كل هو أنها أكثر أماناً لقلة تأثيراتها الجانبية، وحيث اليوم نعيش صحوة عالمية تتجه نحو الأعشاب

الطبية إذ أثبتت الأبحاث العلمية أن كثيراً من هذه الأعشاب تحتوي مركبات علاجية مهمة وكثيراً ما يصعب أو يستحيل محاكاتها أو تركيبها معملياً. كما تلعب فعالية الزيوت الطيارة في تثبيط نمو الجراثيم العنقوديات الذهبية *Staphylococcus aureus* مقارنة بجراثيم الإشريكية القولونية *Escherichia coli* التي أوضحت تثبيطاً متوسطاً، وللفينولات دوراً مهماً في تنشيط الأنزيمات المسؤولة عن التفاعلات الأيضية الأساسية وذلك من خلال تفاعلها المتخصص مع البروتينات مما يؤدي إلى تحلل البروتين ومن ثم يؤدي إلى عدم قدرة الجراثيم بالاستمرار في النمو، وتتميز الفلافونويدات بقدرتها على تمزيق أو تفكيك الأغشية الخلوية عن طريق تكوين معقدات مع البروتينات الخارجية الموجودة بالجراثيم، أما فعالية الزيوت فقد عزت الدراسات إلى احتوائها على التربينات التي لها فعالية تثبيطية للجراثيم لأنها تعمل على تمزيق الأغشية الخلوية بواسطة المركبات المحبة للدهون.(Amaral *et al*.,1998)

يُعدّ التسمُّم الغذائي أحد أكثر مسببات المرض والموت في البلدان النامية ويمكن أن يعود ذلك للتلوث بالجراثيم سلبية الغرام، مثل: السَّلمونيلّة التيفيّة *Salmonella typhi* والإشريكيّة القولونيّة *Escherichia coli* والزائفة الزنجارية *Pseudomonas aeruginosa*، والجراثيم إيجابية الغرام، مثل: المكورات العنقودية الذهبية *Staphylococcus aureus* والعصوية الشمعية *Bacillus cereus*.

(Doughari and Pukuma 2007; Pirbalouti *et al*., 2010, Sapkota *et al*., 2012)

يمكن استعمال المواد الكيميائية الحافظة لمنع حدوث فساد المواد الغذائية وتخزينها (Yamamura *et al*., 2000)، ويتطلّب التحكُّم في العوامل الممرضة المنقولة بالأغذية استعمال تقنيات حفظ عديدة عند تصنيع المنتجات الغذائية وتخزينها؛ لذلك هناك حاجة متزايدة لمواد حافظة نشطة يمكنها إطالة العمر الافتراضي للمنتَج الغذائي بتثبيط النمو الجرثومي دون استخدام الملح والسكر التي يميل المستهلك نحو تفضيل النسب المنخفضة منها (Zink, 1997)، إلى جانب الدور السلبي للإضافات الغذائية الصنعية وظهور تأثيراتها الجانبية السلبية في الصحة ما دفع إلى تطوير بدائل طبيعية واستعمال المستخلصات والزيوت النباتية والزيوت كعوامل مضادة للجراثيم والتي هي أكثر أماناً ونشاطاً (Bialonska *et al*., 2010, Tajkarimi *et al*., 2010; Hussain *et al*., 2018)، فللزيوت الأساسية التي تتكون بالكامل من مكونات طبيعية مستخرجة من النبات ولا تحوي على مواد كيميائية صنعية خواص مضادة للجراثيم (Oussalah *et al*., 2007) وللطفيليات

(George *et al*., 2009) وللفيروسات (Astani *et al*., 2011) وللفطريات (Silva *et al*., 2011) ومضادة للأكسدة (Brenes and Roura, 2010)، مع ذلك فاستعمال الزيوت والمستخلصات النباتية كمواد حافظة للأغذية يتطلّب معرفة التركيز المثبط الأدنى Minimal Inhibition Concentration (MIC) لها.

تتعرّض منتَجات اللحوم للأكسدة لاسيما عند التخزين، ويسهّل الفرم تفاعل المؤكسدات مع الحموض الدهنية غير المشبعة وتكوين الجذور الحرة (Ibrahim *et al*., 2010; Yogesh and Ali, 2014)، وهو ما يترك أثراً سيئاً في اللون والنكهة والملمس وجودة الأغذية (Ripoll *et al*., 2011; Trefan *et al*., 2011; Vaithiyanathan *et al*., 2011)، ولحسْن الحظ فإن تطبيق مضادات الأكسدة يمنع أكسدة الدهون (Martinez-Tome *et al*., 2001)، وتستأثر النباتات بأهمية كبيرة كمضافات طبيعية (Zheng and Wang, 2001).

تأتي المكورات العنقودية الذهبية *Staphylococcus aureus* والإشريكية القولونية *Escherichia coli*، في مقدمة مسببات الأخماج الأكثر انتشاراً (Layqa *et al*., 2015; Ali Nizam and Hussain 2016)، فالذهبيّة تسبّب الإصابات الجلدية والتسمم الغذائي والالتهابات الحادة في الدم، والقولونية تسبب التهابات المسالك البولية والأمعاء والقولون، ووفقاً لبيانات معهد Broad (2010) كانت القولونية مسؤولة عن 17.3% وكانت الذهبية مسؤولة عن 18.8% من الإصابات السريرية التي تتطلب دخول المستشفى (Tiemersma *et al*., 2004).

مبررات البحث وأهدافه:

عادة ما يؤثر لون اللحم ورائحته على تقييم المستهلك لجودة اللحوم، حيث تعد أكسدة الدهون مشكلة داخلية رئيسة تؤثر في صفاته لأنها تغير لونه وتخفض من جودته. وبما أن اللحوم الحمراء أحد مصادر البروتين الغذائية الرئيسة إضافة إلى الدهون والأملاح؛ فهي أوساط لنمو مختلف الأحياء الدقيقة التي تؤدي إلى خسائر اقتصادية، إلى جانب الأضرار الناجمة عن التسمم الغذائي الذي تسببه الأحياء الدقيقة نتيجة لإفرازها السموم، مثل: جراثيم السلمونيلة *Salmonella* والإشريكية القولونية *E.coli*والعنقودية الذهبية *Staphylococcus aureus*، ومن المؤكد أن فساد اللحوم يبدأ بتأثير كل من الجراثيم وهو مايترك تأثيراً سيئاً في اللون والنكهة والملمس وجودة الأغذية، ولحسْن الحظ فإن تطبيق مضادات الأكسدة يمنع أكسدة الدهون، وتستأثر النباتات بأهمية كبيرة كمضافات طبيعية.

من هنا جاء **هدف البحث** بإيجاد مواد طبيعية مضادة للأكسدة من المستخلصات المختلفة لنبات الفاغر المسكي البري وتحديد الفعالية المضادة لزيته على بعض الجراثيم المعزولة من اللحوم الحمراء بوصفه مادة فعالة حيوياً ويمكن أن تكون بديلة للصادات الحيوية والمواد الكيميائية الصنعية التي تحدث تأثيراً سلبياً في صحة الإنسان.

المواد وطرائق العمل Materials and Methods

1. **العينات النباتية** Plant Materials

جُمعت أوراق وأزهار نبات الفاغر المسكي البري (الشكل1) المختار لتنفيذ البحث من قرية قسمين في منطقة النهر الكبير الشمالي أسفل بحيرة 16 تشرين، غربي مجرى النهر على ارتفاع نحو 100 – 170 م عن سطح البحر، على بعد 20 كم شمال شرقي اللاذقية وشمالي طريق حلب في نيسان من العام 2018، ونُقلت العينات إلى المختبر وغسلت بالماء المقطّر المعقّم، ثم جُفّفتْ على أوراق ترشيح بدرجة حرارة المختبر 25 م°.

الشكل (1). النبات المختار للدراسة في البحث: الفاغر المسكي

2. **استخلاص الزيت العطري** Extracting essential oil:

استخلص الزيت العطري من نبات الفاغر بالتقطير بالبخار باستعمال جهاز كلافنجر لمدة ساعتين بوضع 100 gr من العينة النباتية و200 ml ماء حيث يعتمد التقطير المائي على قدرة بخار الماء

حمل الزيت الأساسي وبعد الغليان تحت تأثير منبع حراري يتشبع بخار الماء بالزيت النباتي وبسبب الفرق الموجود بين كثافة الماء المقطر والزيت الأساسي يبقى الزيت طافي ويجمع الزيت في قارورة زجاجية مغلقة بإحكام وتحفظ بعيداً عن الضوء وفي درجة حرارة مابين 4–6 م° (Clevenger,1928).

3. تحضير المستخلصات النباتية Preparation of Plant Extracts

1.3 المستخلصات المائية Aqueous extracts:

وُضعت كمية من الأوراق المجفّفة سابقاً لنبات الفاغر في الحاضنة مدّة ساعتين بدرجة حرارة 37 م° للتخلّص من أي رطوبة في العينة لتسهيل طحن الأوراق (Blazekovic *et al*., 2011). طُحنت الأوراق الجافة بطاحونة كهربائية (Grinder)، وأُخذت كمية 25 غ من المسحوق ونُقعت في حوجلة سعة 500 مل بإضافة 250 مل من الماء المقطر (Khayyat *et al*., 2018) الشكل، وُضعت العينات على الرجّاج في درجة حرارة المختبر 25 °م على سرعة 170 دورة/ د، بعيداً عن الضوء مدّة 48 ساعة. رُشِّح المستخلص باستعمال ورق ترشيح واطمان Watman قطر ثقوبه 0.45 µ، وجُفِّف في حاضنة هوائية لا تتجاوز درجة حرارتها 40 °م (Mahmoudi *et al*., 2014).

2.3 المستخلصات الإتانولية والكلوروفورمية Ethanol and Chlorophormic Extracts

يتم الحصول عليها بنقع كمّية 25 غ من المسحوق النباتي في حوجلة سعة 500 مل بإضافة 250 مل من أحد المذيبات العضوية (الإتانول بتركيز 95% – الكلوروفورم) كلّ على حدا، ووُضعت في الرجّاج على سرعة 125 دورة/ د في درجة حرارة المختبر 25 °م. بعدها رُشِّح المستخلص باستعمال ورق ترشيح واطمان قطر ثقوبه 0.1 µ، ثم جرى استعمال المبخّر الدوار Rotary Evaporator تحت ضغط منخفض للتخلص من المذيب العضوي عند درجة 45 م° (Khayyat *et al*., 2018).

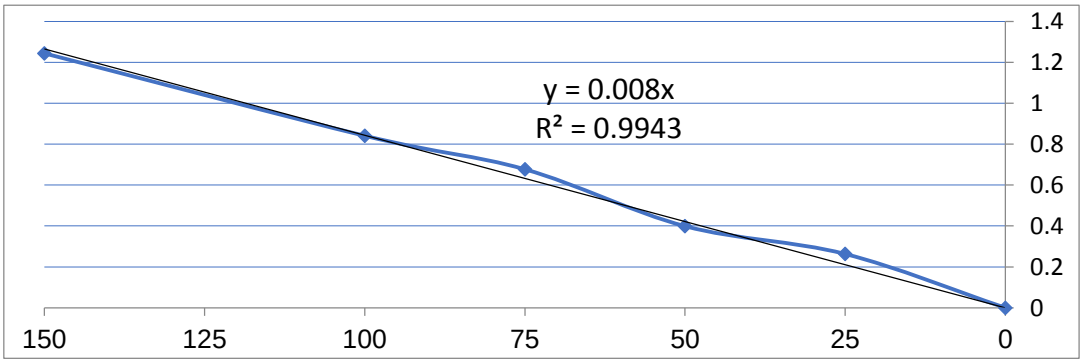
4. تحديد المواد الكيميائية Determination of Chemicals

1.4 تعيين المحتوى الكلي للسكريات Determination of total sugar content:

حيث وضع في كل أنبوب 0,1 غ من الأوراق بعد سحقها وأضيف 5 مل كحول إيتيلي تركيز 60% وثقلت الأنابيب بسرعة 2500 rpm دورة في الدقيقة لمدة 5 دقائق وأخذت الخلاصة وأضيف مرة أخرى كحول إيتيلي وكررت العملية ثلاث مرات، وأخذ المحلول الطافي في كل استخلاص وأكمل إلى 25 مل من الكحول .

أخذ 1 مل من العينة النباتية وأضيف إليها 4 مل من كاشف الأنترون الذي حضر بأخذ 0,2 g وتم حله ب 100 مل من حمض الكبريت المركز .

ووضعت الأنابيب بالحمام المائي عند درجة حرارة 95 °C لمدة 15 دقيقة وبردت بدرجة حرارة الغرفة ثم قيست الامتصاصية على جهاز المطياف الضوئي عند طول موجة 620 nm ولمعرفة تركيز السكريات الذوابة في الكحول حضر منحني معياري من سكر الغلوكوز معلوم التراكيز (25-50-75 - 100) PPM (الشكل2). قُدّرت التراكيز بعدد الميلي غرامات المكافئة للغلوكوز في 1 غ من وزن المستخلص الجاف. أجريت 3 مكررات لكل مستخلص (Andriopoulos *et al.*, 2022).

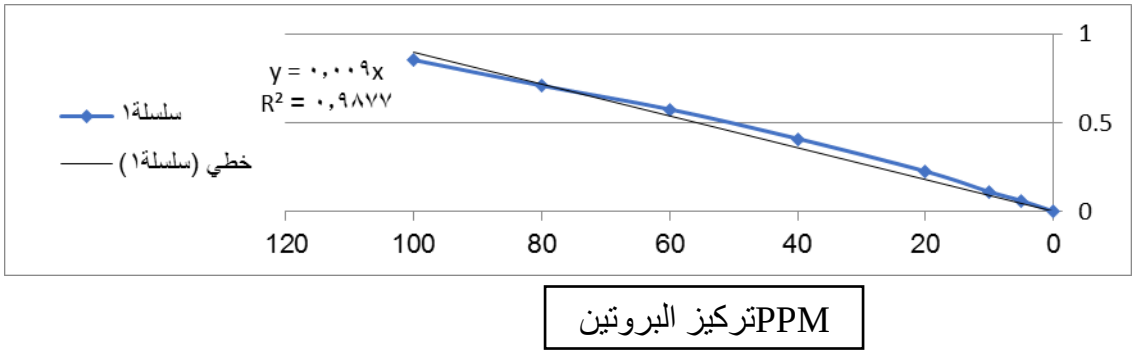


الشكل (2). المنحني العياري لسكر الغلوكوز

24. تعيين المحتوى الكلي للبروتينات Determination of total protein content:

عين المحتوى الكلي للبروتينات اعتماداً على طريقة برادفورد، التي تعتمد على تفاعل صبغة أزرق الكوماسي Coomasie Brilliant blue G-250 مع البروتينات وتشكيل معقد أزرق اللون.

يؤخذ 1 غ من عينات الورق الطازجة المقطعة ويخلط مع Poly vinyle poly pyrrolidine 25% وأربعة أحجام من المحلول الموقي الفوسفاتي (12مل) و0,1 µl من EDTA.
العينة التي تم نقعها تثفل لمدة 20 دقيقة بسرعة 4500 دورة في الدقيقة، يؤخذ 10 µl من العينة النباتية بالإضافة ل 490 µl ماء مقطر و1 مل أزرق الكوماسي .أما الشاهد 1 مل أزرق الكوماسي بالإضافة ل 500 µl ماء مقطر وتوضع العينات ضمن جهاز السبيكتروفوتوميتر وتقاس الإمتصاصية عند طول موجة 595 nm.
وحدد المحتوى الكلي للبروتينات من خلال منحني معياري لمحلول الكازئين في الماء بالتراكيز 0 إلى 120 ppm (الشكل 3)، باستعمال كاشف أزرق الكوماسي الذي يمنح الكترونات للبروتين، حيث يحدث الارتباط بين المجموعات سلبية الشحنة (زمرة سلفونيل) من الكوماسي مع المجموعات إيجابية الشحنة من البروتين، وكنتيجة للارتباط يظهر اللون الأزرق مع العلم أن هذه الروابط هي روابط فاندرفالس (Bradford, 1976).



الشكل (3). السلسلة العيارية لبروتين الكازئين

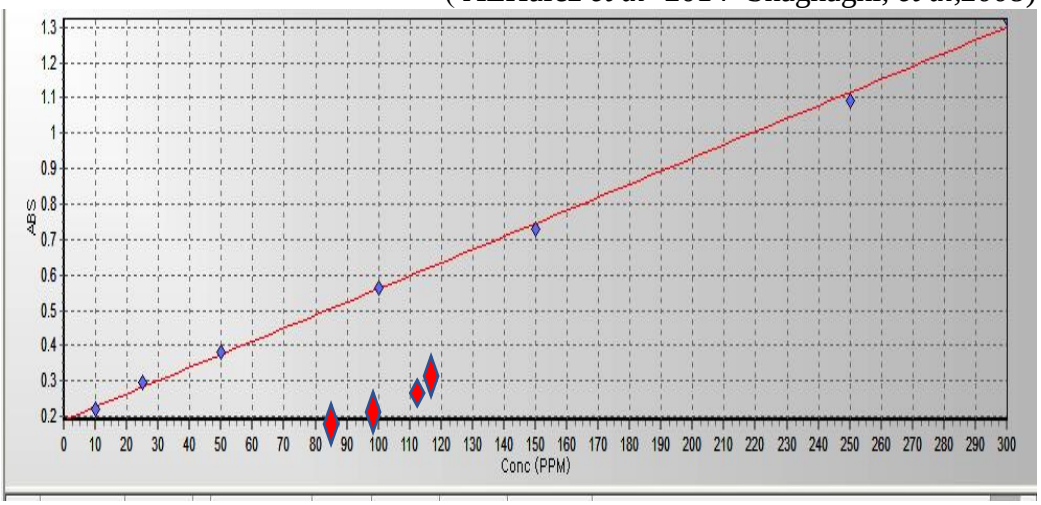
5. تعيين الفينولات الكلية للمستخلصات المائية والإيتانولية والكلوروفورمية لنبات الفاغر المسكي.

تستخدم طريقة فولين لتعيين الفينولات الكلية حيث ترجع الفينولات حمض فوسفو مولبيدات التنغستين في وسط قلوي فينتج عنه محلول أزرق اللون يقاس امتصاصه عند طول موجة 760 nm،

حيث تحدث سلسلة من تفاعلات الإرجاع بانتقال إلكترون أو اثنين من الفينولات تؤدي إلى تشكل معقدات زرقاء اللون تضم الشرسبة ($PMoW_{11}O_{40}$) (Singleton,1999).

حيث تم وضع 1000 µl من العينة الممددة بالإيتانول 70% مع 4,8 ml ماء منزوع الشوارد و 4 ml كربونات الصوديوم اللامائية (2% w/v) للمستخلصات المائية والإيتانولية و DMSO للمستخلصات الكلوروفورمية و 200 µl من كاشف فولين – سيوكالتو، مزجت جيداً ثم تركت في مكان مظلم عند درجة حرارة الغرفة لمدة ساعة قيست الإمتصاصية عند 760 نانومتر مع عينة شاهدة وعينت الفينولات الكلية بدلالة منحني عياري خطي لحمض الغاليك في الإيتانول 70 % بعدة تراكيز 125 mg/l –0 وقدرت النتائج بمكافئات من حمض الغاليك ل 1 g لمسحوق النبات الجاف (الشكل 4) .

(ALHafez *et al* ،2014؛ Shaghaghi, *et al,2008*)

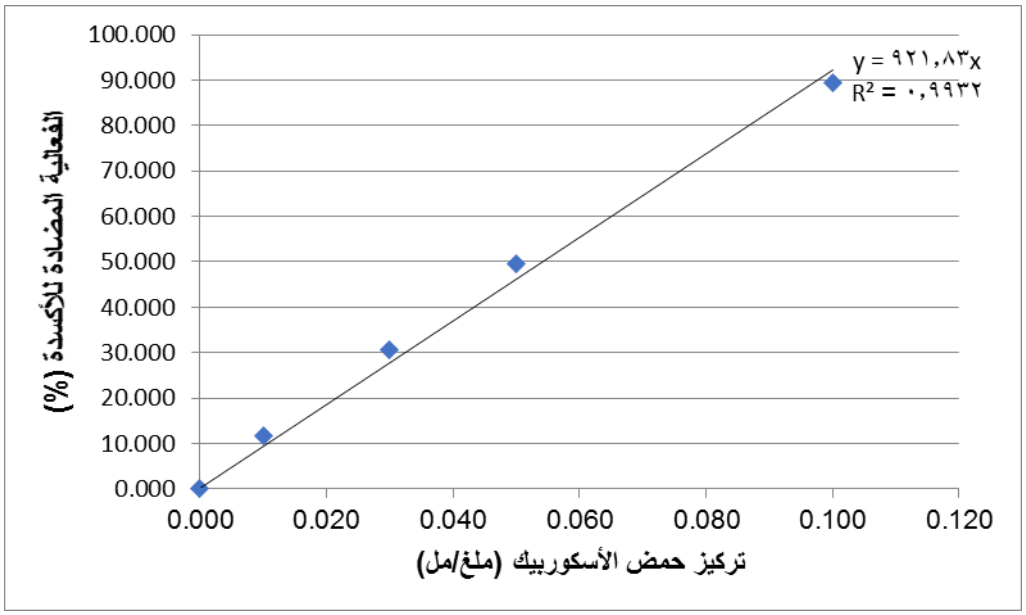


الشكل (4). المنحني العياري لحمض الغاليك لتعيين الفينولات الكلية.

6. تعيين القدرة على تثبيط الجذور الحرة لمستخلصات نبات الفاغر المسكي.

حيث يعد هذا الاختبار من أهم وأكثر الاختبارات استخداماً ويستخدم في تحديد قدرة مضادات التأكسد على تثبيط الجذور الحرة وتتم بوساطة جذر حر وثابت له لون بنفسجي في الحالة المعتدلة، ويعد تناقص قيم الامتصاصية للمزيج التفاعلي عند طول موجة 515 nm دليلاً على تزايد قدرة العينة على كبح الجذور الحرة.

أخذ 100 µl خلاصات مائية و إتانولية و كلوروفورمية للنبات بتركيز 1%، وأضيف إليها 1 مل من DPPH، أما الشاهد فيؤخذ 100 µl من الماء المقطر، وأضيف إليه 1 مل من DPPH، وقيست الامتصاصية عند طول موجة 515 nm، وكان تعيين DPPH بدلالة منحني عياري لحمض الأسكوربيك (Azaat *et al.*, 2022). درست النتائج بالمقارنة مع الفيتامين C (حمض الأسكوربيك) (الشكل5).



الشكل (5). السلسة العيارية لحمض الأسكوربيك

7. عزل الأحياء الدقيقة الممرضة Isolation of Pathogens

عُزلت الأحياء الدقيقة الممرضة من عيّنات اللحوم، بأخذ 10 عينات من لحم ذكر الغنم و10 عينات من لحم ذكر العجل من منطقة الفخذ في السوق المحلية في مدينتي دمشق وحمص من

سورية، حيث وضعت في عبوات زجاجية محكمة الإغلاق معقمة مسبقاً ونقلت إلى المخبر وتم التخزين المبرد لحين إجراء التحاليل ولمدة لم تزد عن 24 ساعة، واستُعملت الأوساط الصلبة الانتقائية للجراثيم. واستُعملت مجموعة من الأوساط الصلبة الانتقائية للجراثيم، مثل: وسط إيوزين زرقة المِثلين EMB Agar لتنمية الأمعائيات، وسط شابمان آغار Chapman Agar لتنمية العنقوديات، وسط سيترامايد آغار Cetramide Agar لعزل الزائفة الزنجارية *Pseudomonas aeruginosa* القادرة على تحرير الأمونيا، وسط دكستروز البطاطا آغار Potato Dextrose Agar PDA لتنمية خمائر المبيضات البيض *Candida albicans*، إضافة إلى وسط الآغار المغذي والمرق المغذي (APHA, 2000). تم تحديد هوية الجراثيم المعزولة من العينات بعد إجراء الاختبارات الحيوية الكيميائية اللازمة (الأُكسيداز، الكَتالاز، الإندول، أحمر المِتيل، تخمير السُّترات، فوجس بروسكاور، تحرير H_2S) اعتماداً على دليل بيرجي (Garrity *et al*., 2005).

اختُبرت حساسية الجراثيم المعزولة ومقاومتها بطريقة الانتشار القرصي، وحُدّدت الحساسية والمقاومة لبعض الصادات الحيوية بقياس هالات التثبيط على وسط مولر هنتون آغار Mueller Hinton Agar (Barker and Kehoe 1995)، واستُعملت مجموعة من الصادات الحيوية (الجدول 1) مع تحديد تركيزها في الأقراص.

الجدول1: الصادات الحيوية المستعملة، mcg.

Antibiotic	Code	Antibiotic	Code
Ampicillin/ Cioxacillin	APX: 25/5	Cefaclor	CEC: 30
Tobramycin	TOB: 10	Lincomycin	L:2
Erythromycin	E:15	Pipemidic	PI:20

8. **تحضير اللقاح الجرثومي** Preparation of bacterial Inoculum

أُجريت عملية تنمية الجراثيم المعزولة من اللحوم على وسط الآغار المغذي Nutrient Agar NA وحضنها في الدرجة 37 °م مدة 24 ساعة، ثم أُخذ جزء من مستعمرة بواسطة اللاقحة الجرثومية من كل نوع من الجراثيم، في ظروف عقيمة، إلى أنبوبة اختبار تحتوي 5 مل من المرق المغذي

Nutrient Broth، وحُضنت في درجة حرارة 37 °م مدة 4 ساعات، ثم أُجريت التمديدات المناسبة لكل نوع من الجراثيم بحيث يكون العدد الكلي للخلايا بحدود 1.5×10^8 خلية/مل والذي يكافئ هذا العدد 0,5McFarland (Anandi and Juan 2009).

9. **اختبار فعالية الزيت النباتي** Test Bioactivity of Plant oil

نُقل 0.5 مل من المعلق الجرثومي وفرش فوق وسط الاستزراع بماسحة قطنية على وسط مولر هنتون، بعد 15 دقيقة وُزِّعت الزيوت العطرية بتركيز (4-2-1-0,5) %، في حفر ضمن الآغار ووضع في كل حفرة 80 µl من الزيت ووُضعت الأطباق في البراد مدة ساعتين لانتشار المادة النشطة ضمن الوسط ، ثم حُضنت في الدرجة 37 °م مدة 24 ساعة، إن ظهور هالات التثبيط inhibition zones على الآغار دليل على تثبيط النمو الجرثومي، وقُيست أقطار هالات التثبيط بعد انتهاء عملية الحضن باستعمال أداة قياس دقيقة أو مسطرة مليمترية، أُجريت التجربة بواقع ثلاثة مكررات (Kelmanson, *et al.*, 2000).

النتائج والمناقشة Results and Discussion:

1. **مردود الزيت العطري لنبات الفاغر المسكي** ***Lamium moschatum***

بلغت نسبة مردود الزيت لنبات الفاغر المسكي 0,01 %، وهذا ما يتوافق مع نتائج الباحثين الذين أشاروا إلى أن نسبة مردود الزيت تتراوح بين 0.31 -0.01 % (Salehi *et al.*, 2019). تعزى الاختلافات في مردود الزيوت العطرية لعوامل عدة منها العوامل المناخية والجغرافية، كما تعود هذه الاختلافات أيضاً إلى طريقة استخلاص الزيت العطري ومدة الاستخلاص (Sørensen and Katsiotis, 2000)

2. **المحتوى الكلي للسكريات** Total sugar content

يفيد تعيين المحتوى الكلي من السكريات في تقدير القيمة الغذائية وكذلك العلفية للنبات، ومن المعروف أن السكريات من أهم المغذيات كونها مصدراً هاما للطاقة، حيث بلغ تركيز الغلوكوز في الأوراق الطازجة للفاغر المسكي من خلال الإسقاط على منحني السلسلة المعيارية للغلوكوز معلوم التراكيز (25-50-75-100 PPM)، 56.96 مغ/غ.

3. **المحتوى الكلي للبروتينات** Total protein content

بلغ تركيز البروتين في أوراق النبات من خلال الإسقاط على منحني السلسلة المعيارية لبروتين الكازائين (.22) مغ/غ .

4. تعيين النشاط المضاد للتأكسد للمستخلصات المختلفة للنبات المدروس

Determination of antioxidant activity of different extracts of the studied plant

- تعيين الفينولات الكلية Total Phenols (TP)
- تعيين القدرة على تثبيط الجذور الحرة

1.4 يوضح الجدول 2 نتائج قيم الفينولات الكلية TP للمستخلصات المائية والإتانولية والكلوروفورمية للنبات المدروس.

الجدول2. محتوى الفينولات الكلية في المستخلصات المائية والإتانولية والكلوروفورمية للنبات المدروس.

النبات	المحتوى الكلي للفينولات mg/g للمستخلصات		
	المائية	الإتانولية	الكلوروفورمية
Lamium moschatum	51,46 ±1,3	52.77 ± 1.8	10.51 ± 0.58

2.4 تعيين القدرة على كنس الجذور الحرة للمستخلصات النباتية

Determination of free radical scavenging capacity of plant extracts

أجري اختبار DPPH لتعيين قدرة المستخلصات المائية والإتانولية والكلوروفورمية للنبات المدروس على كنس الجذور الحرة، وحسبت نسب الكنس وقورنت النتائج بالنسب التثبيطية لفيتامين C المعروف باستعماله كمادة مرجعية لقدرته التثبيطية المرتفعة (Saha *et al.*, 2008)، وأدرجت النتائج في الجدول3.

الجدول3. مقارنة فعالية المستخلصات المختلفة المضادة للتأكسد *Lamium moschatum* مع فيتامين C .

Lamium moschatum	المائية	الإتانولية	الكلوروفورمية
	73,58 ± 3	9.4 ± 1.1	35.33 ± 0.2

فيتامين C	11.69 % بتركيز 0.01 mg /ml

أبدى جميع المستخلصات قدرة تثبيطية جيدة، وبمقارنة القدرة على تثبيط جذر DPPH بين جميع المستخلصات والفيتامين C يتبين تفوق النسبة التثبيطية للنبات المدروس على محلول الفيتامين C ذي التركيز 0.01 مغ /غ، كما أن المستخلص المائي لنبات الفاغر المسكي كان الأعلى فاعلية في تثبيط جذر DPPH، وهذا ما يتوافق مع نتائج بحث بوبينو (Bubueanu,C *et al.,* 2013).

5. الأحياء الدقيقة المعزولة من اللحوم.

يبين الجدول4 الأنواع والأجناس الجرثومية الستة التي تم عزلها عند اختبار اللحوم الحمراء ميكروبيولوجياً بالإضافة إلى خمائر المبيضات البيض *Candida albicans*، إذ عُزلت من عينات لحوم الأغنام والعجل المحلية الأجناس والأنواع الآتية: السلمونيلة *Salmonella*، والإشريكية القولونية *Escherichia coli*، والمكورات العنقودية الذهبية *Staphylococcus aureus*، والزائفة الزنجارية *Pseudomonas aeruginosa*، والكلبسيلة *Klebsiella*، والشيغلة *Shigella*.

الجدول 4. الأحياء الدقيقة المعزولة من اللحوم الحمراء من أسواق دمشق وحمص.

أنواع وأجناس الأحياء الدقيقة المعزولة المختبرة	عدد العينات الإيجابية في اللحم %	
	لحم غنم	لحم عجل
E. coli	85.71	66.66
Pseudomonas aeruginosa	57.14	33.33
Klebsiella sp.	42.85	16.66
Shigella sp.	28.57	50.00
Salmonella sp.	42.85	33.33
Staphylococcus aureus	14.28	66.66

16.66	28.57	*Candida albicans*

6 .**نتائج تحديد هوية العزلات:**

1.6 تحديد هوية العزلات تبعاً للخصائص المزرعية:

يظهر (الجدول5) والصور اللاحقة الخصائص الزرعية للنموات الجرثومية على المستنبتات النوعية والإنتقائية، إذ تم تحديد هويتها مبدئياً تبعاً لهذه الخصائص وبذلك تم عزل 6 مجاميع جرثومية صنفت كالإشريكية قولونية *E.coli* والزائفة الزنجارية *P. aeruginosa* والعنقوديات الذهبية *Staphylococcus aureus* والسلمونيلة *Salmonella* والكلبسيلة *Klebsiella* والشيغلة *Shigella* بالإضافة إلى خمائر المبيضات البيض *Candida albicans* حيث بدت مستعمرات دائرية ذات حواف ناعمة أو متموجة أحياناً وقوام كريمي طري وذات رائحة شبيهة برائحة الخميرة .

الجدول 5. نتائج زرع العزلات تبعاً للخصائص اللونية على الأوساط الزرعية

عزلات	E.coli	*P.aeruginosa*	*S.Aureus*	*salmonella*	*Shigella* sp.	*Klebsiella*
NA	م. رمادية	أخضر متفلور	م. صفراء	م. رمادية	–	—
McC	م. زهرية	شاحبة اللون	يمنع النمو	دون لون	م. صغيرة وردية	م. وردية مخاطية

SS	م. زهرية	ـــــ	يمنع النمو	م.عاتمة المركز	عديمة اللون	ـــ
EMB	م. لامعة	م.غير منتظمة	عديمة اللون	م. مسودة في المركز	كبيرة عديمة اللون	م.كبيرة وردية مع مركز أزرق
Chapman	ـــــ	ـــــ	صغيرة باهتة صفراء وغير محاطة بهالة	ـــــ	ـــــ	ـــ
Baird parker	ـــ	ـــــ	م.كبيرة سوداء محاطة بهالة شفافة	ـــــ	ـــــ	ـــــ
Mannitol	ـــ	ـــــ	م. صفراء كبيرة	ـــــ	ـــــ	ـــــ
CA	–	م. تعطي الصبغة الخضراء	ـــــ	ـــــ	ـــــ	ـــــ

م: مستعمرات ، – : عدم نمو ، **NA**:Nutrient Agar ، **McC**: MacConkey Agar،
SS: SS Agar ،**CA**: Cetramid Agar

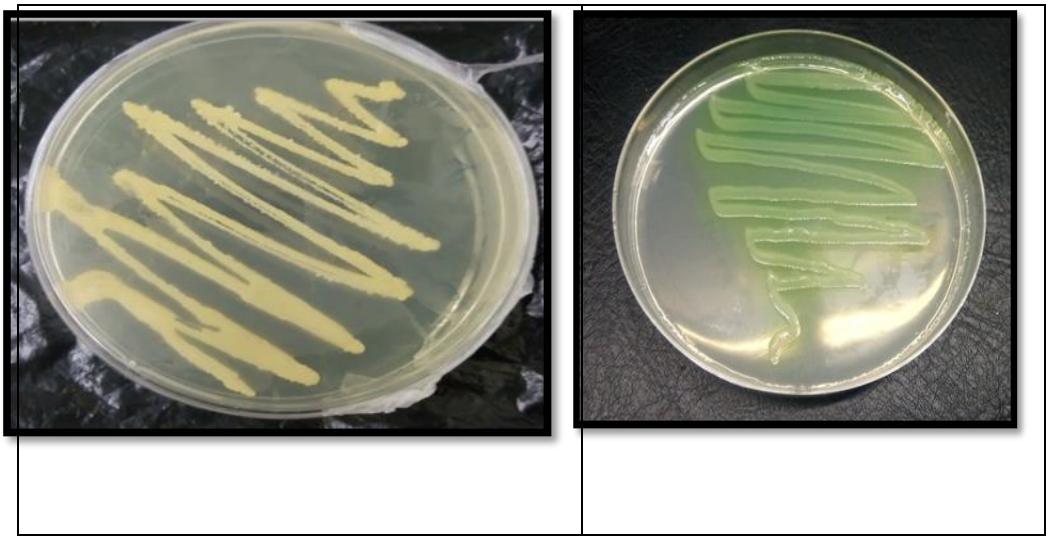
شخصت جميع العزلات اعتماداً على الصفات المظهرية للمستعمرات النامية حيث ظهرت *P. aeruginosa* على وسط آغار الماكونكي شاحبة عديمة اللون لعدم قدرتها على تخمير سكر اللاكتوز الموجود في الوسط الزرعي ولها رائحة شبيهة بالعنب المتخمر بينما ظهرت مستعمراتها بلون أخضر متفلور على وسط الآغار المغذي Nutrient Agar ، في حين ظهرت بلون أخضر لامع على وسط سيترميد آغار Cetramid Agar حيث أن *P. aeruginosa* تنتج عدداً من مخالب الحديد القابلة للذوبان في الماء بما في ذلك بيوفيردين pyoverdin الأصفر والأخضر أو البني المصفر، عندما يتحد بيوفيردين مع بيوسيانين القابل للذوبان في الماء الأزرق ، يتم إنشاء خاصية اللون الأخضر اللامع

(Aryal *et al* , 2018) من *Pseudomonas aeruginosa* كما في الشكل (6).

أظهرت نتائج الفحص الزرعي لجراثيم *Staphylococcus aureus* بأن هذه الجراثيم كونت مستعمرات دائرية لماعة غير شفافة ذات لون أصفر ذهبي على وسط الآغار المغذي، كما كانت مخمرة لسكر المانيتول على وسط آغار المانيتول الملحي الشكل (7).

ومستعمرات صغيرة ذات أصباغ باهتة صفراء وغير محاطة بهالة على وسط شابمان آغار Chapman stone Agar الشكل (8).وعلى وسط بيرد بركر Baird-Parker medium مستعمرات سوداء الشكل (9) بسبب انخفاض التيلوريت .

(AL-Sulami *et al* , 2001). .



الشكل 6. *Pseudomonas aeruginosa* معطية الصبغة الخضراء التألقية على وسط cetramid Agar	**الشكل 7. *Staphylococcus aureus* على وسط المانيتول**
الشكل8. . *Staphylococcus aureus* على وسط Chapman	**الشكل9. *Staphylococcus aureus*. على وسط Baird-Parker**

يظهر الشكل (10) نمو مستعمرات *Salmonella* على وسط آغار السلمونيلة الشيغلة SS Agar (شفافة من لون الوسط مع مركز أسود)، أما بالنسبة لمستعمرات *Shigella* لا تخمر اللاكتوز الشكل (13)، ولا تنتج غاز كبريتيد الهيدروجين لذا كانت عديمة اللون (Fung,2008) .

كما أبدت *E.coli* لمعان أخضر معدني على وسط آغار الإيوزين زرقة المتلين EMB الشكل (11) حيث أن الانخفاض السريع للرقم الهيدروجيني للآجار الناتج عن تخمر سكر اللاكتوز هو

العامل الحاسم في تكوين اللمعان ، ومستعمرات حمراء قرمزية على وسط آغار الماكونكي MacConkey Agar.

كما أظهرت نتائج زرع العزلات على وسط آغار الإيوزين زرقة المتلين EMB وجود مستعمرات كبيرة مخاطية وردية إلى إرجوانية بدون لمعان أخضر معدني أنها تعود إلى *Klebsiella* الشكل (12)(Cari Larico and Diaz Quispe ,2017) .

الشكل 10. *Salmonella* على وسط SS Agar

الشكل 11. *E.coli* على وسط EMB

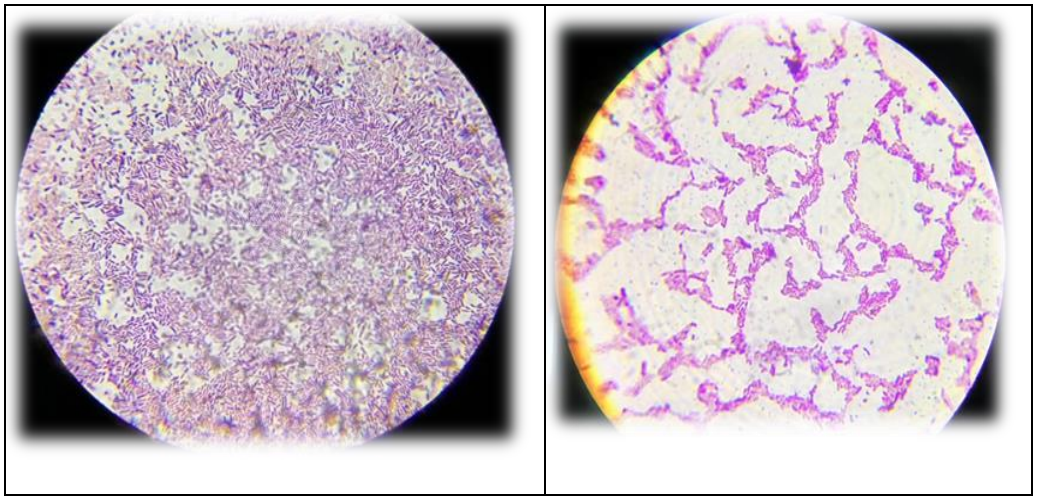
الشكل 12. *Klebsiella* على وسط EMB	**الشكل 13. *Shigella* على وسط SS Agar**

2.6 تحديد الهوية تبعاً للصبغات والفحص المجهري.

بينت نتائج أخذ المسحات الجرثومية للعزلات المختلفة وصبغها بصبغة غرام، ومن ثم فحصها تحت المجهر ومشاهدة الصفات المجهرية الشكل (14) وجود مستعمرات سلبية لصبغة غرام ضمت الإشريكية القولونية والسلمونيلة والزوائف والشيغلة والكلبسيلة، ومستعمرات إيجابية لصبغة غرام ضمت العنقوديات الذهبية واتفقت النتائج مع (Sukhadeo and Trinad ,2009 Adzitey and Huda,2010؛).

الجدول 6. تحديد هوية العزلات تحت المجهر

العزولات	*E.coli*	*P.aeruginosa*	*S. aureus*	*Salmonella*	*shigella*	*Klebsiella*	*candida*
صبغة غرام	–	–	+	–	–	–	+
الفحص المجهري	عصيات مستقيمة أطرافها مدورة، منفردة أو في سلاسل	عصيات رفيعة مستقيمة	مكورات دقيقة مدورة منتظمة عنقودياً	عصيات ثخينة طويلة	عصوية الشكل	عصيات قصيرة	خلايا مستديرة إلى بيضاوية الشكل



E.coli	*shigella*

Klebsiella	*Staphylococcus aureus*

Pseudomonas aeruginosa	*Candida albicans*

الشكل 14. تحديد هوية العزلات الجرثومية تبعاً للفحص المجهري.

3.6 تحديد الهوية تبعاً للتفاعلات الكيميائية الحيوية

تم تحديد هوية الجراثيم المعزولة بإجراء بعض الاختبارات الكيميائية المحددة للأجناس يمكن تلخيصها في (الجدول7) التالي حيث نلاحظ امتلاك جميع العزلات لأنزيم الكتلاز Catalase من خلال تكوين فقاعات غاز O_2 والماء عند تحلل بيروكسيد الهيدروجين H_2O_2 بينت نتائج الفحوصات الكيميائية سلبية جميع العزلات لاختبار الأكسيداز باستثناء الزائفة الزنجارية التي أعطت نتيجة إيجابية لاختبار أكسيدازOxidase من خلال تكوين اللون البنفسجي عند إضافة المستعمرات إلى ورق ترشيح المشبع بكاشف الأكسيداز، كما لم تتمكن العزلات من إنتاج الأندول من الحمض الأميني التربتوفان لعدم امتلاكها أنزيم التربتوفيناز ،إذ يمكن التحري عن الأندول بإضافة قطرات من كاشف Kovacs reagent فيما عدا الإشريكية القولونية التي أبدت إيجابية لاختبار الأندول (Harley, 2005).

الجدول 7. نتائج تحديد هوية العزلات السلبية والوجبة لملون غرام تبعاً للاختبارات الحيوية الكيميائية

(k) catalase , (O) oxidase , (VP) vogas proskauer ,(I) Indol , (MR)

SAC	*Glu*	*LAC*	*c*	*U*	*MR*	*I*	*VP*	*o*	*K*	
متغير	+	+	_	_	+	+	_	_	+	***E.coli***
_	+	_	_	_	+	_	_	_	+	***Salmonella***
_	-	_	+	_	_	_	_	+	+	***p.aeruginosa***
+	+	+	+	+	+	_	+	_	+	***s.aureus***
_	+	_	_	_	+		_	_	+	***shigella***
+	+	+	+	+	_	_	+	_	+	***Klebsiella***
-	+	-								***candida***

Methyle red , (U) urea (c) simmon citrate , (L) Lactose , (Glu) Glogose , (SAC) sacarose

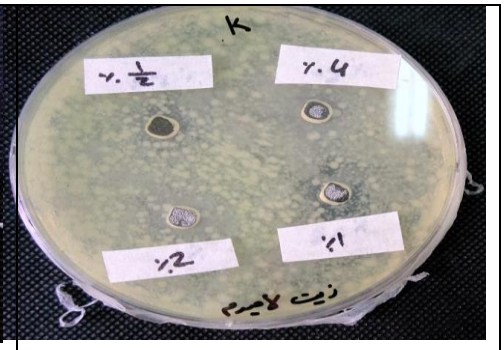
7.النشاط الحيوي لزيت اللاميون (الفاغر) المسكي ضد الجراثيم.

تشير النتائج الموضحة في الجدول 8 إلى فعالية زيت الفاغر المسكي في الجراثيم الممرضة المختبرة إذ بدت حساسية الكلبسيلة عالية لزيت الفاغر مقارنة بالسلالات الجرثومية الأخرى، وبلغ قطر هالة التثبيط 20 مم، وأبدت السلمونيلة والشيغلة والإشريكية القولونية مقاومة لزيت الفاغر المسكي بتركيز 1 - 0.5 %، وهذا ما يتوافق مع نتائج السيد (EL- sayed,2008).

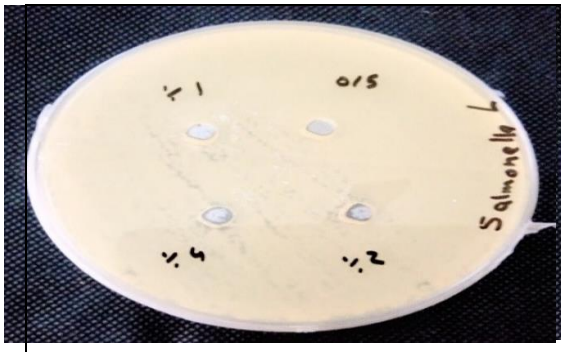
تعود فعالية الزيت للتركيز العالي من التربينات المؤكسجة oxygenated 47.97 % وأكسيد الكاريوفلين caryophyllene oxide 13.84% (EL-sayed, 2008)، كما تشير الدراسات إلى أن الزيت الغني بالتربينات المؤكسجة يظهر نشاطاً مضاداً للجراثيم ضد التهاب البشراوية المكورات العنقودية الجلدية (Köse *et al*, 2007)، وقد أبدى أكسيد الكاريوفلين نشاطاً في المكورات العنقودية الذهبية (Ulubelen *et al.*, 1994)، ويستعمل كمادة حافظة في الأطعمة والأدوية ومستحضرات التجميل (Yang *et al.*, 2000)، وقد كان اختباره كمضاد للفطريات الجلدية (EL-sayed,2008)، يتكون الزيت العطري في أزهار الفاغر يتكون من الميرسين myrcene 47.2% و كاروفيللين caryophyllene 11.8% والسابنين sabinene 11.0% (Flamini *et al*,2005)، وعلى الرغم من وجود تشابه في المكونات لجميع العينات *L. garganicum* و *L. maculatum* التي جُمعت من تسعة تجمعات طبيعية باستعمال GC-MS في بلغاريا (Alipieva *et al*,2003)، فقد لوحظ اختلافات كمية ونوعية في تكوين الزيوت العطرية للنباتات التي أمكن الحصول عليها من مواقع مختلفة في بلغاريا. فقط لوحظ أسيتون سداسي هيدروفارنيسيل في *L. maculatum* في جبل لوسين 1.9% بينما في Ljaskovetz 1.2 %.

الجدول 8. قطر هالة التثبيط للزيت العطري لنبات الفاغر المسكي البرية على الجراثيم المختبرة والمبيضات البيض، (الواحدة مم)

متوسط قطر هالة التثبيط، %				الميكروبات المختبرة
% 4	% 2	% 1	% 0.5	
10 ± 0.0	6 ± 0.5	-	-	***E. coli***
14 ± 0.0	12 ± 1	11± 1	9 ± 0.0	***Pseudomonas aeruginosa***
20 ± 1	14 ± 0	12 ± 0.5	10± 0.0	***Klebsiella***
9 ± 0.5	-	-	-	***Shigella***
-	-	-	-	***Salmonella***
9 ± 2	7 ± 1	-	-	***Staphylococcus . aureus***
14	11	10	9	***Candida albicans***



الشكل15 . تأثير زيت الفاغر المسكي في الكلبسلة *Klebsiella*



الشكل16 . تأثير زيت الفاغر المسكي في السلمونيلة *Salmonella*

الجدول9. نتائج حساسية ومقاومة أنواع العوامل الممرضة المدروسة تجاه الصادات الحيوية، (الواحدة مم).

E	L	PI	TOB	APX	CEC	Abbrev.
15	2	20	10	30	30	Conc.
R	R	6	9	R	R	*E. coli*
R	R	9	13	R	R	*Pseudomonas aeruginosa*
R	R	9	11	R	R	*Klebsiella* sp.
R	R	9	10	R	R	*Shigella* sp.
R	R	8	13	R	R	*Salmonella* sp.
R	R	9	10	R	R	*Staphylococcus aureus*
R	R	9	10	R	R	*Candida albicans*

E: Erythromycin ,L: Lincomycin, PI: Pipemidic, TOB: Tobramycin, APX: Ampicillin/ Cioxacillin, CEC: Cefaclor.

يبين الجدول 9 نتائج حساسية الجراثيم الممرضة المعزولة وكذلك المبيضات البيض ومقاومتها تجاه الصادات الحيوية المستعملة، ويتضح أن جميع الجراثيم الخاضعة للدراسة مقاومة للأمبيسيلين Ampicillin والسيفاكلور Cefaclor واللينكوميسين Lincomycin والإرثروميسين Erythromycin.

أبدت الزائفة الزنجارية سلبية الغرام حساسية جيدة تجاه هذين الصادين التوبراميسين Tobramycin والبيبميديك Pipemidic إذ بلغت أقطار هالة التثبيط 13 و 9 مم على التوالي، كما أبدت المبيضات البيض *Candida albicans* حساسية تجاه التوبراميسين Tobramycin والبيبميديك Pipemidic إذ بلغت أقطار هالة التثبيط 10 و 9 مم على التوالي.

الاستنتاجات:

1- المذيبات القطبية كالماء والإتانول أفضل لاستخلاص المركبات الفينولية مقارنة بالمذيبات غير القطبية مثل الكلوروفورم وهذا السبب إما أن يعود إلى أن المذيبات القطبية كالماء والإتانول أفضل المذيبات لاستخراج الفينول مقارنة مع المذيبات الغير قطبية مثل الكلورفورم ، حيث أن طبيعة المذيب المستخدم في الاستخلاص تعتبر مهمة لتعزيز ذوبانية المركبات ويعتمد اختيار المذيب على معرفة الخصائص الكيميائية التي تشكل أساس التفاعلات بين المذيب و المركبات.

2- تفوق المستخلصات المائية والكلوروفورمية على الفيتامين C بالقدرة على كبح الجذور الحرة.

3- للزيت العطري في نبات الفاغر المسكي تأثير تثبيطي في نمو الجراثيم المعزولة من اللحوم الحمراء حيث بدت حساسية الكلبسيلة عالية لزيت الفاغر مقارنة بالسلالات الجرثومية الأخرى كالزائفة الزنجارية والعنقوديات الذهبية، حيث بلغ قطر هالة التثبيط 20 مم، كما بلغ قطر هالة التثبيط 14 مم عند كل من الزائفة الزنجارية والمبيضات البيض، كما أبدت السالمونيلة والشيغلة والإشريكية القولونية مقاومة لزيت الفاغر المسكي بتركيزي % (1 – 0.5)..

التوصيات والمقترحات Recommendations and Suggestions

1- إيجاد طرائق حفظ جديدة بعيدة عن طرائق الحفظ المعتمدة بالمواد الصنعية والتوجه إلى كل ما هو طبيعي ومتجدد وصحي.

2- إجراء دراسات فيما يتعلق بفصل وتنقية وتشخيص المركبات الفعالة في المستخلصات النباتية ومحاولة تطبيقها على الأغذية وفق الشروط القياسية.

3- استعمال الإضافات الغذائية الطبيعية التي تعد مواد مضادة للجراثيم بدون حدوث ضرر صحي على المستهلك وتوسيع دائرة استعمالها فيما يتعلق بالجوانب الغذائية والصحية.

المراجع References

1. Akkol, E.K.; Yalçin, F.N.; Kaya, D.; Çali¸s, I.; Yesilada, E.; Ersöz, T. (2008). In vivo anti-inflammatory and antinociceptive actions of some *lamium* species. J. Ethnopharmacol., 118, 166–172.
2. AlHafez, M., Kheder, F., and AlJoubbeh, M., (2014). Polyphenols, flavonoids and (-) epigallocatechin gallate in tea leaves and in their infusions under various conditions, Nutrition and Food Science, 44, 5: 455-463.
3. Ali Nizam A., Hussain M. (2016). Prevalence, Antibiotic resistance of *Staphylococcus aureus*, CNS and determination of MRSA, MRCNS strains in clinical samples. Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Biological Sciences Series Vol.38, No.1, 167-180.
4. Alipieva, K.; Evstatieva, L.; Handjieva, N.; Popov, S. (2003). Comparative analysis of the composition of flower volatiles from Lamium L. Species and Lamiastrum galeobdolon heist. Ex fabr. Z. Nat. C, 58, 779–782.
5. AL-Sulami, A. A., AL-Rubiay, K. K., and Affat, A. M., (2001). An inhibitor of Staphylococcus aureus exfoliative Toxin. Eastern Mediterranean Health-dournal, 7:35-36.
6. Amaral , J . A ., Ekins , A ., Richards , S . R. and Knowles , R. (1998) . Effect of selected monoterpenes on methane oxidation denterfication and aerobic metabolism by bacteria pure culture, Applied . Environ. Microbial . 64:520-525
7. Anandi M., Juan C. (2009). Drug susceptibility testing for *Mycobacterium tuberculosis*. Journal of Antimicrobial Chemotherapy. 54:130-133.

8. Andriopoulo,s V., Gkioni, M. D., Koutra, E.,Mastropetros, S.G., Lamari, F.N., Hatziantoniou, S., 14 Kornaros, M.. (2022). Total phenolic content, biomass composition, and antioxidant activity of select 15 marine microalgal species with potential as aquaculture feed . *Antioxidants* , 11 (1320 ,) 1 – 21 . doi: 16 10.3390/ANTIOX11071320
9. Astani A., Reichling J., Schnitzler P. (2011). Screening for antiviral activities of isolated compounds from essential oils. *Evidence-based complementary and alternative medicine*.
10. Azaat , A., Babojian ,G. and , Issa, N. (2022). Phytochemical Screening, Antioxidant and Anticancer 28 Activities of *Euphorbia hyssopifolia*L. against MDA-MB-231 Breast Cancer Cell Line .*Journal of the* 29 *Turkish chemical society. Section A: Chemistry* , 9 (1 :) 295 - 310 . DOI : 30 https://doi.org/10.18596/jotcsa.1021449.
11. Bendiksby, M.; Brysting, A.K.; Thorbek, L.; Gussarova, G.; Ryding, O .(2011). Molecular phylogeny and taxonomy of the genus Lamium L. (lamiaceae): Disentangling origins of presumed allotetraploids. Taxon, 60, 986–1000.
12. Bialonska D., Ramnani P., Kasimsetty S., Muntha K., Gibson G., Ferreira D. (2010). The influence of pomegranate by-product and punicalagins on selected groups of human intestinal microbiota. Int. J. Food Microbiol. 140:175-182.
13. Brenes A., Roura E. (2010). Essential oils in poultry nutrition: main effects and modes of action. Anim. Feed Sci. Technol. 158, 1-1410.1016/j.anifeedsci.2010.03.007.
14. Bubueanu, C., Gheorghe, C., Pirvu, L. U. C. I. A., Bubueanu, G. E. O. R. G. E. (2013). Antioxidant activity of butanolic extracts of Romanian native species–*Lamium album* and *Lamium purpureum*. Romanian Biotechnological Letters, 18(6), 8855-8862.
15. Cari Larico, H. L., & Diaz Quispe, E. R. (2017). Microbiota de la cavidad bucal y unidad dental en atenciones a 3824 metros sobre el nivel del mar, desarrollado en el policlinico de la policia y la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez"-Juliaca 2015.
16. Czerwińska M.E., Swierczewska A., Wozniak M., Kiss A.K., (2017). Bioassay-guided iisolation of iridoids and phenylpropanoids from aerial parts of *Lamium album* and their anti-inflammatory activity in human neutrophils. Planta Med. 83:1011–1019.

17. Doughari J. H., Pukuma M., D. N. (2007). Antibacterial effects of *Balanites aegyptiaca* L. Drel. and *Moringa oleifera* Lam. on *Salmonella typhi*. African Journal Biotechnology. 6(19): 2212-2215.
18. EL-Sayed, Z. I., (2008). Chemical composition, antimicrobial and insecticidal activities of the essential oil of *Lamium maculatum L*. Grown in egypt. *database [Wiley (Wiley Int. USA)]*, *15*(22), 23.
19. Flamini, G.; Cioni, P.L.; Morelli, I. (2005). Composition of the essential oils and in vivo emission of volatiles of four lamium species from italy: L. purpureum, L. hybridum, L. bifidum and L. amplexicaule. Food Chem. 91, 63–68.
20. Fung, D. W. C., J. Edwards, And B. A. Crozier-Dodson., (2008). At-Line Methods For Controlling Spoilage, P. 289–318. In F. Toldra` (Ed.), Meat Biotechnology.Springer, New York, NY.
21. Garrity G. M.; Brenner D.; Krieg N., Staley J. (2005). Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. Springer, USA, 2nd Ed., Vol. 2, P. 1-1135.
22. George D. R., Smith T., Shiel R., Sparagano O., Guy J. (2009). Mode of action and variability in efficacy of plant essential oils showing toxicity against the poultry red mite, *Dermanyssus gallinae*. Vet. Parasitol. 161, 276-282.
23. Ghoneim, M.; Musa, A.; El-Hela, A.; Elokely, K. (2018).Evaluation and understanding the molecular basis of the antimethicillin-resistant *Staphylococcus aureus* activity of secondary metabolites isolated from *Lamium amplexicaule*. Pharmacogn. Mag., 14, 3–7.
24. Gislene G. F., Nascimento J., Freitas P., Giuliana L., (2000). Antibacterial activity of plant extracts and phytochemicals on antibiotic-resistant bacteria, Braz. J. Microbiol. vol.31(4). ISSN 1517-8382On-line version ISSN 1678-4405.
25. Harley, J. P., (2005). Laboratory exercises in microbiology, 6th ed. McGraw Hill, New York, NY.
26. Hussain M., Ali Nizam A., Abou-Isba S., Abou-Younes A., Khaddour W. (2018). A Broad-Spectrum Antibacterial Activity of Lyophilized Crude Extracts of Bacillus subtilis against Clinical and Food-Borne Pathogens, International Research Journal of Pharmacy and Medical Sciences (IRJPMS), Volume 1, Issue 3, pp. 15-21, 2018.

27. Ibrahim H. M., Abou-arab A., Abu Salam F. (2010). Addition of some natural plant extracts and their effects on lamb patties quality. J. Food Technol., 8, 134-142.
28. Kelmanson J., Jager A., Standen J. (2000). Zulu medicinal plants with antibacterial activity. J. Ethnopharmacol., 69:241-246.
29. Köse, Y. B., İşcan, G., Demirci, B., Başer, K. H. C., Çelik, S., (2007). Antimicrobial activity of the essential oil of *Centaurea aladagensis*. Fitoterapia, 78(3), 253-254.
30. Layqa M., Ali Nizam A., Alqadi I. (2015). Antibacterial Activity of White and Blue Wild Myrtle Parts Extracts Against *Staphylococcus aureus* and *Staphylococcus epidermidis*. Egypt. J. Microbiol. 50, 17-29.
31. Martinez-Tome M., Jimenez A., Ruggieri S., Frega N., Strabbioli R., Murcia M. (2001). Antioxidant properties of Mediterranean spices compared with common food additives. J. Food Prot., 64,1412-1419.
32. Oussalah M., Caillet S., Saucier L., Lacroix M. (2007). Inhibitory effects of selected plant essential oils on the growth of four pathogenic bacteria: *E. coli* O157:H7, *Salmonella typhimurium*, *Staphylococcus aureus* and *Listeria monocytogenes*. Food Control 18, 414–420.
33. Pirbalouti A. G., Jahanbazi P., Enteshari S., Malekpoor F., Hamedi B. (2010). Antimicrobial activity of some Iranian medicinal plants. Arch. Biol. Sci. Belgrade. 62(3): 633-642.
34. Ripoll G., Joy M., Muñoz F. (2011). Use of dietary vitamin E and selenium (Se) to increase the shelf life of modified atmosphere packaged light lamb meat. Meat Sci., 87, 88-93.
35. Saha, M. R., Hasan, S. M. R., Akter, R., Hossain, M. M., Alam, M. S., Alam, M. A., Mazumder, M. E. H., (2008). In vitro free radical scavenging activity of methanol extract of the leaves of mimusops elengi linn. Bangl. J. Vet. Med. 6(2): 197–202.
36. Salehi, B., Armstrong, L., Rescigno, A., Yeskaliyeva, B., Seitimova, G., Beyatli, A., and Lucarini, M., (2019). *Lamium* Plants—A Comprehensive Review on Health Benefits and Biological Activities. Molecules, 24(10), 1913.
37. Sapkota R., Dasgupta R., Rawat D. (2012). Antibacterial effects of plants extracts on human microbial pathogens and microbial limit tests. Int. J. Res Pharm. & Chem., 2(4): 926-936.

38. Savchenko T, Blackford M, Sarker S D, Dinan L. (2001).Phytoecdysteroids from *Lamium* spp: Identification and distribution within plants. Biochem Syst Ecol. 29:891–900.
39. Shaghaghi, M., Manzoori, J., and Jouyban, A., (2008). Determination of total phenols in tea infusions, tomato and apple juice by terbium sensitized fluorescence method as an alternative approach to the Folin-Ciocalteu spectrophotometric method, Food chemistry, 108 (2): 695-701.
40. Silva F., Ferreira S., Duarte A., Mendonça D., Domingues F. (2011). Antifungal activity of *Coriandrum sativum* essential oil, its mode of action against Candida species and potential synergism with amphotericin B. Phytomedicine 19, 42-47.
41. Singleton, L., Orthofer, R., and Lamuela-Ravents, R. (1999). Analysis of Total Phenols and Other Oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent, Methods in enzymology, 299: 152-178.
42. Sørensen, J.M., Katsiotis, S.Th. (2000). Parameters influencing the yield and composition of the essential oil from Cretan *Vitex agnus castus* fruits. Planta Med. 66: 245-250.
43. Tajkarimi M. M., Ibrahim S., Cliver D. (2010). Antimicrobial herb and spice compounds in food. Food Control 21, 1199-1218.
44. Tiemersma E.W., Bronzwaers S., Lyytikäinen O., Degener J., Schrijnemakers P., Bruinsma N., Monen J., Witte W., Grundman H. (2004). European antimicrobial resistance surveillance system participants: Methicillin-resistant Staphylococcus aureus in Europe. Emerg. Infect. Dis. 10:1627–1634.
45. Trefan L., Bürger L., Bloom-Hansen J., Rooke J., Salmi B., Larzul C., Terlouw C., Doeschl W. (2011). Meta-analysis of the effects of dietary vitamin E supplementation on α-tocopherol concentration and lipid oxidation in pork. Meat Sci., 87, 305-314.
46. Ulubelen, A., Topcu, G., Eri, C., Sönmez, U., Kartal, M., Kurucu, S., Bozok-Johansson, C. (1994). Terpenoids from *Salvia* sclarea. Phytochemistry, 36(4), 971-974.
47. Vaithiyanathan S., Naveena B., Muthukumar M., Girish P., Kondaiah N. (2011). Effect of dipping in pomegranate (*Punica granatum*) fruit

juice phenolic solution on the shelf life of chicken meat under refrigerated storage (4 °C). Meat Sci., 88, 409-414.

48. Yamamura A., Murai A., Takamatsu H., Watabe K. (2000). Antimicrobial effect of chemical preservatives on enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157:H7. J. Health Sci. 46: 204-208.
49. Yang, D., Michel, L., Chaumont, J. P., Millet-Clerc, J. (2000). Use of caryophyllene oxide as an antifungal agent in an in vitro experimental model of onychomycosis. Mycopathologia, *148*(2), 79-82.
50. Yogesh K., Ali J. (2014). Antioxidant potential of thuja (*Thuja occidentalis*) cones and peach (*Prunus persia*) seeds in raw chicken ground meat during refrigerated (4±1°C) storage. J Food Sci. Technol., 51, 1547-1553.
51. Yordanova, Z.P., Zhiponova, M.K., Iakimova, E.T., Dimitrova, M.A., Kapchina-Toteva, V.M., (2014) .Revealing the reviving secret of the white dead nettle (*Lamium album* L.). Phytochem. Rev. 13, 375–389.
52. Zheng W., Wang S. (2001). Antioxidant activity and phenolic compounds in selected herbs. J. Agric. Food Chem., 49, 5165-5170.
53. Zink D. L. (1997). The impact of consumer demands and trends on food processing. Emerging Infect. Dis. 3, 467-469.

توزع الرسوبيات في المنطقة الشاطئية لمدينة جبلة

إعداد:

شذا نزيه حسينو

إشراف:

أ.د.أحلام إبراهيم
جامعة اللاذقية
كلية العلوم
قسم الجيولوجيا

د. نور كيالي
جامعة دمشق
كلية الآداب والعلوم الإنسانية
قسم الجغرافيا

الملخص

تمت دراسة الرسوبيات البحرية السطحية في الشاطئ المقابل لمدينة جبلة،في منطقتي البحيص في جنوباً،والعسالية شمالاً بسبب طبيعة شاطئهما الرملي خلافاً لباقي مناطق شاطئ جبلة الصخري. تمجمع 20عينة رسوبيةمن الطبقة السطحية على أعماق مختلفة بدءاً من الشاطئ باتجاه البحر في نهاية شهر أيلول من العام 2024م، وذلك من أجل تحديد خصائص وتوزع هذه الرسوبيات. أظهرت نتائج تحاليل الحجم الحبي وجود أربعة نماذج رسوبية في منطقة الدراسة سيطرة الرمال(sand) بنسبة 55%، الرمال الحصوية بنسبة ضئيلة (Slightly Gravely Sand)20%، تليها الرمال الحصوية(GravelySand) بنسبة 15%وبنسبة أقل السلت الرملي الخشن (Sandy Silt) بنسبة 10% فقط. كما أظهرت نتائج دراسة المعاملات الإحصائية(المتوسط،الفرز،الالتواءوالتفرطح)أن رسوبيات المنطقة ذات فرز معتدل ومعتدل جيد إلى فرز سيء، ذات التواء من المائل نحو السلبي والالتواء المتماثل إلى الالتواء المائل نحو الإيجابي، مع سيطرة العينات المفرطحة ومتوسطة التفرطح إلى العينات المسطحة.أشارت نتائج تحاليل دالة التميز الخطية (LDF)إلى سيطرة البيئات الشاطئية والبحرية الضحلة تليها العمليات التوربيدية مع تأثير أقل للعمليات النهرية. أظهر مخطط CM أن معظم الرسوبيات المأخوذة تم نقلها بالتعليق المتدرج مع بعض الحبيبات المنقولة بالدحرجة،بينما انتقلت باقي الرسوبيات كمعلقات.تشير النتائج السابقة إلى أن الترسيب حدث تحت ظروف طاقة متذبذبة ومتوسطة إلى منخفضة.

الكلمات المفتاحية:حجم الحبات، توزع الرسوبيات، المعاملات الإحصائية،البحيص،العسالية،جبلة.

Distribution of sediments in the coastal area of Jableh city

ABSTRACT

The surface marine sediments of the coast opposite Jableh city, specifically in the Al-Bahise area to the south and Al-Asaliyah area to the north, were studieddue to their unique sandy composition, contrasting with the predominantly rocky coastline elsewhere along the Jableh shore. Situated 28km southeast of Latakia and approximately 20m above sea level,the study area was sampled in late September 2024.Twenty surface-layersediment samples were collected at varying depths progressing from the shoreline seaward to characterize sediment properties and distribution patterns. Grain-size analysis identified four distinct sediment types: Sand, Slightly Gravely Sand, Gravelly Sand and Sandy silt. Results indicated thedominanceof Sand55%and SlightlyGravelySand20%, followed by Gravelly Sand 15%, with Sandy Silt 10% occurring least frequently. Statistical parameters(Mean, Sorting, Skewness, and kurtosis) revealed: Sorting quality ranges from tmoderateto moderately well/poor.Skewness varies from negative to symmetric to positive. Kurtosis distributions show primarily platykurtic with mesokurtic to leptokurtic samples. Linear Discriminant Function(LDF) analysis demonstrated prevalent beach/shallow-marine depositionalenvironments,followed by turbidity-influenced processes with minor riverine input. CM diagrams established that most recovered sediments were transported in graded suspension includes some grains transported by rolling, and there mining sediments were transported as suspensions. Overall, the results suggest that deposition occurred under moderate to low energy conditions.

KEYWORDS: Grain Size, Sediment Distribution, Coastal Sediments, Al- Bahis, Al-Asaliyah, Jableh.

1-المقدمة:

أصبحت البيئة البحرية محور الاهتمام الحثيث في الدراسات العلمية الحديثة،ولابد من توجيه البحث وتقصي الحقائق عن توزع الرسوبيات على طول خط الشواطئ البحرية لما لهذا النوع من الدراسات أهمية استراتيجية واقتصادية، فضلاً عن أهميتها في تاريخ الجيولوجيا في توثيق الأحداث والعمليات التي كانت تجري في المنطقة المدروسة،حيث تترك مجمل العمليات التي حدثت في الماضي والتي تحدث حالياً آثاراً مميزة في الرواسب(1)،كما يتأثر توزع الحجم الحبي بمجموعة من العوامل كالبعد عن خط الشاطئ، البعد عن المصدر، مواد المصدر، الطبوغرافيا وشروط النقل والترسيب(2). تزوّد دراسة خصائص الرسوبيات الشاطئية بمعلومات هامة لمعرفة عمليات النقل والتوضع، وفهم الأحداث الجيولوجية وتمييز بيئات الترسيب المختلفة وطبيعة الظروف البيئية التي كانت سائدة قبل وبعد عمليات الترسيب(3).يتناول هذا البحث دراسة الخصائص الرسوبية للتوضعات الشاطئية في منطقتي العسالية والبحيص في مدينة جبلة،والتعرف على أهم العوامل المسيطرة على توزع هذه الرسوبيات.

2-أهداف البحث وأهميته:

تتركز أهمية هذا البحث في معرفة طبيعة، مصدر وتوزع الرسوبيات الشاطئية في منطقة الدراسة، حيث سيتم إضافة النتائج إلى قاعدة البيانات المتعلقة برسوبيات الساحل السوري والتي يتم العمل على إنشائها.يهدف البحث إلى دراسة توزع وتصنيف الرسوبيات الشاطئية وتحديد خصائص هذه الرسوبيات من خلال حساب المعاملات الإحصائية (التفرطح، الفرز، المتوسطوالالتواء) بالإضافة إلى تحديد العمليات السائدة أثناء توضّعها.

3-منطقة الدراسة:

تقع منطقة جبلة على الشاطئ الشرقي للبحر المتوسط بين مدينتي اللاذقية وبانياس على بعد 28كم جنوب شرق مدينة اللاذقية، بين خطي الطول (35^{o} 10/ 11/) و(35^{o} 55/ 38/) شرقاً، وخطي العرض (35^{o} 21/ 51/) و(35^{o} 66/ 69/) شمالاً، وترتفع حوالي 20م عن سطح البحر.

تم تنفيذ جولة بحرية في أواخر سبتمبر 2024م إلى كل من شاطئ البحيص ومنطقة العسالية في مدينة جبلة على ساحل البحر المتوسط(الشكل 1).

(الشكل 1): صورة فضائية تظهر مواقع الدراسة(العساليةوالبحيص)في جبلة.

4-مواد البحث وطرائقه:

4-1-جمع العينات:

تم تقسيم منطقة العسالية إلى محطتين (A/B) بمسافة أفقية قدرها(150m)، فالشاطئ الرملي يبلغ طوله تقريباً (300m)وفي منطقة البحيص طول الشاطئ الرملي 1km لذلك تم تقسيمها إلى أربع محطات، (C/M/S)بمسافة أفقية(250m) بين كل محطة،وبمسافة متساوية (3m) بين النقاط، من كل محطة 4 عينات، بدءاً من خط الشاطئ،(نقطة التقاء اليابسة مع مياه البحر)، وعينة من شرق الشاطئ، وعينتين من غرب الشاطئ على عمق 1.5m و3m، بمسافة عمودية متساوية بين نقاط جمع العينات3m. تم جمع 20 عينة لدراسة التركيب الحبيبي بأبعاد حبات (0-20cm)،تم جمع العينات في منطقة العسالية بين خطي الطول (35^{O} 54/ 59// و35^{O}) و(35^{O} 55/ 07// و35^{O}) شرقاً، وخطي العرض (35^{O} 21/ 41// و35^{O} 23/ 38//) شمالاً،وكانت نقاط العينات: (A2,A3,A4/B1,B2,B3,B4،A1) وعلى شاطئ البحيص تم جمع العينات بين خطي الطول (35^{O} 51/ 17// و35^{O}) و(35^{O} 53/ 16// و35^{O}) شرقاً، وخطي العرض (35^{O} 17/ 35// و35^{O}) و(35^{O} 19/ 37// و35^{O}) شمالاً ونقاط العينات: (C1,C2,C3,C4/M1,M2,M3,M4/S1,S2,S3,S4)،(الجدول 1).

تم استخدام جهاز(GPS) لتحديد نقاط الاعتيان عند جمع العينات، وتم قطف0.5كغ (وزن رطب) من الرسوبيات في كل موقع ووضعت هذه العينات في أكياس بلاستيكية وتم تسجيل المعلومات اللازمة على كل عينة (إحداثيات الموقع، تاريخ أخذ العينة والعمق)، تم نقل العينات إلى مخبر الجيولوجيا البحرية في المعهد العالي للبحوث البحرية لإجراء التجارب المخبرية لكل عينة حيث تم تجفيف العينات في الفرن على درجة حرارة 105^{o}م، وتم أخذ 100 غرام من كل عينة جافة واستخدمت طريقة النخل لتحديد توزع الحجم الحبي.

(الجدول 1): إحداثيات جمع العينات على امتداد منطقة الدراسة(العسالية والبحيص):

رمز الموقع	خط العرض N	خط الطول E	عمق العمود المائي M	البعد عن الشاطئ M
A1	$35^{O}\ 23/\ 38^{//}$	$35^{O}\ 55/\ 07^{//}$	0	3
A2	$35^{O}\ 23/\ 40^{//}$	$35^{O}\ 55/\ 09^{//}$	0	0
A3	$35^{O}\ 23/\ 42^{//}$	$35^{O}\ 55/\ 11^{//}$	1.5	6
A4	$35^{O}\ 23/\ 44^{//}$	$35^{O}\ 55/\ 13^{//}$	3	9
B1	$35^{O}\ 21/\ 36^{//}$	$35^{O}\ 55/\ 03^{//}$	0	3
B2	$35^{O}\ 21/\ 37^{//}$	$35^{O}\ 55/\ 02^{//}$	0	0
B3	$35^{O}\ 21/\ 39^{//}$	$35^{O}\ 55/\ 00^{//}$	1.5	6
B4	$35^{O}\ 21/\ 41^{//}$	$35^{O}\ 54/\ 59^{//}$	3	9
C1	$35^{O}\ 19/\ 37^{//}$	$35^{O}\ 53/\ 22^{//}$	0	3
C2	$35^{O}\ 19/\ 35^{//}$	$35^{O}\ 53/\ 20^{//}$	0	0
C3	$35^{O}\ 19/\ 34^{//}$	$35^{O}\ 53/\ 18^{//}$	1.5	6
C4	$35^{O}\ 19/\ 32^{//}$	$35^{O}\ 53/\ 16^{//}$	3	9
M1	$35^{O}\ 19/\ 51^{//}$	$35^{O}\ 52/\ 24^{//}$	0	3
M2	$35^{O}\ 19/\ 49^{//}$	$35^{O}\ 52/\ 22^{//}$	0	0
M3	$35^{O}\ 19/\ 47^{//}$	$35^{O}\ 52/\ 21^{//}$	1.5	6
M4	$35^{O}\ 19/\ 45^{//}$	$35^{O}\ 52/\ 20^{//}$	3	9
S1	$35^{O}\ 17/\ 41^{//}$	$35^{O}\ 51/\ 23^{//}$	0	3
S2	$35^{O}\ 17/\ 39^{//}$	$35^{O}\ 51/\ 21^{//}$	0	0
S3	$35^{O}\ 17/\ 37^{//}$	$35^{O}\ 51/\ 19^{//}$	1.5	6

S4	$35^{O}\ 17/\ 35//$	$35^{O}\ 51/\ 17//$	3	9

4-2-تحليل العينات باستخدام المناخل (النخل الجاف):

باستعمال مجموعة من المناخل ذات الأقطار المختلفة المرتبة من الأعلى للأسفل بشكل تنازلي كالآتي:(6.3mm,4mm,2mm,1mm,0.5mm,0.25mm,0.125mm,0.063mm).

مع وضع طبق(pan) تحت المنخل الأخير، وبوزن عينة جافة بمقدار (100gr) توضع في المنخل العلوي، ثم تثبت المناخل على جهاز الهزاز الكهربائي، والانتظار لزمن (10) دقائق،ثم يزال الغطاء بهدوء، ووضع محتويات كل منخل في طبق بتري، يتم تسميته برقم العينة وقطر المنخل، وذلك بعد تسجيل وزنه، ثم توزن العينات المنخولة، ويسجل وزنها بدقة في جدول محدد لكل عينة، ثم تجمع الأوزان من جميع المناخل بنسبة ضياع لا تتعدى 2%، ثم تحسب النسبة المئوية المتبقية في كل منخل باستخدام المعادلة: (الوزن المتبقي في المنخل*100)/الوزن الكلي.ثم تحسب النسبة المئوية التراكمية، وذلك بجمع النسب المئوية لجميع الأوزان المتبقية في المناخل، وقد تم الحصول على نتائج النخل وكانت وفق الجدول (2).

تم بعد ذلك استخدام برنامج (GSSTAT) للحصول على البارامترات الإحصائية للعينات الرسوبية والتي تشمل كلٍ من: المتوسط (MeanSize)، الانحراف المعياري (Standard Deviation)، الالتواء (Skewness)، معامل الوسيط (Median) بالإضافة إلى معامل التفرطح (Kurtosis)،وتم استخدام برنامج SEDPLOT للحصول على مثلثات النسيج بغية تصنيف ووصف الرواسب بدقة.

(الجدول 2) الذي يمثل نتائج نخل العينات A1، A2، A3، A4، B1، B2، B3، B4 المأخوذة من منطقة العسالية، والعينات C1، C2، C3، C4، S1، S2، S3، S4، M1، M2، M3، M4، المأخوذة من منطقة البحيص.المأخوذة من منطقة البحيص.

قطر المنخل mm	فاي	وزن الطبق فارغ	وزن الطبق مع العينة	وزن العينة	النسبة المئوية المتبقية	النسبة المارة	القيم التراكمية
6	-3	0	0	0	0	100	0
4	-2	0	0	0	0	100	0
2	-1	6.32	6.5	0.18	0.18	99.82	0.18
1	0	6.85	7.4	0.55	0.55	99.29	0.71
500	1	6.3	9.06	2.76	2.76	96.54	3.46
250	2	6.33	10.09	3.76	3.76	92.76	7.24
125	3	6.72	65.61	59.89	59.89	32.89	67.11
63	4	6.46	39.32	32.86	32.86	0	100
			الوزن الكلي	100		رقم العينة: A1	

قطر المنخل mm	فاي	وزن الطبق فارغ	وزن الطبق مع العينة	وزن العينة	النسبة المئوية المتبقية	النسبة المارة	القيمة التراكمية
6	-3	0	0	0	0	100	0
4	-2	0	0	0	0	100	0
2	-1	0	0	0	0	100	0
1	0	6.84	10.06	3.22	3.22	96.78	3.22
500	1	6.74	17.27	10.53	10.53	86.25	13.75
250	2	7.22	19.28	12.06	12.06	74.19	25.81
125	3	6.74	62.58	55.84	55.84	18.35	81.65
63	4	6.72	25.07	18.35	18.35	0	100
			الوزن الكلي	100		رقم العينة: A2	

قطر المنخل mm	فاي	وزن الطبق فارغ	وزن الطبق مع العينة	وزن العينة	النسبة المئوية المتبقية	النسبة المارة	القيمة التراكمية
6	-3	6.55	11.05	4.5	4.5	95.7	4.3
4	-2	6.57	9.39	2.82	2.82	92.89	7.11
2	-1	7.53	17.23	9.7	9.7	83.09	16.91
1	0	6.51	42.07	35.56	35.56	47.54	52.46
500	1	6.39	27.75	21.36	21.36	26.17	73.83
250	2	6.54	12.59	6.05	6.05	20.14	79.86
125	3	7.39	23.66	16.27	16.27	3.85	96.15
63	4	6.25	9.99	3.74	3.74	4.44E-15	100
			الوزن الكلي	100		رقم العينة: A3	

قطر المنخل mm	فاي	وزن الطبق فارغ	وزن الطبق مع العينة	وزن العينة	النسبة المئوية المتبقية	النسبة المارة	القيمة التراكمية
6	-3	0	0	0	0	100	0
4	-2	0	0	0	0	100	0
2	-1	0	0	0	0	100	0
1	0	6.41	8.18	1.77	1.77	98.23	1.77
500	1	7.57	13.13	5.56	5.56	92.67	7.33
250	2	6.07	15.19	9.12	9.12	83.55	16.45
125	3	6.35	56.37	50.02	50.02	33.53	66.47
63	4	6.47	40	33.53	33.53	0	100
			الوزن الكلي	100		رقم العينة: A4	

قطر المنخل mm	فاي	وزن الطبق فارغ	وزن الطبق مع العينة	وزن العينة	النسبة المئوية المتبقية	النسبة المارة	القيمة التراكمية
6	-3	0	0	0	0	100	0
4	-2	0	0	0	0	100	0
2	-1	6.95	7.07	0.12	0.12	99.88	0.12
1	0	6.95	7.58	0.63	0.63	99.25	0.75
500	1	7.75	9.9	2.15	2.15	97.1	2.9
250	2	7.06	10.97	3.91	3.91	93.19	6.81
125	3	6.57	49.28	42.71	42.71	50.48	49.52
63	4	6.46	56.94	50.48	50.48	0	100
			المجموع	100		رقم العينة: B1	

قطر المنخل mm	فاي	وزن الطبق فارغ	وزن الطبق مع العينة	وزن العينة	النسبة المئوية المتبقية	النسبة المارة	القيمة التراكمية
6	-3	6.55	19.13	12.58	12.58	87.42	12.58
4	-2	0	0	0	0	100	0
2	-1	6.55	19.13	12.58	12.58	87.42	12.58
1	0	6.5	41.92	35.42	35.42	52	48
500	1	6.6	30.43	23.83	23.83	28.17	71.83
250	2	6.5	13.98	7.48	7.48	20.69	79.31
125	3	6.49	23.34	16.85	16.85	3.84	96.16
63	4	7.08	10.92	3.84	3.84	0	100
			المجموع	100		رقم العينة: B2	

قطر المنخل mm	فاي	وزن الطبق فارغ	وزن الطبق مع العينة	وزن العينة	النسبة المئوية المتبقية	النسبة المارة	القيمة التراكمية
6	-3	0	0	0	0	100	0
4	-2	0	0	0	0	100	0
2	-1	0	0	0	0	100	0
1	0	6.36	7.49	1.13	1.13	98.87	1.13
500	1	7.21	9.11	1.9	1.9	96.97	3.03
250	2	6.23	10.51	4.29	4.29	92.68	7.32
125	3	6.34	45.24	38.7	38.7	53.98	46.02
63	4	6.42	60.4	53.98	53.98		100
			المجموع	100		رقم العينة: B4	

قطر المنخل mm	فاي	وزن الطبق فارغ	وزن الطبق مع العينة	وزن العينة	النسبة المئوية المتبقية	النسبة المارة	القيم التراكمية
6	-3	0	0	0	0	100	0
4	-2	0	0	0	0	100	0
2	-1	6.32	6.52	0.2	0.2	99.8	0.2
1	0	7.39	9.02	1.63	1.63	98.17	1.83
500	1	6.35	6.47	8.12	8.12	90.05	9.95
250	2	6.57	17.51	13.94	13.94	76.11	23.89
125	3	6.96	61.05	54.09	54.09	22.02	77.98
63	4	7.12	29.14	22.02	22.02	0	100
			المجموع	100		رقم العينة: C1	

قطر المنخل mm	فاي	وزن الطبق فارغ	وزن الطبق مع العينة	وزن العينة	النسبة المئوية المتبقية	النسبة المارة	القيمة التراكمية
6	-3	0	0	0	0	100	0
4	-2	0	0	0	0	100	0
2	-1	6.33	8.31	1.98	1.98	98.02	1.98
1	0	6.54	15.4	8.86	8.86	89.16	10.84
500	1	6.74	22.91	16.79	16.79	72.37	27.63
250	2	6.13	20.72	14.59	14.59	57.78	42.22
125	3	6.23	58.1	51.87	51.87	5.91	94.09
63	4	6.86	12.77	5.91	5.91	0	100
			المجموع	100		رقم العينة: C2	

تتمة (الجدول 2) الذي يمثل نتائج نخل العينات A1، A2، A3، A4، B1، B2، B3، B4 المأخوذة من منطقة العسالية، والعينات C1، C2، C3، C4، M1، M2، M3، M4، S1 ، S2، S3، S4، المأخوذة من منطقة البحيص.المأخوذة من منطقة البحيص.

قطر الـ mm	فا	وزن الـ فارغ	وزن الـ مع العينة	وزن العينة	الـ العينة	الـ المتراكمة	الـ المتبقية
6	−3	0	0	0	0	0	100
4	−2	0	0	0	0	0	100
2	−1	6.69	12	5.31	5.31	5.31	94.69
1	0	6.51	47.34	40.83	40.83	46.14	53.86
500	1	6.7	44.4	37.7	37.7	83.84	16.16
250	2	6.81	20.7	13.89	13.89	97.73	2.27
125	3	6.71	8.98	2.27	2.27	100	−4.4E−15
63	4	0	0	0	0	100	−4.4E−15
			الـ ع		100	رقم العينة: C3	

قطر الـ mm	فا	وزن الـ فارغ	وزن الـ مع العينة	وزن العينة	الـ العينة	الـ المتراكمة	الـ المتبقية
6	−3	0	0	0	0	0	100
4	−2	0	0	0	0	0	100
2	−1	6.54	11.97	5.43	5.43	5.43	94.57
1	0	6.57	50.29	43.72	43.72	49.15	50.85
500	1	6.57	25.66	19.09	19.09	68.24	31.76
250	2	6.26	35.14	28.88	28.88	97.12	2.88
125	3	6.85	9.73	2.88	2.88	100	−1.2E−14
63	4		الـ ع		100	رقم العينة: M1	

قطر الـ mm	فا	وزن الـ فارغ	وزن الـ مع العينة	وزن العينة	الـ العينة	الـ المتراكمة	الـ المتبقية
6	−3	0	0	0	0	0	100
4	−2	0	0	0	0	0	100
2	−1	6.55	8.18	1.63	1.63	1.63	98.37
1	0	6.87	12.53	5.66	5.66	7.29	92.71
500	1	6.96	14.54	7.58	7.58	14.87	85.13
250	2	6.54	46.65	40.11	40.11	54.98	45.02
125	3	6.87	51.89	45.02	45.02	100	0
63	4		الـ ع		100	رقم العينة: M3	

قطر الـ mm	فا	وزن الـ فارغ	وزن الـ مع العينة	وزن العينة	الـ العينة	الـ المتراكمة	الـ المتبقية
6	−3	0	0	0	0	0	100
4	−2	0	0	0	0	0	100
2	−1	6.74	32.48	25.74	25.74	25.74	74.26
1	0	6.53	38.95	32.42	32.42	58.16	41.84
500	1	6.7	37.71	31.01	31.01	89.17	10.83
250	2	7.14	13.55	6.41	6.41	95.58	4.42
125	3	6.69	9.94	3.25	3.25	98.83	1.17
63	4	6.26	7.43	1.17	1.17	100	2.22E−15
			الـ ع		100	رقم العينة: S1	

قطر الـ mm	فا	وزن الـ فارغ	وزن الـ مع العينة	وزن العينة	الـ العينة	الـ المتراكمة	الـ المتبقية
6	−3	0	0	0	0	0	100
4	−2	0	0	0	0	0	100
2	−1	6.76	7.06	0.3	0.3	0.3	99.7
1	0	6.97	7.77	0.8	0.8	1.1	98.9
500	1	6.24	9.88	3.64	3.64	4.74	95.26
250	2	6.13	40.23	34.1	34.1	38.84	61.16
125	3	6.51	67.67	61.16	61.16	100	0
63	4		الـ ع		100	رقم العينة: S3	

قطر الـ mm	فا	وزن الـ فارغ	وزن الـ مع العينة	وزن العينة	الـ العينة	الـ المتراكمة	الـ المتبقية
6	−3	0	0	0	0	0	100
4	−2	0	0	0	0	0	100
2	−1	6.84	10.66	3.82	3.82	3.82	96.18
1	0	6.35	13.1	6.75	6.75	10.57	89.43
500	1	6.78	21.19	14.41	14.41	24.98	75.02
250	2	6.65	39.22	32.57	32.57	57.55	42.45
125	3	6.64	49.09	42.45	42.45	100	
63	4				100		
			الـ ع		100	رقم العينة: C4	

قطر الـ mm	فا	وزن الـ فارغ	وزن الـ مع العينة	وزن العينة	الـ العينة	الـ المتراكمة	الـ المتبقية
6	−3	0	0	0	0	0	100
4	−2	0	0	0	0	0	100
2	−1	6.56	6.68	0.12	0.12	0.12	99.88
1	0	6.36	8.96	2.6	2.6	2.72	97.28
500	1	6.35	26.36	20.01	20.01	22.73	77.27
250	2	6.42	35.35	28.93	28.93	51.66	48.34
125	3	6.47	51.76	45.29	45.29	96.95	3.05
63	4	6.6	9.65	3.05	3.05	100	1.07E−14
			الـ ع		100	رقم العينة: M2	

قطر الـ mm	فا	وزن الـ فارغ	وزن الـ مع العينة	وزن العينة	الـ العينة	الـ المتراكمة	الـ المتبقية
6	−3	0	0	0	0	0	100
4	−2	0	0	0	0	0	100
2	−1	6.35	16.5	10.15	10.15	10.15	89.85
1	0	6.39	22.87	16.48	16.48	30.86	69.14
500	1	6.07	9.4	3.33	3.33	47.34	52.66
250	2	6.33	9.73	3.4	3.4	50.67	49.33
125	3	7.17	42.95	35.78	35.78	54.07	45.93
63	4	6.35	16.5	10.15	10.15	89.85	10.15
			الـ ع		100	رقم العينة: M4	−1.6E−14

قطر الـ mm	فا	وزن الـ فارغ	وزن الـ مع العينة	وزن العينة	الـ العينة	الـ المتراكمة	الـ المتبقية
6	−3	0	0	0	0	0	100
4	−2	0	0	0	0	0	100
2	−1	6.69	6.75	0.06	0.06	0.06	99.94
1	0	6.68	8.15	1.47	1.47	1.53	98.47
500	1	6.87	36.08	29.21	29.21	30.74	69.26
250	2	6.72	46.76	40.04	40.04	70.78	29.22
125	3	6.83	34.85	28.02	28.02	98.8	1.2
63	4	6.7	7.9	1.2	1.2	100	2.66E−15
			الـ ع		100	رقم العينة: S2	

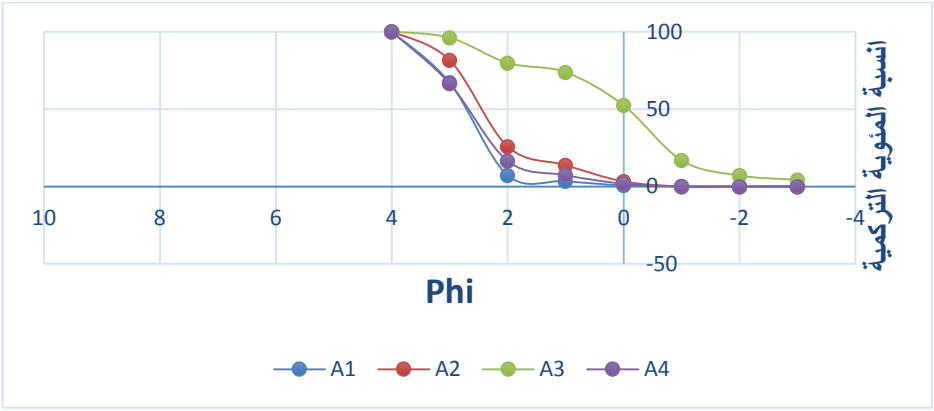
قطر الـ mm	فا	وزن الـ فارغ	وزن الـ مع العينة	وزن العينة	الـ العينة	الـ المتراكمة	الـ المتبقية
6	−3	0	0	0	0	0	100
4	−2	0	0	0	0	0	100
2	−1	6.8	7.47	0.67	0.67	0.67	99.33
1	0	6.57	19.01	12.44	12.44	13.11	86.89
500	1	6.6	24.76	18.16	18.16	31.27	68.73
250	2	6.55	17.66	11.11	11.11	42.38	57.62
125	3	6.6	53.66	47.06	47.06	89.44	10.56
63	4	6.73	17.29	10.56	10.56	100	0
			الـ ع		100	رقم العينة: S4	

5-مناقشة النتائج:

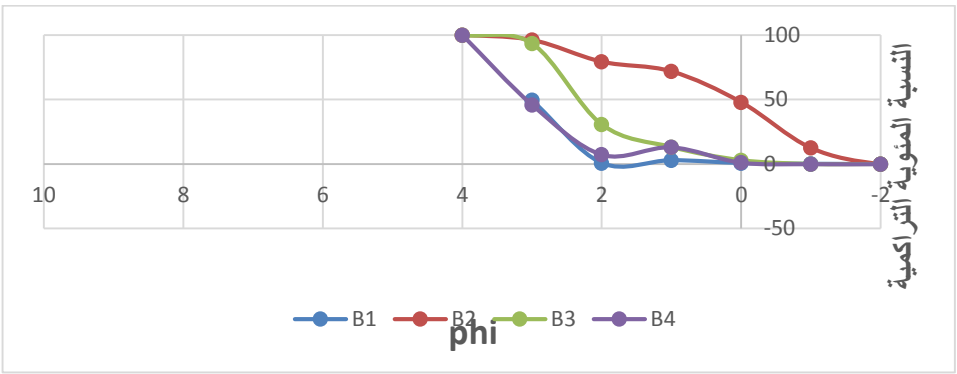
5-1-رسم وتحليل منحنيات التوزع التكراري [S curve]:

يمثل المنحني التراكمي الذي يأخذ شكل حرف (S)العلاقة بين الحجم الحبيبي في مقياس(Ø)والنسبة المئوية التراكمية المقابلة لكل قيمة من قيم(Ø)،ويبدأ المنحني من أصغر قيم(Ø)التي تمثّل أنعم العينات التي تقابل القيمة التراكميّة (100%)، حتى أكبر قيم (Ø) التي تمثل أخشن العينات والمقابلة للقيمة التراكميّة (1%).في منطقة العسالية كانت المحطتين Aو B تراوحت قيم (Ø) بين (3،4−) بلغت القيمة العظمى (4)في العينات الأكثر عمقاً وبعداً عن الشاطئ، في حين أخذت قيمة(Ø) تتناقص تدريجياً في العينات الأقل عمقاً لتبلغ قيمتها العظمى(3−) وقد سادت رسوبيات متنوعة،كانت النسبة الأكبر رملية(الناعمة،الخشنة،والناعمة جدا)، تلتها الرسوبيات قليلة الحصى والرمال الحصوية،وعينة من السلت الرملي و الغضار ،مما يشير إلى طاقة منخفضة إلى متوسطة، وكان التراكم الأكبر للعينات على المناخل ذات القطر (3،4)مم.

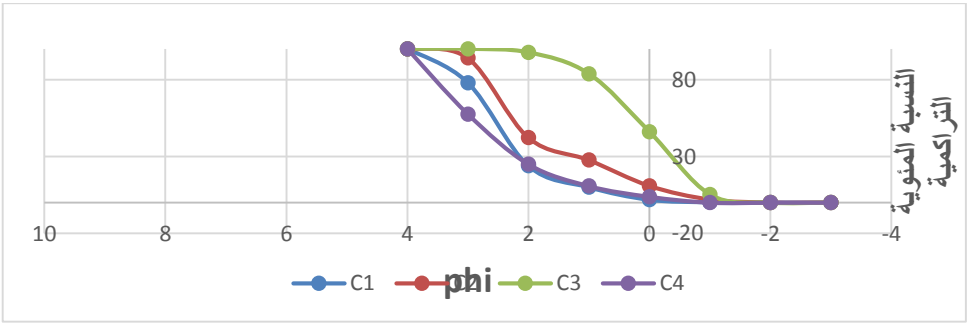
في منطقة البحيص كانت المحطات (C,M,S)تراوحت قيم (Ø) بين(2,4−)،بلغت القيمة العظمى(4) الأكثر عمقاً وبعداً عن الشاطئ، في حين أخذت قيمة(Ø) تتناقص تدريجياً في العينات الأقل عمقاً لتبلغ قيمتها العظمى(2−)، وقد اختلف تجمع الحبات على أقطار المناخل حيث أن التجمع الأكبر على المناخل ذات الأقطار (2,3,4)،وكانت ذات رسوبيات مختلفة، الرسوبيات التي حصلت على النسبة الأكبر هي الرسوبيات الرملية، ثم الرمال قليلة الحصى، والرمال الحصوية،بالإضافة لنسبة قليلة من السلت الرملي ،دلالة على شروط الطاقة المنخفضة إلى المتوسطة في المنطقة،ويعزى هذا التنوع والاختلاف في الرسوبيات، لطبيعة المنطقة وتضاريسها وتأثير حركة الكتلة المائية.



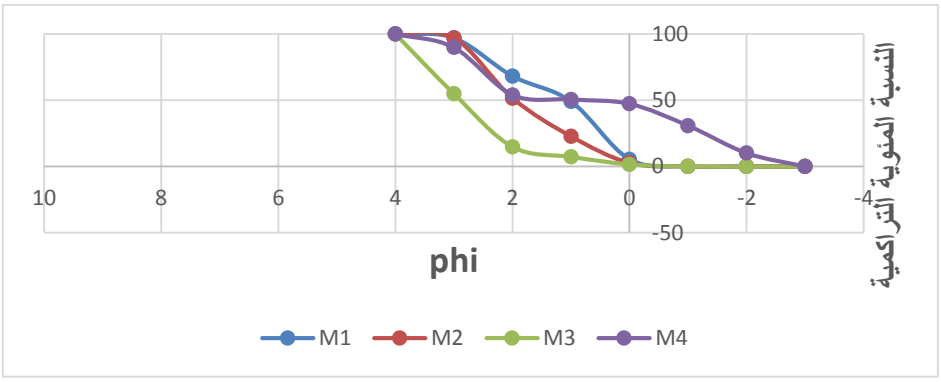
الشكل (2)المنحنيات التراكمية للعينات الرسوبية للمحطة Aمن منطقة العسالية.



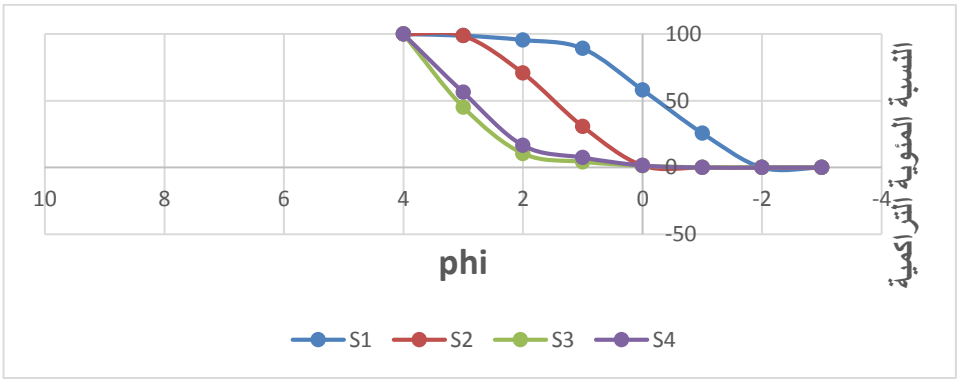
الشكل(3) المنحنيات التراكمية للعينات الرسوبية للمحطة B في منطقة العسالية.



الشكل(4) المنحنيات التراكمية للعينات الرسوبية للمحطة C من منطقة البحيص.



الشكل (5)المنحنيات التراكمية للعينات الرسوبية للمحطة M من منطقة البحيص.



الشكل (6) المنحنيات التراكمية للعينات الرسوبية للمحطة S من منطقة البحيص.

5-2 حساب المعاملات الإحصائية:

1-معامل الحجم المتوسط(MZ):هو مقياس لحجم الحبات الرسوبية ويعكس التغيرات في طاقة الوسط، كلما ازدادت قيمة المتوسط كانت دلالة على الحبات الناعمة وكلما تناقصت دلت على الحبات الخشنة (4)، ويتم حساب معامل الحجم المتوسط بالعلاقة:

$$M_Z = \frac{\phi 16 + \phi 50 + \phi 84}{3}$$

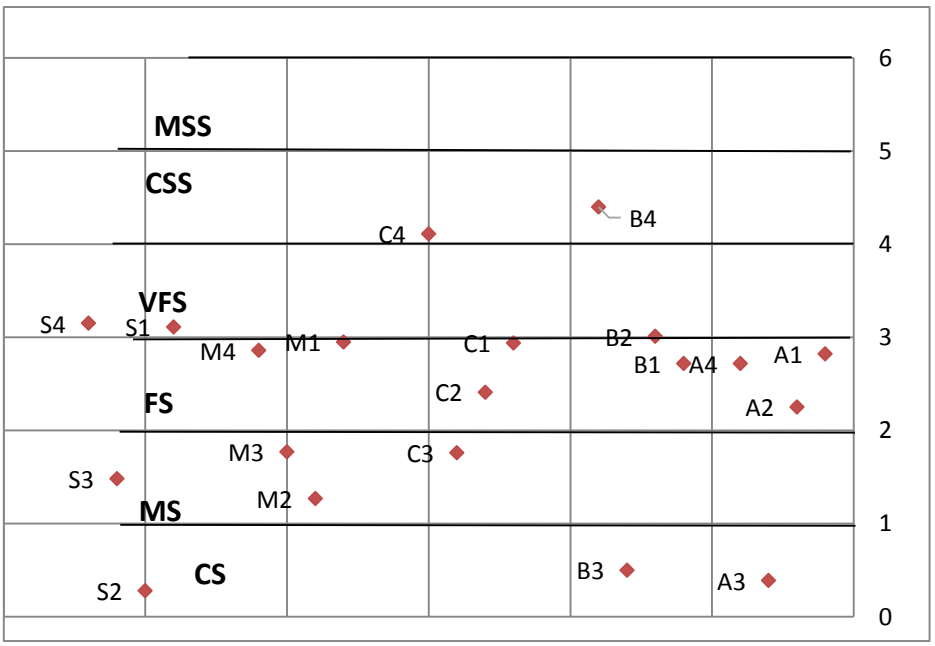
MZ: معامل المتوسط البياني.

Φ16: إسقاط القيمة (16%) من المنحني التكراري على محور Φ.

Φ50: إسقاط القيمة(50%) من المنحني التكراري على محور Φ.

Φ84: إسقاط القيمة (84%)من المنحني التكراري على محورΦ.

تراوحت قيم معاملات الحجم المتوسط بين (4.40)و(0.39) في منطقة العسالية، أي أن العينات كانت تسيطر عليها الرمال(ناعمة وناعمة جداً) والرمال الحصوية،وعينة من السلت، في ظروف طاقة متوسطة إلى منخفضة، وهذه الاختلافات تشير لتغير ظروف الطاقة،وتضاريسالمنطقة،وتأثير حركة الكتلة المائية في ترسبها.كما تراوحت قيم معاملات الحجم المتوسط بين(4.11)و(0.28) في منطقة البحيص، والعينات تسيطر عليها الرمال (ناعمة ومتوسطة، وناعمة جداً)والرمال الحصوية وعينة من السلت، وكانت النسب المئوية في المحطتين: (ناعمة40%،متوسطة20%،ناعمة جداً15%، خشنة15%،والسلت بنسبة 10%)مما يشير إلى ترسبها في ظروف طاقة منخفضة إلى متوسطة بنسبة أقل من العسالية، نظراً لاختلاف التضاريس، وتباين تأثير حركة الكتلة المائية عليها (الشكل 7).



(الشكل7): مخطط يمثل قيم معامل الحجم المتوسط البياني الشامل

2-معامل الانحراف المعياري (σ1):

يعبر مقياساً لفرز الرواسب ومؤشراً للتغيرات في طاقة الوسط(4)، ويوجد علاقة عكسية بين الانحراف المعياري وفرز الرسوبيات (5و6)، ويحسب:

$$\sigma_I = \frac{\phi 84 - \phi 16}{4} + \frac{\phi 95 - \phi 5}{6.6}$$

σ1: معامل الفرز البياني.

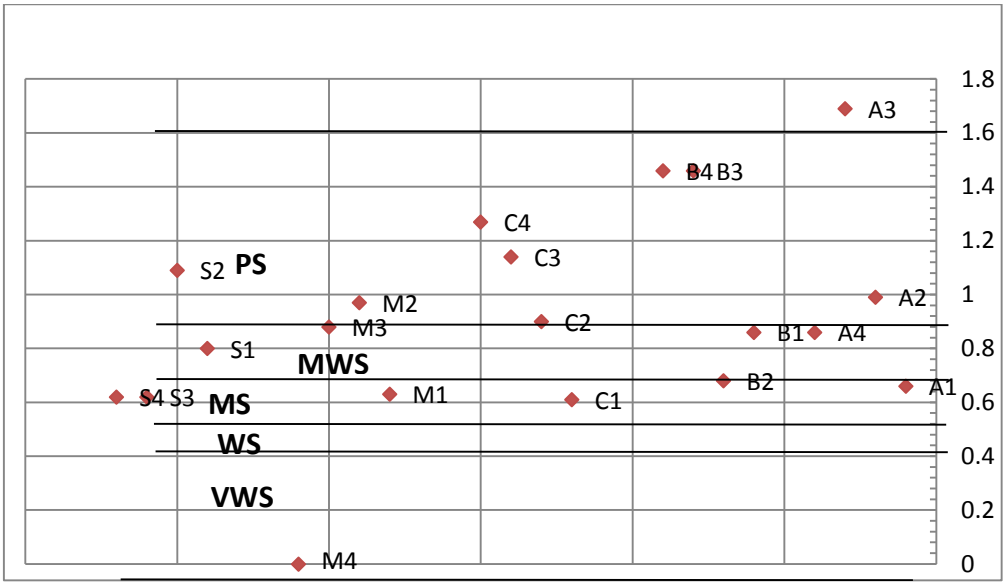
Φ84: إسقاط القيمة (84%) من المنحني التكراري على محور Φ.

Φ16: إسقاط القيمة (16%) من المنحني التكراري على محور Φ.

Φ95: إسقاط القيمة (95%) من المنحني التكراري على محور Φ.

Φ5: إسقاط القيمة (5%)من المنحني التكراري على محور Φ.

تراوحت في منطقة البحيص قيم الانحراف المعياري بين (1.27) و(0.62)، أي بين الفرز السيئ إلى الفرز المعتدل والمعتدل الجيد، ويشير الفرز السيئ إلى تغيرات في طاقات الوسط وتأثير حركة الكتلة المائية من أمواج ومد وجزر والتيارات المائية، كما تراوحت قيم معامل الانحراف المعياري بين (1.46)و(0.66) في منطقة العسالية، أي بين الفرز السيئ والفرز المعتدل والمعتدل الجيد، وكانت النسب المئوية في كلا المحطتين (الفرز المعتدل 45%، الفرز السيئ30%، الفرز الجيد20% والفرز المعتدل الجيد5%) مما يدل على اختلاف شدة طاقة الوسط بين المنخفضة والمتوسطة، وتأثير الأمواج والتيارات البحرية على فرز الحبيبات وترتيبها (الشكل8).



(الشكل8): مخطط يوضح قيم معامل الانحراف المعياري

3-معامل الميل البياني الشامل(SK):

يشير الالتواء إلى سيطرة الرسوبيات الناعمة أو الخشنة أثناء توزعها في بيئة الترسيب(7)وذلك وفق العلاقة التالية:

$$SK = \frac{\phi 16 + 2\phi 84 - 2\phi 50}{2(\phi 84 - \phi 16)} + \frac{\phi 5 + \phi 95 - 2\phi 50}{2(\phi 95 - \phi 5)}$$

SK:معامل الالتواء البياني.

Φ16:إسقاط القيمة (16%) من المنحني التكراري على محور Φ.

Φ84:إسقاط القيمة (84%) من المنحني التكراري على محور Φ.

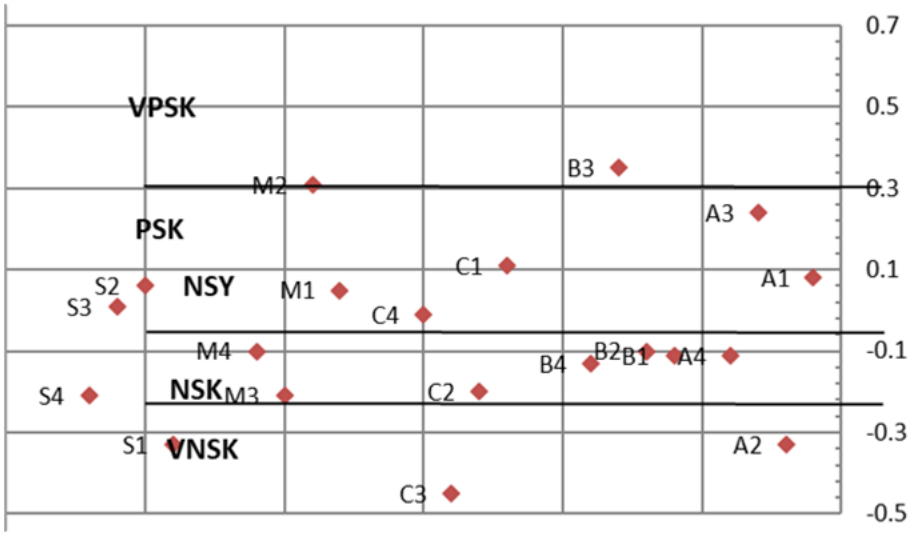
Φ50:إسقاط القيمة (50%) من المنحني التكراري على محور Φ.

Φ95:اسقاط القيمة (95%) من المنحني التكراري على محور Φ.

Φ5: إسقاط القيمة (5%) من المنحني التكراري على محور Φ.

في منطقة البحيص تراوحت قيم الالتواء بين (0.31)و(0.54-)أي بين الالتواء المائل نحو الايجابي وشبه المتماثل، إلى الالتواء المائل جداً نحو السلبي. ويدل الاختلاف بين الالتواء المائل نحو الايجابي

والالتواء المائل نحو السلبي إلى سيطرة طاقة متذبذبة(8).وذلك بسبب تقلب المناخ أثناء جمع العينات، كما اشتدت طاقة الرياح والأمواج وكانت شروط الطاقة المتذبذبة بين المتوسطة إلى المرتفعة هي المسيطرة.وفي منطقة العسالية تراوحت قيم الالتواء بين (0.35)و(0.45−) أي بين الالتواء المائل نحو الايجابي إلى الالتواء المائل جداً نحو السلبي، وكانت النسب المئوية في المحطتين:(الالتواء المائل نحو السلبي35%، الالتواء شبه المتماثل25%، الالتواء المائل جداً نحو السلبي20%، الالتواء المائل نحو الإيجابي10%والمائل جداً نحو الايجابي10%)، ويدل الالتواء شبه المتماثل للرسوبيات على ترسيب كان قد حدث ضمن مناطق محمية، فيها طاقة الوسط منخفضة ولا سيطرة لنموذج من الرسوبيات على حساب نموذج أخر(9).تمت ملاحظة ظروف طاقة المجال شبه المتماثل الدال على استقرار في ظروف الطاقة وانخفاض طاقة الوسط في منطقة الدراسة (الشكل9) .



الشكل(9) مخطط يوضح قيم معامل الميل البياني الشامل.

4-معامل التفرطح(KG):

يقيس التفرطح نسبة الفرز على طرفي منحني التوزعإلى نسبته في مركز المنحني(6).ويحسب معامل التفرطح وفق العلاقة التالية:

$$K = \frac{\phi 95 - \phi 5}{2.44(\phi 75 - \phi 25)}$$

K:معامل التفرطح البياني.

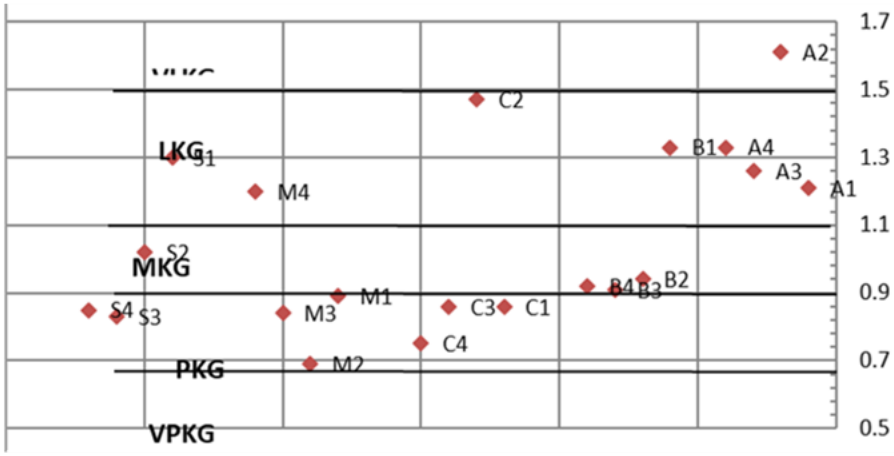
Φ95: إسقاط القيمة(95%)من المنحني التكراري على محور Φ.

Φ5:اسقاط القيمة (5%) من المنحني التكراري على محور Φ.

Φ25:إسقاط القيمة(25%) من المنحني التكراري على محور Φ.

Φ75:إسقاط القيمة (75%) من المنحني التكراري على محور Φ.

كانت قيم التفرطح في منطقة البحيص بين (1.47)و(0.86)أي بين المفرطح ومتوسط التفرطح، إلى المسطح وهذا مؤشر على ظروف طاقة متوسطة إلى منخفضة. أما في منطقة العسالية فقد توزعت قيم التفرطح بين (1.61) و(0.92)أي بين المفرطح جداً،المفرطح ومتوسط التفرطح إلى المسطح وهذا مؤشر على ظروف طاقة متغيرة.حيث كانت نسب التفرطح المئوية في كلا المحطتين(مسطح 40%،مفرطح 35%، متوسط التفرطح20%ومفرطح جداً20%)يدل ذلك على ظروف طاقة متذبذبة، متوسطة إلى منخفضة(الشكل 10).



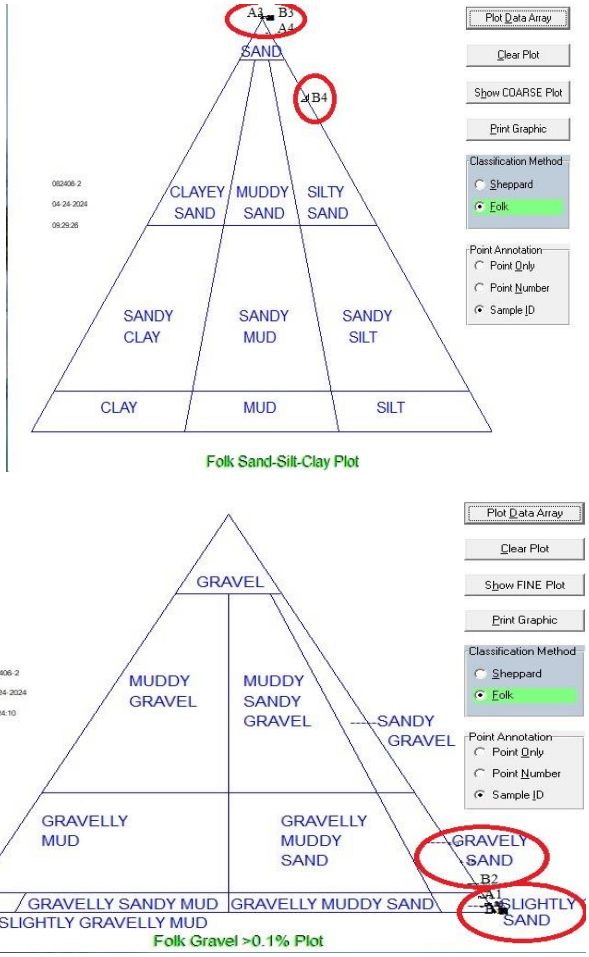
(الشكل 10):مخطط يوضح قيم معامل التفرطح

5-3-تصنيف الرسوبيات وفرزها:

أظهرت نتائج تحاليل العينات المأخوذة على طول منطقة الدراسة، حسب تصنيف العالم فولك Folk(8)، وباستخدام برنامج SEDPLOTوجود أربع نماذج رسوبية في منطقة الدراسة وهي: رمال (Sand)، رمال حصوية بنسبة ضئيلة (SlightlyGravely Sand)،رمال حصوية

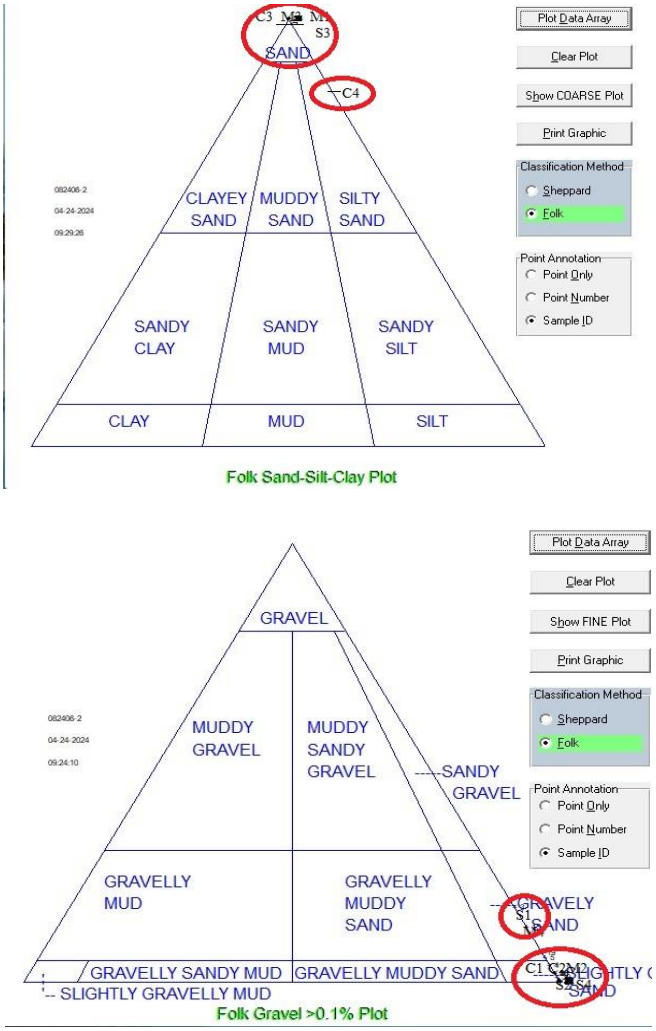
(GravelySand)وسلت رملي (SandySilt)، حيث أشارت النتائج إلى سيطرة الرمال والرمال الحصوية بنسبة ضئيلة تليها نسبة الرمل الحصوي ونسبة قليلة من السلت الرملي.

كانت عينات المحطةAغنية بالرسوبيات الرملية بين الناعمة والخشنة، بينما عينات المحطة B فقد تنوعت بين الرسوبيات الرملية الناعمة جداً، الناعمة، المتوسطة والخشنة، إضافة لعينة سلت رملي B4وهو ما يشير لتذبذب طاقة الوسط بين المتوسطة والمنخفضة (الشكل11).



(الشكل11):مثلثات القوام للمحطتينA وBفي منطقة العسالية

كانت العينات في المحطةCرملية ناعمة ومتوسطة وعينة سلت رملي4C، بينما سيطرت على عينات المحطتينM وSالرسوبيات الرملية الناعمة والرملية المتوسطة والخشنة، ويدل ذلك على طاقة الوسط المضطربة المائلة للانخفاض (الشكل12).



(الشكل12):مثلثات القوام للمحطاتC، M وSفي منطقة البحيص

5-5-دالة التمييز الخطي (LDF):

أجريت تحاليل دالة التمييز الخطية للتمييز بين العمليات المسيطرة في بيئة الترسيب باستخدام معادلات Sahuلعام 1964م (3)

1-العلاقة بين العمليات الريحية والبيئة الشاطئية:

Y1 (aeol: beach) = −3.5688 MZ + 3.7016 (Std. div)2 − 2.0766 SK1 + 3.1135 KG

Y1 (aeol:beach) < −2.7411:مؤشر إلى العمليات الريحية.

Y1 (aeol:beach) > −2.7411:مؤشر إلى البيئة الشاطئية.

2-العلاقة بين البيئات الشاطئية والبحرية الضحلة:

Y2(beach:sh. mar)= 15.6534MZ + 65.7091 (Std. div)2+ 18.1071SK1 + 18.5043 KG

Y2(beach:sh.mar) < 65.3650: مؤشر إلى التوضعات الشاطئية.

Y2(beach:sh.mar) > 65.3650:مؤشر إلى التوضعات البحرية الضحلة.

3-العلاقة بين العمليات النهرية والبحرية الضحلة:

Y3(sh.mar:fluv) = 0.2852MZ – 8.7604 (Std. div)2- 4.8932SK1 + 0.0482 KG

Y3(sh.mar:fluv) < -7.4190 مؤشر إلى التوضعات النهرية.

Y3(sh.mar:fluv) > -7.4190 مؤشر إلى التوضعات البحرية الضحلة.

4-العلاقة بين العمليات النهرية وتوضعات التيارات التوربيدية:

Y4 (fluv:turb) = 0.7215MZ + 0.403(Std. div)2+ 6.7322SK1 + 5.2927 KG

Y4 (fluv:turb) < 9.8433مؤشر إلى توضعات التيارات التوربيدية.

Y4 (fluv:turb) > 9.8433مؤشر إلى العمليات النهرية.

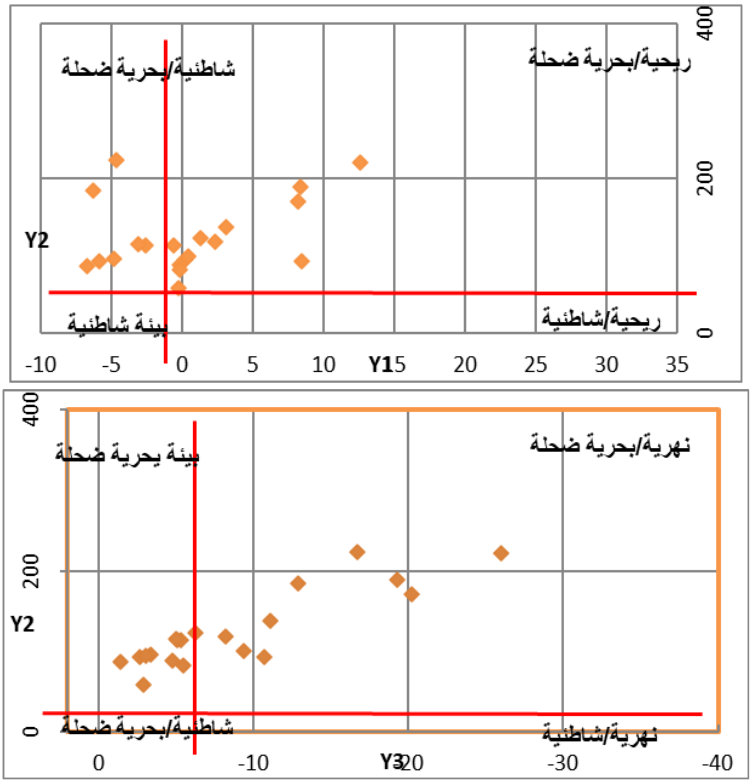
تم تطبيق المعادلات، وأظهرت نتائج الدالة الأولى Y1 سيطرة البيئات الشاطئية بنسبة70%،والعمليات الريحية بنسبة30%.

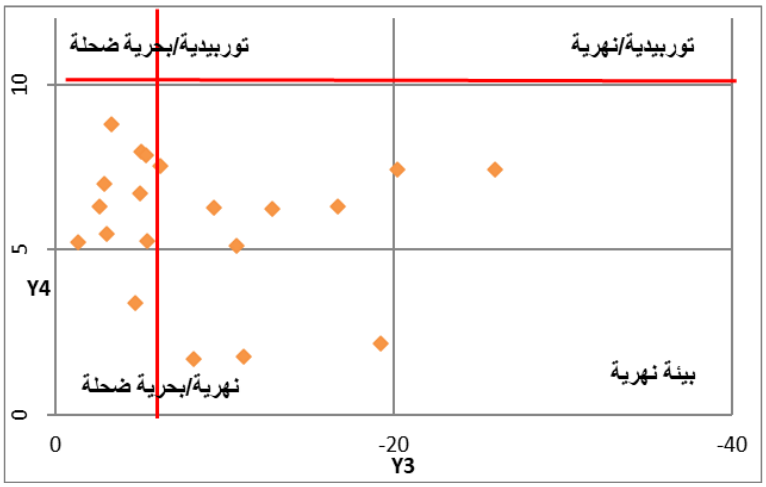
أظهرت نتائج الدالة الثانيةY2سيطرة كاملة للبيئات البحرية الضحلة بنسبة 100%.

أظهرت نتائج الدالة الثالثة Y3سيطرة البيئات البحرية الضحلة بنسبة65%، وتأثير للعمليات النهرية بنسبة35%.

أظهرت نتائج الدالة الرابعة Y4سيطرة العمليات التوربيدية بنسبة100%

بينت هذه النتائج سيطرة البيئة الشاطئية والبحرية الضحلة مع تأثير واضح للعمليات التوربيديةوبنسبة أقل للعملياتالريحية والنهرية، ويظهر (الشكل 13) مخططات لنتائج المقارنات بين دالات التمييز الخطية.



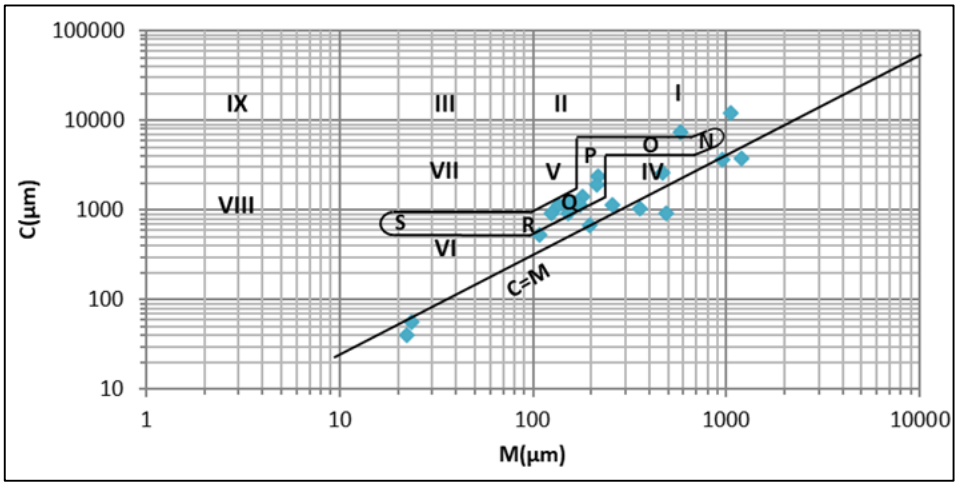


(الشكل 13):مخططات نتائج دالة التمييز الخطية لجميع العينات في العساليةوالبحيص

5-6-مخطط CM:

توفر دراسة مخطط CM معلومات حول مصدر الرسوبيات وتحديد آلية النقل لهذه الرسوبيات،دحرجة ضمن النطاق(NO)، والتعليق السفلي والدحرجة ضمن النطاق(ORQ)،والتعليق المتدرج مع بعض الحبيبات المنقولة بالدحرجة (PQ)،والتعليق المنتظم(RS)والتعليق السطحي(S)،بالإضافة إلى المقطعين(IX-III-II-I)حيث تكون العينات ضمنه منقولة بالدحرجة،بينما المقطع(VIII-VII-VI-V)تكون العينات ضمنه منقولة كمعلقات.

نلاحظ من خلال مخطط .CM في منطقتي العسالية والبحيص أن جزءاً كبيراً من الرسوبيات شغلت القطاعين(PQ)و(QR)الذي يشير إلى الحبات الرسوبية المنقولة عبر التعليق المتدرج مع بعض الحبيبات المنقولة عبر الدحرجة، كما شغلت الرسوبيات القطاع(V-VI-VII)، والذي يدل على أن العينات تم نقلها كمعلقات، ونسبة قليلة من العينات تقع ضمن القطاع (I)ويشير لنقلها بالدحرجة،مع وجود تذبذب لبعض العينات ويعزى ذلك لاضطراب حالة الجو،ويظهر ذلك في (الشكل 14).



(الشكل14):يوضح توزع العينات على مخطط CM

5-7-البارامترات الإحصائية:أجريت تحاليل دالة التمييز الخطية للتمييز بين العمليات المسيطرة في بيئة الترسيب باستخدام معادلات Sahuلعام 1964م (3) (الجدول 3) و(الجدول 4).

تم استخدام الاختصارات التالية في الجدولين التاليين والأشكال اللاحقة:CS: رمال خشنة،MS: رمال متوسطة،FS: رمال ناعمة،VFS: رمال ناعمة جداً،WS: فرز جيد،MWS: فرز معتدل جيد،MS: فرز معتدل،PS: فرز سيئ،VPSK: مائل جداً نحو الإيجابي،PSK: مائل نحو الإيجابي،NSY: شبه متماثل إلى متماثل تماماً،NSK: مائل نحو السلبي،VNSK: مائل جداً نحو السلبي،PKG: مسطح،MKG: متوسط التفرطح،LKG: مفرطح و VLKG مفرطح جداً.

(الجدول3): يمثل قيم البارامترات الإحصائية ونتائج دالة التمييز لمنطقة العسالية

رقم العينة	نوع الرسوبيات	المتوسط MZ	الفرز σ1	الالتواء SK	التفرطح KG	دالات التمييز الخطي			
						y1	y2	y3	y4
A1	رمل حصوي بنسبة ضئيلة	2.82 FS	0.66 MWS	0.08 NSY	1.21 LK_G	ريحية	بحرية ضحلة	بحرية ضحلة	توربيدية
A2	رمل	2.25 FS	0.99 MS	-0.33 VNS_K	1.61 VLK_G	شاطئية	بحرية ضحلة	بحرية ضحلة	توربيدية
A3	رمل حصوي بنسبة ضئيلة	0.39 CS	1.69 PS	0.24 PS_K	1.26 LK_G	شاطئية	بحرية ضحلة	نهرية	توربيدية

توربيدية	بحرية ضحلة	بحرية ضحلة	شاطئية	1.33 LK_G	-0.11 NS_K	0.86 MS	2.72 FS	رمل	A4
توربيدية	بحرية ضحلة	بحرية ضحلة	ريحية	0.94 LK_G	-0.1 NSY	0.68 MWS	3.01 VFC	رمل حصوي بنسبة ضئيلة	B1
توربيدية	نهرية	بحرية ضحلة	شاطئية	0.91 MK_G	0.35 VPS_K	1.46 PS	0.5 CS	رمل حصوي	B2
توربيدية	بحرية ضحلة	بحرية ضحلة	شاطئية	1.37 LK_G	-0.45 VNS_K	0.82 MS	2.1 FS	رمل	B3
توربيدية	نهرية	بحرية ضحلة	ريحية	0.92 MK_G	-0.13 NSk	1.46 PS	4.4 CSS	سلت رملي	B4

ملاحظة(1): تحدث التيارات التوربيدية نتيجة تدحرج الرواسب البحرية (الرمل الحصوي بنسبة ضئيلة، الرمل والسلت) من الحافة القارية شديدة الانحدار نحو البحر، وكانت البيئة الرسوبية البحرية الضحلة والشاطئية في منطقة العسالية التي سادت في منطقة أخذ العينات، عاملاً أساسياً في نشأتها.

ملاحظة(2)عملية الترسيب الريحيةAeolian process:(10) تتضمن النقل والترسيب بفعل الرياح،حيث تؤثر الرياح على تزّسب حمولتها تبعاً لقدرتها على النقل وحجم الحبات الرسوبية المحمولة كما في العينة B4، كانت العمليات الترسيبية ريحية وتم الاستدلال عليها بحساب المعادلة Y1 وفقSahu (3).

(الجدول 4): يمثل قيم البارامترات الاحصائية ونتائج دالات التمييز الخطية لمنطقة البحيص

C1	رمل حصوي بنسبة ضئيلة	2.94 FS	0.61 MWS	0.11 pS_K	0.6 pK_G	شاطئية	بحرية ضحلة	بحرية ضحلة	توربيدية
C2	رمل حصوي بنسبة ضئيلة	2.41 FS	0.9 MS	-0.2 NS_K	1.47 LK_G	شاطئية	بحرية ضحلة	نهرية	توربيدية
C3	رمل	1.76 MS	1.14 PS	-0.54 VNS_K	0.86 PK_G	شاطئية	بحرية ضحلة	بحرية ضحلة	توربيدية
C4	سلت رملي	4.4 CSS	1.27 PS	-0.01 NSK	0.75 pKG	ريحية	بحرية ضحلة	نهرية	توربيدية
M1	رمل	2.95 FS	0.63 MWS	0.05 NSY	0.89 PKG	شاطئية	بحرية ضحلة	نهرية	توربيدية
M2	رمل حصوي بنسبة ضئيلة	1.27 MS	0.97 MS	0.31 NSK	0.69 LKG	شاطئية	بحرية ضحلة	بحرية ضحلة	توربيدية
M3	رمل	1.77 MS	0.88 MS	-0.3 NSK	0.84 LKG	ريحية	بحرية ضحلة	بحرية ضحلة	توربيدية
M4	رمال حصوية	2.86 FS	0.89 MS	-0.21 NSK	1.2 LKG	شاطئية	بحرية ضحلة	نهرية	توربيدية
S1	رمال حصوية	3.11 VFS	0.8 MS	-0.33 VNSK	1.3 LKG	شاطئية	بحرية ضحلة	نهرية	توربيدية
S2	رمل حصوي بنسبة ضئيلة	0.2 CS	1.09 PS	0.06 NSY	1.02 MKG	شاطئية	بحرية ضحلة	بحرية ضحلة	توربيدية
S3	رمل	1.4 Ms	0.82 Ms	0.01 NSY	0.83 PKG	ريحية	بحرية ضحلة	بحرية ضحلة	توربيدية
S4	رمل حصوي بنسبة ضئيلة	3.15 VFs	0.62 MWs	-0.21 NSk	0..85 PKG	شاطئية	بحرية ضحلة	نهرية	توربيدية

6-الاستنتاجات والتوصيات:

6-1-الاستنتاجات:

1-أظهرت نتائج الحجم الحبيبي وجود أربع نماذج رسوبية في منطقة الدراسة وهي: رمال (Sand) رمال حصوية بنسبة ضئيلة (Slightly Gravely Sand)،رمال حصوية (Gravely Sand) وسلت رمليٍ(Sandy Silt)وأشارت النتائج إلى سيطرة الرمال والرمال الحصوية بنسبة ضئيلة وبنسبة قليلة الرمل الحصوي والنسبة الأقل للسلت الرملي.

2-أظهرت نتائج دراسة المعاملات الإحصائية (المتوسط، الفرز، الالتواء والتفرطح) على أن رسوبيات المنطقة تراوحت بين الرمال الخشنة والرمال الناعمة جداً والسلت مع سيطرة واضحة للرمال الناعمة، ذات فرز معتدل ومعتدل جيد إلى فرز سيء، وذات التواء من المائل نحو السلبي إلى المائل نحو الإيجابي، مع سيطرة العينات المفرطحة ونسبة أقل العينات المسطحة.

3-كما أشارت نتائج تحاليل دالة التميز الخطي سيطرة البيئة الشاطئية والبحرية الضحلة مع تأثير واضح للعمليات التوربيدية وبنسبة أقل للعمليات الريحية والنهرية.

4-من خلال دراسة مخطط CM تبين أن الحبات الرسوبية نُقلت عبر التعليق المتدرج مع بعض الحبيبات المنقولة عبر الدحرجة،وفق توضعها ضمن القطاعين(PQ)و(QR)، وباقي الرسوبيات تم نقلها كمعلقات بسبب شغلها للمقطع (V-VI-VII)، معوجود تذبذب لبعض العينات ويعزى ذلك لاضطراب حالة الطقس، أثناء الاعتيان.

5-تشير النتائج السابقة إلى أن الترسيب حدث تحت ظروف طاقة متذبذبة متوسطة إلى منخفضة.

5-2-التوصيات:

1-إنشاء خرائط توزع للرسوبيات على كامل الساحل السوري.

2-دراسة التركيب الفلزي لرسوبيات المنطقة وتحديد مدى إمكانية الاستفادة منها.

3-تحديد المحتوى المستحاثي ضمن رسوبيات المنطقة وتصنيفه.

6-المراجع References:

1-EDWARDS, A. C. 2001, Grain Size and Sorting in Modern Beach Sands. Journal of Coastal Research,vol 17, 1, 38-52pp.

2-EDIGER, V. 2020, Grain Size Distributions in Airborne Dust, River-Suspended Loads, and Marine Sediments from Southeastern Turkey (Ne Mediterranean Sea). Turkish Journal of Earth Sciences,vol 29.1033-1047pp.

3-FRIEDMAN,G 1979, Differences in size distributions of populations of particles among sands of various origins: addendum to IAS Presidential Address,Sedimentology, vol. 26. 859-862 pp.
4-SAHU,B 1964, Depositional mechanisms from the size analysis of clastic sediments, Journal of Sedimentary Research, vol. 34. 73-83pp.
5-GHADEER,S 2016, Study of sediment characteristics and distribution in the southern section of the Syrian continental shelf, Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies, vol. 38. 9-25(In ArabicHEININGER,Pet al, 2015- Sediment Matters. Springer, New York, 247p.
6-GHADEER,S 2017, Textural Characteristics and Distribution of Coastal Sediments in the Northern Section of the Syrian Continental Shelf, Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies, vol. 39. 73-87pp.
7-GHADEER,S 2022, Grain Size Analysis and Characterization of Sedimentary Environment of the Surface Sediments along the Syrian Coast, Umm Al-Tuyour (Latakia), Marine Georesources &Geotechnology, vol. 42. 8-141pp.
8-REDDY,Det al, 2008 Textural characteristics of south western part of Mahanadi Delta, east coast of India,Jour. Ind. Assoc. Sed., vol. 27. 111-121pp.
9-FOLK,R and WARD,W 1957. Brazos River bar [Texas]; a study in the significance of grain size parameters, Journal of Sedimentary Research, vol. 27. 3-26pp.
10-GHADEER,S. & RSLAN,Y. 2025, Accumulation and Distribution of Microplastic Particles in Resent Coastal Sediments from Syrian Coast and Determination of Medium Energy .Journal of King Abdulaziz University: Marine Science,35(1),75-9.

اصطناع مشتق سلفوني جديد لمركب الهيدروكينون (1،4– ثنائي هيدروكسي البنزين) وفق تفاعل فريدل فريدل – كرافت

فارس غالي* ، د. محمد كيشي**

الملخص

تم في هذا البحث إجراء تفاعل اصطناع للحصول على مركب 2–(4–متيل فينيل سلفونيل) هيدروكينون باستخدام شروط مدروسة ومناسبة، وفق مرحلتين حيث تضمنت المرحلة الأولى تحضير الكاشف السلفوني حمض بارا تولوين سلفونيك (PTSA) يليه المرحلة الثانية القائمة على مفاعلته مع الهيدروكينون بنسبة مولية (2:1) (الهيدروكينون: PTSA)، وذلك عند درجة حرارة 100 درجة مئوية، وزمن تفاعل قدره 15 ساعة حيث تم الحصول على المركب المطلوب بانتقائية جيدة ومردود 65%.

تم دراسة حفازات لويس ($AlCl_3$,$FeCl_3$,$HgCl_2$) عند إجراء التفاعل، حيث بينت نتائج الدراسة أفضلية حفاز كلوريد الألمنيوم على حفازات كلوريد الحديد وكلوريد الزئبق.

تم تتبع سير التفاعل باستخدام كروماتوغرافيا الطبقة الرقيقة TLC وتم فصل الناتج بالاستخدام الاستخلاص سائل–سائل.

تم تأكيد البنية الجزيئية للمركب الناتج باستخدام مطيافيتي FT-IR و^{1}H-NMR

الكلمات المفتاحية: هيدروكينون، سلفون، فريدل كرافت، حفازات لويس.

*) طالب ماجستير: قسم الكيمياء (كيمياء عضوية) – كلية العلوم –جامعة حمص–حمص– سوريا.

**) أستاذ مساعد في الكيمياء العضوية: قسم الكيمياء– كلية العلوم–جامعة حمص–حمص– سوريا.

Synthesis of a new sulfone derivative of hydroquinone (1,4-dihydroxybenzene) via the Friedel-Crafts reaction

Fares Ghali *, Dr. Mohammad keshe **

Abstract

In this research, an interactive synthetic reaction was carried out to obtain the compound 2-(4-methylphenylsulfonyl) hydroquinone using well-studied and suitable conditions, based on two stages. In the first stage, the sulfonyl reagent PTSA was prepared, followed by the second stage based on its reaction with hydroquinone in a molar ratio of

(1:2) (hydroquinone:PTSA), at a temperature of 100°C and a reaction time of 15 hours, where the desired compound was obtained with good selectivity and an average yield of 65%.
Various Lewis catalysts were studied in the reaction, and the results indicated the preference of aluminum chloride as a catalyst over iron chloride and other mercury chloride catalysts.

The reaction progress was monitored using thin-layer chromatography (TLC), and the product was separated using liquid-liquid extraction.
The molecular structure of the resulting compound was confirmed using FT-IR and H1-NMR spectroscopy.

Keywords: Hydroquinone, Sulfone, Friedel-Crafts, Lewis catalysts.

*) Master Student: Department of chemistry (Organic Chemistry) - Faculty of science-homs university Homs - Syria
**) Doctor of Organic Chemistry: Department of chemistry - Faculty of science- homs university Homs-Syria

1. المقدمة (Introduction):

يشهد الزمن الحالي تسارعاً كبيراً للباحثين في اصطناع مشتقات جديدة يمكن استخدامها في العديد من النواحي التطبيقية والدوائية وغيرها ومن أبرز هذه المركبات هي مشتقات الكينون التي تمثل

فئة من المركبات العضوية الحلقية الحاوية على هيكل ثنائي كيتون، حيث يعود الظهور الأول لمركبات الكينون الى أوائل القرن الثامن عشر عندما تم الحصول على مركب 4,1- بنزوكينون انطلاقاً من أكسدة حمض الكينيك الذي تم عزله من نبات الكينا [1-3].

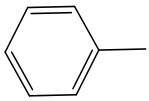
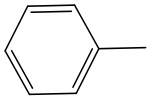
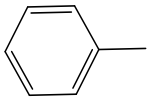
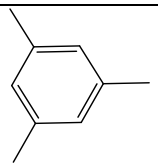
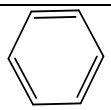
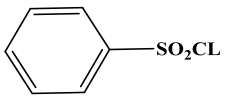
تتوزع الكينونات على نطاق واسع في النباتات والفطريات والبكتيريا والمفصليات وشوكيات الجلد [1] وتتميز المركبات العضوية التي تحتوي في بنيتها على هيكل الكينون بأدوار هامة، منها مضاد للأورام ومضاد للبكتيريا ومضاد للملاريا على سبيل المثال [4] ، كما تتوزع الكينونات على أربع فئات أساسية هي: البنزوكينون (BQ)، النفتاكينون (NQ)، الأنتراكينون (AQ)، البولي كينون (PQ)، بناء على ما سبق تم اصطناع وإدخال العديد من الزمر الوظيفية على بنية الكينونات حيث نذكر منها المشتقات الأمينية [5-6]، و التيولية [7]، و الإيثرية [8]، و الكلورية [9]، و السلفونية [10]، و الغولية [11]، و السلفونياميدية [12]، وأخيراً مشتقات السلفونات [13]، من جهة أخرى شغلت زمرة السلفون -SO_2- اهتمام الباحثين بشكل كبير لما لها من أدوار هامة حيث تعمل بعض المركبات الحاوية على هذه الزمرة دوراً كبيراً كمضادات الالتهاب [14] ومضادات البكتيريا [15] وكذلك الامر تدخل في الإضافات الغذائية كالسكارين [16].

انطلاقاً من أهمية لمركبات الكينونات أو زمرة السلفون العضوية تم طرح فكرة إدخال زمرة السلفون إلى المركبات الكينونية وفق آليات مختلفة، نذكر منها آلية فريدل كرافت حيث يُستخدم هذا التفاعل في إدخال زمرة السلفون الى المركبات العضوية انطلاقاً من المركب الحاوي على زمرة السلفونيك-SO_3H أو على كلور السلفونيل SO_2Cl- أو بلا ماء السلفونيك

-SO_2-O-SO_2- بوجود حفازات لويس

- حيث تم طرح العديد من الأوراق البحثية لهذه الالية وعن كيفية زيادة المردود فيها اعتماداً على نسب الحفازات المُستخدمة أو دمج الحفاز مع مركبات أخرى لزيادة المردود، حيث يمكن ايجاز هذه الدراسات في بالجدول (1) التالي:

الجدول(1): اختلاف مردود تفاعل سلفنة فريدل كرافت باختلاف الحفاز المستخدم ومواد الانطلاق.

الركازة	الكاشف السلفوني	الحفاز	الزمن h	الحرارة ^oC	المردود %	المرجع
	TsCL	Fe^{3+}-mont	6	120	85	[17]
	Ts_2O	Fe^{3+}-mont	6	120	92	
	TsOH	Fe^{3+}-mont	24	138	63	
	R^1-C_6H_4-SO_2Cl	[bmim]Cl.$FeCl_3$	2	30	89	[18]
		[BTBA]Cl.$FeCl_3$	1 h	60	96	[19]
		Ps-$AlCl_3$ and SiO_2-$AlCl_3$	1.3 h	85	92	[20]

2. هدف البحث وأهميته (Research Aim and importance):

تكمن أهمية البحث في تطوير آلية سلفنة فريدل– كرافت من خلال الاعتماد على حفازات لويس لوحدها دون استخدام حوامل من البوليميرات او المركبات اللاعضوية الصلبة أو السوائل الأيونية.

- يهدف هذا البحث إلى:

1) دراسة شروط التفاعل السابق من (زمن ونوع الحفاز ونسبه).
2) اصطناع مشتق سلفوني كينوني للهيدروكينون اعتماداً على مرحلتين وتوصيفه باستخدام المطيافيات المناسبة FT-IR و ^{1}H-NMR.

3. القسم العملي:

3-1: الأجهزة والأدوات المستخدمة:

1- مطياف الطنين النووي المغناطيسي بروتوني نموذج 400 MHZ من شركة Bruker السويسرية الموجود في هيئة الطاقة الذرية.

2- جهاز مطيافية الأشعة ما تحت الأحمر FT-IR -4100 ومن شركة Jasco اليابانية جامعة دمشق.

3- صفائح كروماتوغرافيا الطبقة الرقيقة من الألمنيوم مطلية بالسيليكاجل 60F254 قياس 20 × 20 من شركة Merck الألمانية.

4- سخانة كهربائية مزودة بمحرك مغناطيسي.

5- فرن تجفيف كهربائي.

6- مضخة مائية موصولة بمكثف عكوس.

7- حوجلة زجاجية ثنائية الفتحة سعة 100 mL

8- قمع فصل زجاجي سعة 100 mL

9- دين ستارك.

10- ميزان تحليلي حساس بدقة تصل إلى 0.0001gr

11- ورق ترشيح من شركة Macherey-Nagel/ Germany بأبعاد 110mm (syringe filter) بمسامية تساوي (0.45µm).

3-2: المواد الكيميائية المستخدمة:

تولوين، حمض الكبريت المركز، ثلاثي كلوريد الحديد، ثلاثي كلوريد الألمنيوم، ثنائي كلوريد الزئبق، نترو البنزن، هيدروكينون، حلقي هكسانون، بروم البنزن، خلات الإيثيل، ميثانول جميعها من إنتاج شركة Sigma Aldrich.

4. طريقة العمل:

المرحلة الأولى: اصطناع المركب العضوي الحاوي على زمرة السلفونيك (حمض بارا تولوين سلفونيك) PTSA:

يضاف الى حوجلة كروية مصنفرة ثنائية الفتحة مزودة بمحرك مغناطيسي ومبرد عكوس وجهاز دين ستارك (Dean-Stark) التولوين (13.05gr,0.14mol) يليه إضافة حمض الكبريت المركز (12.74gr,0.13mol) بنسبة مولية (0,9:1) ثم يُحرك مزيج التفاعل في حمام زيتي لمدة ساعتين عند درجة حرارة 100 ^{o}C ، وعند انتهاء التفاعل يتم التبريد للحصول على بلورات من المُنتج ثم يتم الترشيح للتخلص من فائض التولوين وحمض الكبريت تليها عملية التسخين الى الدرجة 90 ^{o}C للتخلص من أثار الماء والتولوين ليتم الحصول على منتج صلب على شكل بلورات بيضاء بمردود 85% وبدرجة انصهار 103 ^{o}C .

المرحلة الثانية:

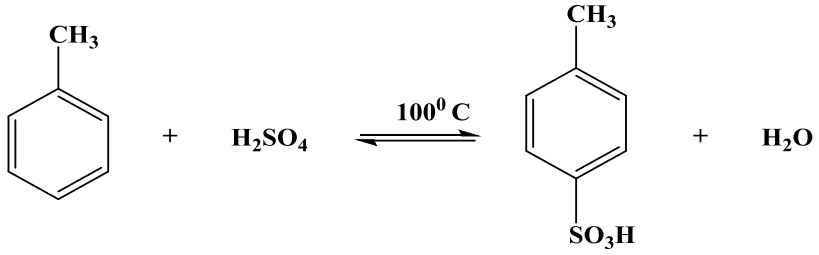
اصطناع المشتق السلفوني الكينوني 2-(4-متيل فينيل سلفونيل) هيدروكينون:

يضاف إلى حوجلة كروية مصنفرة ثنائية الفتحة مزودة بمحرك مغناطيسي ومبرد عكوس بلورات الهيدروكينون (0.1gr,0.0009mol) يليها إضافة بلورات من ناتج المرحلة الاولى (0.345gr,0,0018mol) بنسبة مولية (2:1) وحفاز $AlCl_3$ بالتدريج (0.483gr,0.0036 mol) بنسبة مولية 2 mol من ال PTSA في مذيب نترو البنزن يستمر التفاعل لمدة 15 ساعة عند درجة حرارة 100 ^{o}C حيث تتم مراقبة سير التفاعل بوساطة كروماتوغرافيا الطبقة الرقيقة "T.L.C" باستخدام جملة جرف مكونة من (خلات الإيثيل : ميثانول) بنسبة (25%:75%)، حيث تمت عملية فصل المنتج بتجفيف مزيج التفاعل للتخلص من مذيب نترو البنزن يليه الاستخلاص بقمع الفصل بوجود جملة (ماء-ثنائي كلور الميتان) عدة مرات ومن ثم فصل الطبقة العضوية و تجفيفها بكبريتات الصوديوم اللامائية وتجفيفها للحصول على بلورات المنتج النقي بمردود 65% ودرجة انصهار للمنتج 209-210 ^{o}C.

5. النتائج والمناقشة:

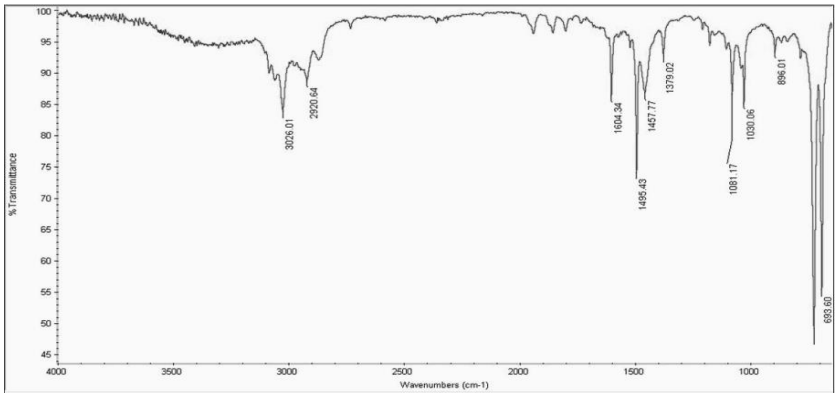
المرحلة الأولى:

أظهر تفاعل سلفنة التولوين في المرحلة الأولى مردوداً جيداً وقدره 85% [21] ويُعزى ذلك إلى فعّالية التولوين في تفاعلات الاستبدال الإلكتروفيلي لوجود زمرة المتيل المانحة ميزوميرياً ، من جهة أخرى على الرغم من أن زمرة الميثيل توجه إلى كلا الموقعين أورثو وبارا، إلا أن الناتج الوحيد المعزول كان أيزومر بارا، يُفسر ذلك بعاملين رئيسيين: تم حدوث استبدال لزمرة السلفونيك الساحبة ميزوميرياً على بنية التولوين مما أدى إلى زيادة إنتقائية التفاعل للحصول على بلورات مُستبدلة في موقع بارا فقط، يُضاف عامل آخر الى ذلك وهو الإعاقة الفراغية الحاصلة بين زمرة المتيل والسلفونيك، كما أن وجود فائض من التولوين يساهم في استبدال زمرة سلفونيك واحدة ويؤدي إلى سهولة فصل بلورات المنتج كون هذه البلورات غير مُنحلة في مذيب التولوين الذي يُعتبر مذيب ضعيف القطبية، إنّ مجموع هذه العوامل أدى إلى تحقيق مردود مرتفع نسبياً في بحثنا هذا.



التفاعل (1): تفاعل سلفنة التولوين باستخدام حمض الكبريت المُركز.

تم أخذ الطيف المرجعي الشكل(1) [22] للمادة الأولية التولوين، حيث لوحظ عصابات الامتصاص المميزة الخاصة بمركب التولوين وفق الجدول (2):

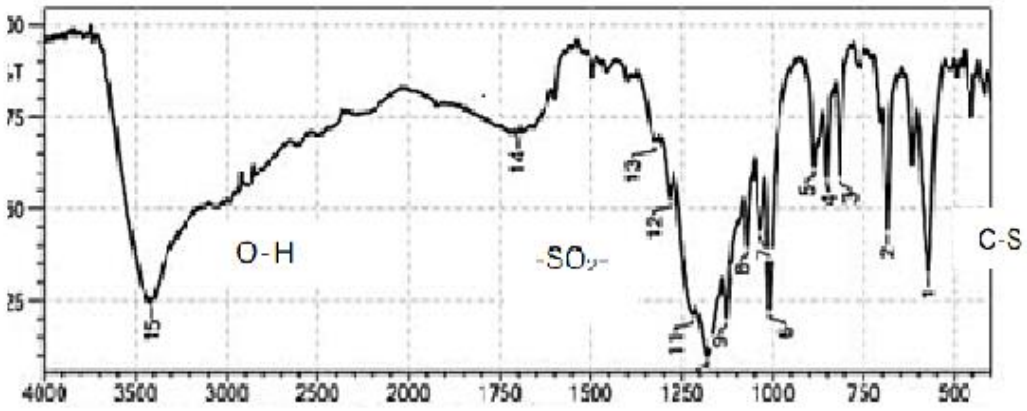


الشكل (1): طيف الأشعة تحت الحمراء للمادة الاولية التولوين

الجدول (2): تفسير طيف الأشعة تحت الحمراء ل "التولوين"

العدد الموجي cm^{-1}	المجموعة الوظيفية
1604	C=C
2847	$C\text{-}H_{SP^3}$ (alkyl)
3026	C-H (aromatic)
1495	C-C stretch in the aromatic ring

تم توصيف المركب المنتج بمطيافية الأشعة تحت الحمراء حيث يوضح وجود عصابة امتصاص واضحة ل O-H- وعصابة ل C-S و s=o بأطوال موجية متوافقة مع الطيف المرجعي في [23] ونلاحظ عصابات الامتصاص المهمة والموجودة في الجدول (3) :

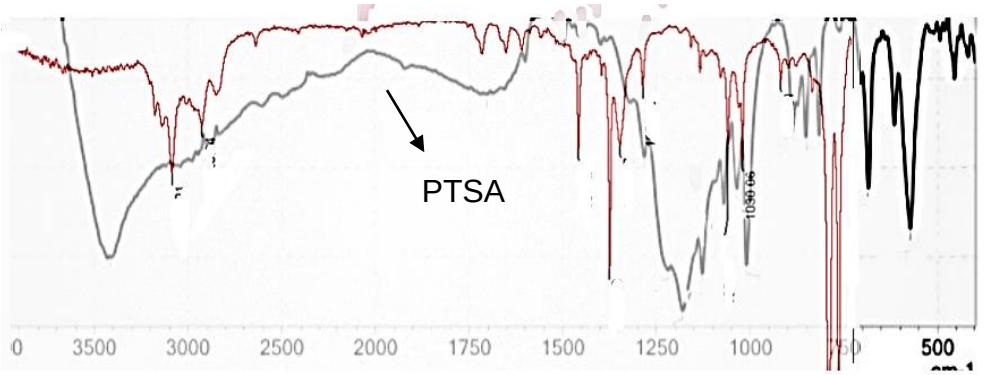


الشكل (2): طيف الأشعة تحت الحمراء لحمض بارا تولوين سلفونيك في KBr

الجدول (3): تفسير طيف الأشعة تحت الحمراء لـ " PTSA "

العدد الموجي cm^{-1}	المجموعة الوظيفية
572	C-S-
1128 1180	$-SO_2-$
3410	-O-H

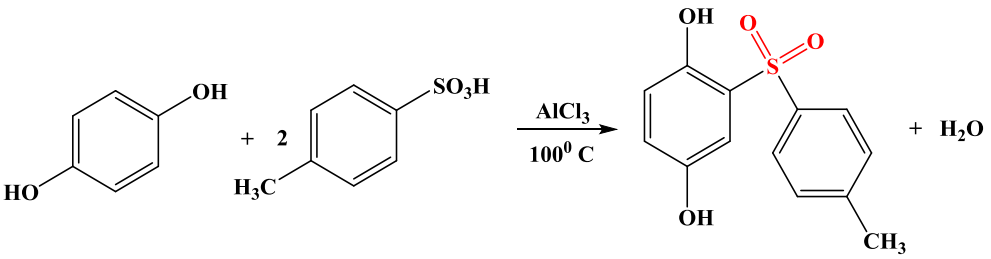
تم إجراء تراكب طيف المادة الأولية مع طيف المنتج حيث نلاحظ ظهور عصابات الامتصاص المميزة ل PTSA خاصة عصابة امتصاص زمرة السلفون وعصابة امتصاص زمرة الهيدروكسيل الخاصة بزمرة السلفونيك وذلك في الشكل(3):



الشكل (3): طيف تراكب المادة الأولية مع المنتج PTSA

المرحلة الثانية:

تم في المرحلة الثانية دراسة شروط التفاعل كما في الجدول (4) وانتقاء الشروط الأفضل، إن دخول أيون الالكتروفيل الناتج عن تنشيط زمرة السلفونيك نتيجة حمض لويس يتم حصراً على الموقع أورتو في الحلقة على اعتبار أن التّوجه الإلكتروني الناتج عن المنح الإلكتروني الميزوميري من زمر الهيدروكسيل يُعطي أفضلية لهذا الموقع، وعلى نطاقٍ آخر من الصعب حدوث استبدال أيون إلكتروفيلية مرة أخرى على بنية الحلقة العطرية كونها مُسبقاً حاوية على زمرة السلفون -SO_2- التي تعد زمرة ساحبة ميزومیرياً حيث تم في هذا التفاعل استخدام نسبة مولية مضاعفة من المركب العضوي الحاوي على السلفونيك وذلك لربط جزيئات الماء الناتجة عن التفاعل وبالتالي إزاحة التفاعل نحو الاتجاه المباشر وفق المعادلة التالية:

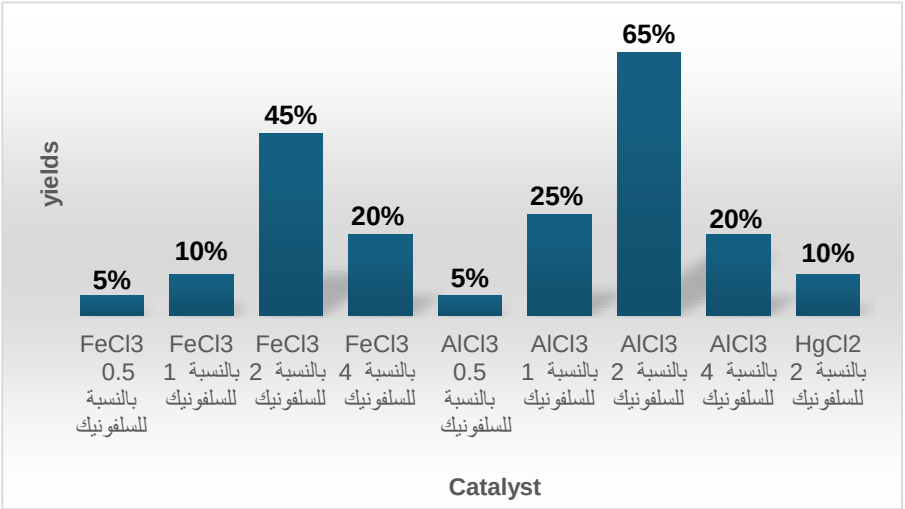


التفاعل (2): تفاعل سلفنة الهيدروكينون بمركب

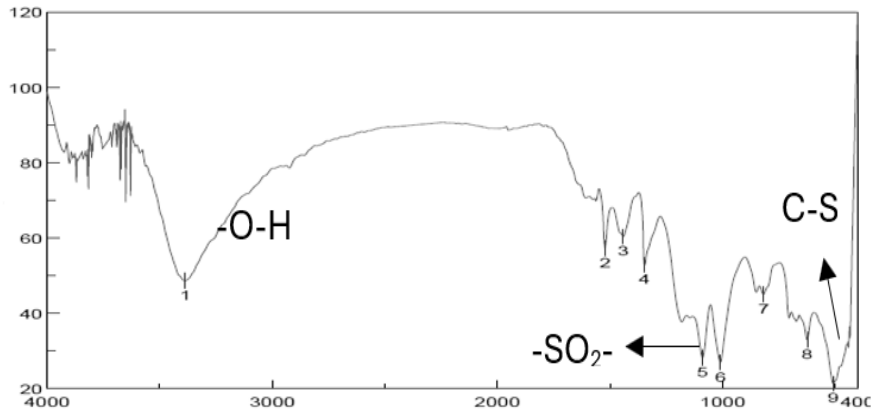
الجدول (4): الشروط المدروسة على تفاعل نموذجي للهيدروكينون مع ال PTSA

المردود	المذيب	(النسبة المولية للحفاز إلى(PTSA)	نسبة PTSA (mol)	نسبة الهيدروكينون (mol)
>5%	نترو البنزن	$FeCl_3$ (0.5)	2	1
>10%	نترو البنزن	$FeCl_3$ (1)	2	1
45%	نترو البنزن	$FeCl_3$ (2)	2	1
>20%	نترو البنزن	$FeCl_3$ (4)	2	1
>5%	نترو البنزن	$AlCl_3$ (0.5)	2	1
25%	نترو البنزن	$AlCl_3$ (1)	2	1
65%	نترو البنزن	$AlCl_3$ (2)	2	1
>20%	نترو البنزن	$AlCl_3$(4)	2	1
25%	نترو البنزن	$AlCl_3$(2)	1	2
35%	نترو البنزن	$AlCl_3$ (2)	1	1
>10%	نترو البنزن	$HgCl_2$(2)	2	1
50%	حلقي الهكسانون	$AlCl_3$ (2)	2	1
43%	بروم البنزن	$AlCl_3$ (2)	2	1

المخطط (1): اختلاف المردود باختلاف الحفاز ونسبة الحفا



تم توصيف المركب الناتج بمطيافية الأشعة تحت الحمراء بمقارنة الأطياف للمنتج مع طيف المادة الأولية نلاحظ انزياح واضح لعصابات الامتصاص للمنتج نحو الأعداد الموجية الأقل نتيجة دخولها في نظام ترافقي أكبر وتواجد الزمر المانحة ميزوميرياً وفيما يلي الجدول(5) الحاوي على أهم عصبات الامتصاص للروابط:

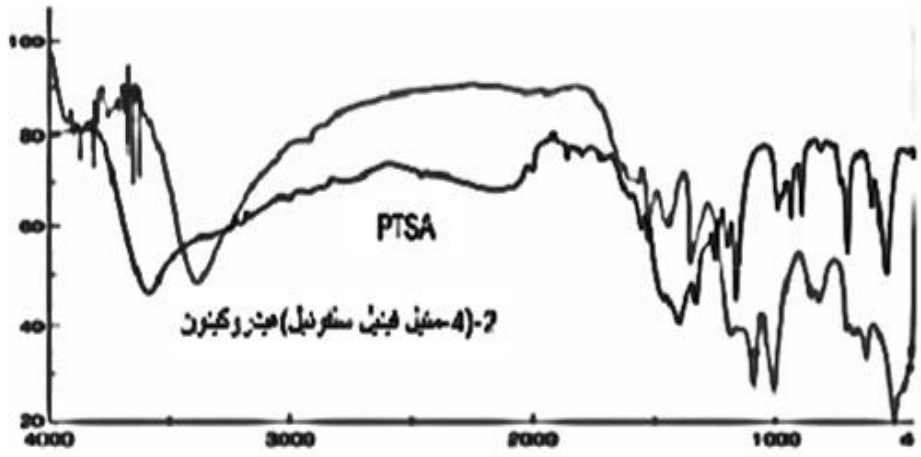


الشكل (4): طيف الأشعة تحت الحمراء ل " 2-(4-متيل فينيل سلفونيل) هيدروكينون " في KBr

الجدول (5): تفسير طيف الأشعة تحت الحمراء لـ "2-(4-متيل فينيل سلفونيل) هيدروكينون"

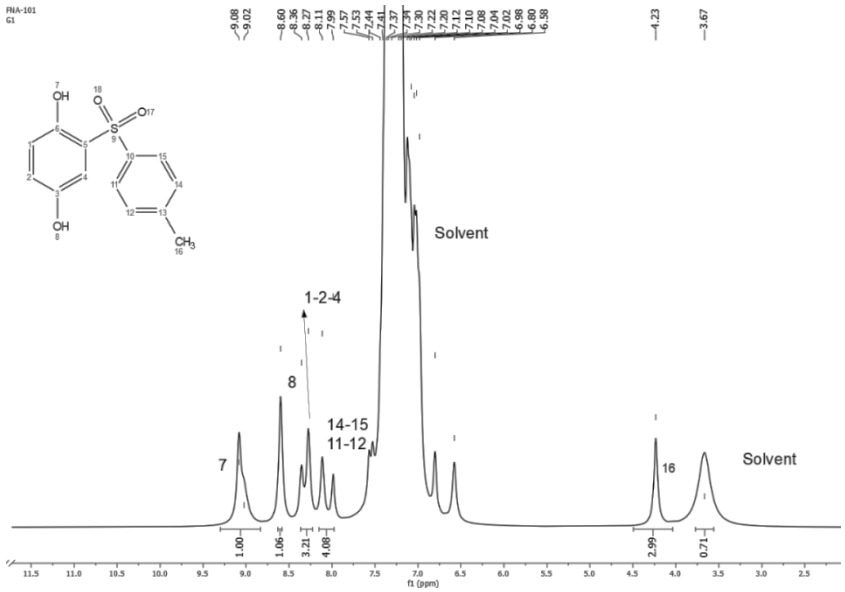
الرابطة	PTSA cm^{-1}	المنتج cm^{-1}
C-S-	572	509
O-H	3410	3380
-SO2-	1180 1219	1010 1090

من طيف تراكب المادة الأولية (PTSA) مع طيف المنتج، لوحظ الإنزياح الحاصل نحو الأعداد الموجية الأقل نتيجة النظام الترافقي الجديد ووجود زمر مانحة:



الشكل (4): طيف تراكب المادة الأولية مع المنتج 2-(4-متيل فينيل سلفونيل) هيدروكينون

تم أيضًا توصيف البلورات الناتجة بمطيافية الطنين النووي البرتوني حيث نلاحظ قمم الهيدروكسيل بحصة برتون تقريباً لكل منها، متفرقة مما يثبت دخول زمرة السلفون الى جوار إحدى زمر الهيدروكسيل، ووجود قمة أحادية بتكامل ثلاث برتونات يثبت وجود زمرة متيل في بنية المركب في انزياح 4.2ppm نتيجة لاتصالها المباشر بحلقة عطرية مرتبط فيها زمرة السلفون الساحبة ميزوميرياً :



الشكل (5): طيف H-NMR (400MHz, $CDCl_3$, δTMS = 0 ppm)

ويُظهر الجدول (6) الإنزياحات الكيميائية في طيف الطنين المغناطيسي النووي البروتوني للمركب الناتج

الجدول (6): قيم الإنزياحات الكيميائية في طيف الطنين المغناطيسي النووي البروتوني للناتج.

الحصة	رقم ذرة الهيدروجين	الإنزياح الكيميائي	نوع ذرة الهيدروجين
2.99	16	4.2 (S-3H)	أليفاتية
4.08	11,12,14,15,	8.27 (m-3H)	عطرية
3.21	1,2,4	8.31 (d-3H)	عطرية
1.06	8	8.6 (S-1H)	برتون فينولي
1	7	9.08 (S-1H)	برتون فينولي

6. الاستنتاجات:

- تم اصطناع مشتق سلفوني للهيدروكينون بمردود 65% على مرحلتين، حيث تضمنت المرحلة الأولى سلفنة التولوين للحصول على مركب PTSA وفي المرحلة الثانية تفاعل PTSA مع مركب الهيدروكينون بوجود حفاز لويس حيث تم توصيف المركبات الناتجة بالتقنيات الطيفية الحديثة.
- تم التوصل الى أن استخدام مذيب نترو البنزن وحفاز كلوريد الألمنيوم بنسبة مولية 2 من المشتق العضوي الحاوي على زمرة السلفونيك أعطى أفضل مردود وأفضل انتقائية.
- تم تحديد إمكانية استخدام حفازات محددة لوحدها في تفاعلات سلفنة فريدل كرافت.

7. المراجع:

[1] P. Claes, Synthesis of heterocyclic annulated quinones and quinoid compounds, Ghent: (Doctoral dissertation, Ghent University), 2013.

[2] "Jackson TC, Verrier JD, Kochanek PM. Anthraquinone-2-sulfonic acid (AQ2S) is a novel neurotherapeutic agent. Cell death & disease. 2013 Jan;4(1):e451-.".

[3] "Lautemann E. Concerning the reduction of quinic acid to benzoic acid and the conversion of the same to hippuric in animals. Ann. Chem. Pharm. 1863;125(9).".

[4] "El-Najjar N, Gali-Muhtasib H, Ketola RA, Vuorela P, Urtti A, Vuorela H. The chemical and biological activities of quinones: overview and implications in analytical detection. Phytochemistry Reviews. 2011 Sep;10(3):353-70.".

[5] "Ravichandiran P, Masłyk M, Sheet S, Janeczko M, Premnath D, Kim AR, Park BH, Han MK, Yoo DJ. Synthesis and antimicrobial evaluation of 1, 4□naphthoquinone derivatives as potential antibacterial agents. ChemistryOpen. 2019 May;8(5):589-600.".

[6] "Kacmaz A. Some new NH-, NH, S-, S, S-and NH, NH-substituted 1, 4-naphtho (benzo) quinones. Phosphorus, Sulfur, and Silicon and the Related Elements. 2020 Jan 2.".

[7] "Tandon VK, Singh RV, Yadav DB. Synthesis and evaluation of novel 1, 4-naphthoquinone derivatives as antiviral, antifungal and anticancer agents. Bioorganic & medicinal chemistry letters. 2004 Jun 7;14(11):2901-4.".

[8] "Manickam M, Boggu PR, Cho J, Nam YJ, Lee SJ, Jung SH. Investigation of chemical reactivity of 2-alkoxy-1, 4-naphthoquinones and their anticancer activity. Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters. 2018 Jun 15;28(11):2023-8.".

[9] "Li K, Wang B, Zheng L, Yang K, Li Y, Hu M, He D. Target ROS to induce apoptosis and cell cycle arrest by 5, 7-dimethoxy-1, 4-naphthoquinone derivative. Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters. 2018 Feb 1;28(3):273-7.".

[10] "Ge B, Wang D, Dong W, Ma P, Li Y, Ding Y. Synthesis of arylsulfonyl-quinones and arylsulfonyl-1, 4-diols as FabH inhibitors: Pd-catalyzed direct C-sulfone formation by CS coupling of quinones with arylsulfonyl chloride. Tetrahedron Letters. 2014 Oct 1;55(".*(40):5443-6.*.

[11] "Alimohammadi A, Mostafavi H, Mahdavi M. Thiourea Derivatives based on the dapsone□naphthoquinone hybrid as anticancer and antimicrobial agents: in vitro screening and molecular docking studies. ChemistrySelect. 2020 Jan 16;5(2):847-52.".

[12] "Rao MK, Reddy KN, Sridhar B, Reddy BS. Ru (II)-catalyzed α-sulfonamidation of cyclic β-ketoesters with sulfonyl azides. Tetrahedron Letters. 2019 Oct 10;60(41):151083.".

[13] "Lin TS, Xu S, Zhu L, Cosby LA, Sartorelli AC. Synthesis of 2, 3-diaziridinyl-1, 4-naphthoquinonyl sulfonate derivatives as potential antineoplastic agents. Journal of medicinal chemistry. 1989 Jul;32(7):1467-71.".

[14] "Harrak Y, Casula G, Basset J, Rosell G, Plescia S, Raffa D, Cusimano MG, Pouplana R, Pujol MD. Synthesis, anti-inflammatory activity, and in vitro antitumor effect of a novel class of cyclooxygenase inhibitors: 4-(Aryloyl) phenyl methyl sulfones. Journal," *of medicinal chemistry. 2010 Sep 23;53(18):6560-71.,* 2010.

[15] "Zhu YI, Stiller MJ. Dapsone and sulfones in dermatology: overview and update. Journal of the American Academy of dermatology. 2001 Sep 1;45(3):420-34.".

[16] "Ager DJ, Pantaleone DP, Henderson SA, Katritzky AR, Prakash I, Walters DE. Commercial, synthetic nonnutritive sweeteners. Angewandte Chemie International Edition. 1998 Aug 3;37(13□14):1802-17.," 1988.

[17] "Choudary BM, Chowdari NS, Kantam ML. Friedel–Crafts sulfonylation of aromatics catalysed by solid acids: An eco-friendly route for sulfone synthesis. Journal of the Chemical Society, Perkin Transactions 1. 2000(16):2689-93 .".

[18] "Alexander MV, Khandekar AC, Samant SD. Sulfonylation reactions of aromatics using FeCl3-based ionic liquids. Journal of Molecular Catalysis A: Chemical. 2004 Dec 1;223(1-2):75-83 .".

[19] "Bahrami K, Khodei MM, Shahbazi F. Highly selective catalytic Friedel–Crafts sulfonylation of aromatic compounds using a FeCl3-based ionic liquid. Tetrahedron Letters. 2008 Jun 9;49(24):3931-4 .".

[20] "Borujeni KP, Tamami B. Polystyrene and silica gel supported AlCl3 as highly chemoselective heterogeneous Lewis acid catalysts for Friedel–

Crafts sulfonylation of aromatic compounds. Catalysis Communications. 2007 Aug 1;8(8):1191-6 .".

[21] Wu JC, Wang BH, Zhang DL, Song GF, Yuan JT, Liu BF. Production of p□toluenesulfonic acid by sulfonating toluene with gaseous sulfur trioxide. Journal of Chemical Technology & Biotechnology: International Research in Process, Environmental & Clean Technology. 2001 Jun;76(6):619-23.

[22] Doley R, Barthakur M. Biodegradation of Monoaromatic hydrocarbons Toluene and Xylene through native bacterial strain Bacillus subtilis RD20

[23] Tran TA, Nguyen LD, Nguyen KN, Dang PH, Nguyen HT. A Brønsted-based deep eutectic solvent as a green catalyst for the sustainable one-pot synthesis of 1, 2, 4, 5-tetrasubstituted imidazole derivatives: in vitro cytotoxicity and in silico binding studies on HepG2 cells. RSC advances. 2026;16(17):15249-65.

دراسة لحساب سماكة الطبقة المتأثرة بالإشعاع لمواد حاوية على عنصر الروديوم في التطبيقات النووية

ملك العلي[1]

الملخص

إن هذه الدراسة تتناول تطبيق دراسة لتقدير التضرر الإشعاعي لعنصر الروديوم عند تعرّضه لتدفق نيوتروني حراري، في ظروف تماثل بيئة التشغيل داخل المفاعلات النووية. ينطلق النموذج من فكرة بسيطة لكنها فعّالة: تتبّع تناقص عدد النوى القابلة للتفاعل مع الزمن، اعتماداً على مقطع التفاعل والتدفق النيوتروني، ثم تحويل هذا التناقص إلى مؤشر فيزيائي ملموس يتمثل في سماكة الطبقة المتأثرة بالإشعاع. هذا الربط بين السلوك النووي والنتيجة يمنح النموذج قيمة تطبيقية واضحة. اعتمد التطبيق على بيانات لعنصر الروديوم، مع حساب سماكة الطبقة المتأثرة بالإشعاع عبر فترات تشغيل مختلفة. هذا الحساب يعكس الطبيعة التراكمية لعمليات التفاعل النووي، حيث تصبح المادة أقل قابلية للتفاعل بمرور الزمن، وهو ما ينعكس مباشرة على معدل التضرر. ومن اللافت أن الروديوم يُظهر معدل تضرر أقل مقارنة بمواد امتصاص شائعة، وهو ما يفتح المجال لاستخدامه في تطبيقات تتطلب استقراراً طويل الأمد، مثل كواشف النيوترونات أو الطلاءات الواقية في البيئات الإشعاعية. كما يبرز النموذج المستخدم كأداة تقدير أولية يمكن البناء عليها في دراسات أكثر تعقيداً.

الكلمات المفتاحية: الروديوم، سماكة الطبقة المتأثرة بالإشعاع، تدفق نيوتروني حراري.

[1] ماجستير في الفيزياء النظرية.

A Study to Calculate the Thickness of the Radiation-Affected Layer in Rhodium-Containing Materials for Nuclear Applications

Malak Al-Ali[2]

Abstract

This study investigates the application of a model to estimate the radiation damage of rhodium under thermal neutron flux conditions, mimicking the operating environment of nuclear reactors. The model is based on a simple yet effective concept: tracking the decrease in the number of reactive nuclei over time, depending on the reaction cross-section and neutron flux, and then converting this decrease into a tangible physical indicator: the thickness of the radiation-affected layer. This correlation between nuclear behavior and outcome gives the model clear practical value. The application relies on rhodium data, calculating the thickness of the radiation-affected layer over different operating periods. This calculation reflects the cumulative nature of nuclear reactions, where the material becomes less reactive over time, which directly impacts the rate of damage. Notably, rhodium exhibits a lower degradation rate compared to common absorbers, opening the door to its use in applications requiring long-term stability, such as neutron detectors or protective coatings in radiation environments. The model also stands out as a preliminary estimation tool that can be built upon in more complex studies.

Keywords: Rhodium, radiation-affected layer thickness, thermal neutron flux.

1. مقدمة

[2] Master in Theoretical Physics.

تُعد بيئة التشغيل الفيزيائية داخل قلب المفاعلات النووية واحدةً من أعقد البيئات الهندسية وأكثرها قسوة في العصر الحديث؛ نظراً لما تفرضه من تحديات جسيمة ناتجة عن التعرّض المستمر والمكثف لتدفقات نيوترونية عالية الكثافة وطاقات إشعاعية كبيرة. هذه الظروف الصارمة لا تكتفي بتهديد الأسطح الخارجية للمواد الإنشائية والوظيفية فحسب، بل تمتلك نفاذية عالية تُمكّنها من التغلغل عميقاً في بنيتها الذرية وشبكتها البلورية. ويؤدي هذا التغلغل إلى تشوهات مجهرية وتغيرات فيزيائية تدريجية قد تبدو غير مرئية أو حرجة في المراحل الأولى من التشغيل، لكنها تتراكم بشكل مطرد ومتسارع مع مرور الزمن التشغيلي للمفاعل [1].

ومع استمرار العمليات وتوالي دورات الوقود، تنعكس هذه التغيرات الذرية الكامنة بشكل مباشر على الخصائص الميكانيكية والفيزيائية الكلية للمادة؛ ويتجلى ذلك بوضوح في الفقدان التدريجي لقيم الصلادة، وانخفاض متانة الكسر، وتراجع قدرة البنية على مقاومة التآكل الإجهادي والكيميائي، مما يضع السلامة الهيكلية للمكونات برمتها على المحك [2].

وفي هذا السياق، يبرز مفهوم "التآكل الإشعاعي" كأحد أخطر التحديات الفيزيائية المرتبطة بهذه البيئة القاسية، حيث يُعتبر نتيجة حتمية ومباشرة للتفاعلات النووية المجهرية المستمرة، لا سيما تفاعلات أسر وامتصاص النيوترونات الحرارية. فعندما تمتص نواة العنصر المكون للمادة نيوتروناً وارداً، تدخل في حالة من عدم الاستقرار الطاقي المؤقت (نواة مركبة مثارة)، والتي تسارع إلى التخلص من طاقة الإثارة الزائدة عبر انبعاث جسيمات أولية أو إطلاق أشعة غاما الكهرومغناطيسية؛ مما يتسبب في تحولات نظيرية تؤدي بدورها إلى فقدان تدريجي في كتلة المادة الفعالة واستقرارها البنيوي.

ومع تكرار هذه الآليات النووية تحت التدفق الإشعاعي المستمر، يكتسب هذا التدمير طبيعة تراكمية حادة يظهر أثرها الفيزيائي الأكبر بوضوح في الطبقات السطحية القريبة من مجرى التدفق النيوتروني، مشكلاً طبقة متآكلة إشعاعياً تفقد خواصها الأصلية بمرور الوقت. بناءً على ذلك، فإن استدامة تشغيل الأنظمة النووية الحديثة تفرض على الباحثين ومصممي المفاعلات استكشاف واجهات

فيزيائية ومواد متقدمة تجمع بين الكفاءة النووية العالية (من حيث المقاطع العرضية للتفاعل) والاستقرار البنيوي طويل الأمد ضد التآكل الإشعاعي [3].

من هذا المنطلق، يبرز عنصر الروديوم كعنصر يستحق الدراسة والتحليل المعمق لعدة أسباب جوهرية؛ فهو يتمتع بكثافة فيزيائية مرتفعة، واستقرار كيميائي ملحوظ يقاوم الأكسدة، بالإضافة إلى خواص ميكانيكية جيدة تمنحه صلادة بنيوية في مواجهة الإجهادات [4]. وعلى الرغم من هذه المقومات التي ترشحه كخيار مثالي للاستخدام في البيئات الإشعاعية الخطرة—سواء في أنظمة التحكم أو الطلاءات الواقية—فإن سلوكه الكمي وآليات مقاومته للتآكل الإشعاعي تحت التدفق النيوتروني لم تُدرس بعد بشكل كافٍ من منظور تطبيقي تحليلي يربط سماكة التآكل بزمن التشغيل. وهو الفراغ البحثي والعملي الذي تسعى هذه الدراسة التطبيقية إلى معالجته وسده كمياً [5].

2. مشكلة البحث

تتبلور المشكلة البحثية في غياب العلاقات والروابط التحليلية الدقيقة التي تصف وتتنبأ بسلوك التضرر الإشعاعي في المواد المتقدمة المستخدمة داخل المفاعلات النووية—كعنصر الروديوم—تحديداً عند محاولة ربط سماكة الطبقة المتأثرة بالإشعاع بزمن التشغيل الفعلي ومعدل التدفق النيوتروني. علاوة على ذلك، فإن معظم الجهود البحثية السابقة قد صبّت تركيزها على تقييم المواد الشائعة والمستهلكة في المفاعلات (مثل البورون والكادميوم)، دون التوسع الكافي في دراسة العناصر التي تمتلك خصائص بنيوية ونووية واعدة. هذا التركيز المحدود خلق فجوة معرفية وتطبيقية واضحة حول مدى استقرار الروديوم وعمره التشغيلي الحقيقي تحت ظروف التشعيع النيوتروني الحراري المكثف.

3. هدف البحث

يهدف هذا البحث بشكل رئيسي إلى تطبيق نموذج تحليلي رياضي لتقدير وحساب سماكة الطبقة المتأثرة بالإشعاع لعنصر الروديوم عند تعرّضه لتدفق نيوتروني حراري يحاكي بيئة التشغيل الحقيقية داخل قلب المفاعلات النووية. ويتفرع من هذا الهدف:

1. تتبّع ديناميكية تناقص النوى القابلة للتفاعل مع الزمن كتابع للمقطع العرضي للتفاعل والتدفق النيوتروني.
2. تحويل هذا التناقص النووي المجهري إلى مؤشر فيزيائي هندسي ملموس (سماكة الطبقة المتأثرة بالإشعاع Δx).
3. تقييم الكفاءة والاستقرار البنيوي للروديوم مقارنة بالمواد الماصة الشائعة لبيان مدى جدوى اعتماده في الأنظمة النووية المتقدمة.

4. أهمية البحث

تنبع أهمية البحث من الجوانب العلمية والتطبيقية، يقدّم البحث أداة تقدير أولية ونموذجاً تحليلياً مبسطاً وفعالاً يربط مباشرة بين السلوك النووي المجهري (تغير عدد النوى) والنتيجة الفيزيائية المادية المباشرة (سماكة الطبقة المتأثرة بالإشعاع)، مما يشكل أساساً يمكن البناء عليه في دراسات نمذجة أكثر تعقيداً. كما يفتح البحث آفاقاً تكنولوجية جديدة لاستخدام الروديوم في تطبيقات نووية حرجة تتطلب استقراراً طويلاً الأمد ومقاومة عالية للتدهور البنيوي مقارنة بالمواد التقليدية سريعة التآكل.

5. دراسة مرجعية

تشير الدراسات في علم المواد النووية إلى أن التآكل الإشعاعي لا يحدث بمعزل عن بقية الظواهر المجهرية، بل يرتبط بشكل وثيق بإنتاج العيوب البلورية. فعند اصطدام النيوترونات بالنوى، تنتقل طاقة حركية تؤدي إلى إزاحة الذرات من مواقعها الشبكية، مما يخلق عيوباً في الشبكة البلورية تتمثل في الفراغات النقطية والتشوهات الخطية. ومع تراكم هذه العيوب، تبدأ البنية المادية بفقدان انتظامها، وهو ما ينعكس في النهاية على السطح [4].

ولفهم هذا السلوك بشكل كمي، تعتمد النماذج التحليلية على معادلات معدل التفاعل النووي، حيث يُعبّر عن تناقص عدد النوى بدلالة مقطع التفاعل والتدفق النيوتروني. وقد أثبت هذا النهج فعاليته في توصيف مواد معروفة مثل البورون والكادميوم، خاصة في تطبيقات التحكم بالمفاعلات [6]. ومع

ذلك، فإن هذه المواد تعاني من معدلات تضرر مرتفعة نسبياً، وهو ما يحد من عمرها التشغيلي. هذا التحدي دفع الباحثين إلى البحث عن مواد بديلة تحقق توازناً أفضل بين الأداء النووي والاستقرار البنيوي [7]. في هذا الإطار، تبرز المعادن النبيلة، مثل الروديوم[3]، كخيار واعد. فاستقرارها الإلكتروني وقوة روابطها المعدنية يقللان من قابلية حدوث تغيرات بنيوية حادة، حتى في ظروف إشعاعية قاسية نسبياً [8]. على الرغم من استخدام الروديوم في بعض التطبيقات النووية—خصوصاً في كواشف النيوترونات والطلاءات الواقية—فإن الربط الكمي بين خصائصه النووية وسلوكه تحت الإشعاع لا يزال محدوداً، وهو ما يبرز أهمية هذه الدراسة [9]. كما تؤكد الدراسات الحديثة في مجال المواد المتقدمة ضرورة تطوير مواد تجمع بين الكفاءة النووية والاستقرار طويل الأمد، وهو ما يعزز من أهمية استكشاف خصائص الروديوم بشكل أعمق [4].

6. آلية حدوث التغيير في بنية المواد الحاوية على الروديوم

لندرس تفاعل نواة ${}^{103}_{45}\mathrm{Rh}_{58}$ مثلاً في أجزاء المفاعل النووي نتيجة سقوط حزمة من النيوترونات الحرارية عليها، إما أن يكون تشتتاً مرناً من النوع (n,n)؛ أي:

$$\mathrm{n} + {}^{103}_{45}\mathrm{Rh}_{58} \rightarrow {}^{103}_{45}\mathrm{Rh}_{58} + \mathrm{n}$$

أو غير مرنٍ من النوع $(\mathrm{n},\mathrm{n})^{*}$؛ أي:

$$\mathrm{n} + {}^{103}_{45}\mathrm{Rh}_{58} \rightarrow {}^{103}_{45}\mathrm{Rh}^{*}_{58} + \mathrm{n}\ ; {}^{103}_{45}\mathrm{Rh}^{*}_{58} \rightarrow {}^{103}_{45}\mathrm{Rh}_{58} + \gamma$$

أو أن يكون تفاعل امتصاص أو أسر للنيوترون من قبل النواة، فينتج عن ذلك نواة مركبة مثارة $({}^{104}_{45}\mathrm{Rh}^{**}_{59})^{*}$، والتي تتخلص مباشرة من خلال عملية التفاعل من جزء من طاقة الإثارة على شكل إشعاع غاما بعمر نصف من رتبة $10^{-12}\mathrm{sec}$، الذي يسمى بإشعاع غاما الفوري، انظر **الشكل (1)**، ونعبر عن ذلك بالمعادلة الآتية:

$$\mathrm{n} + {}^{103}_{45}\mathrm{Rh}_{58} \rightarrow ({}^{104}_{45}\mathrm{Rh}^{**}_{59})^{*} \rightarrow {}^{104}_{45}\mathrm{Rh}^{**}_{59} + \gamma_1 \qquad (a)$$

[3] من فصيلة البلاتين.

حيث إن النواة $^{104}_{45}Rh^{**}_{59}$ الناتجة عن تفكك النواة المركبة على الأغلب لا تتخلص من كامل طاقة الإثارة؛ أي أنها ما تزال نشيطة إشعاعياً. تنتقل هذه النواة إلى حالة أكثر استقراراً بفصل أحد مكوناتها، فتتخلص من جزء ثانٍ من طاقة الإثارة، ثم ما تبقى من طاقة الإثارة تصدره على شكل إشعاع غاما مرافق كما هو مبيّن في المعادلات الآتية:

$$^{104}_{45}Rh^{**}_{59} \rightarrow {}^{1}_{0}n + {}^{103}_{45}Rh^{*}_{58} \rightarrow {}^{1}_{0}n + {}^{103}_{45}Rh_{58} + \gamma_2 \qquad (b)$$

$$^{104}_{45}Rh^{**}_{59} \rightarrow 2{}^{1}_{0}n + {}^{102}_{45}Rh^{*}_{57} \rightarrow 2{}^{1}_{0}n + {}^{102}_{45}Rh_{57} + \gamma_3 \qquad (c)$$

$$^{104}_{45}Rh^{**}_{59} \rightarrow \beta^- + {}^{104}_{46}Pd^{*}_{58} \rightarrow \beta^- + {}^{104}_{46}Pd_{58} + \gamma_4 \qquad (d)$$

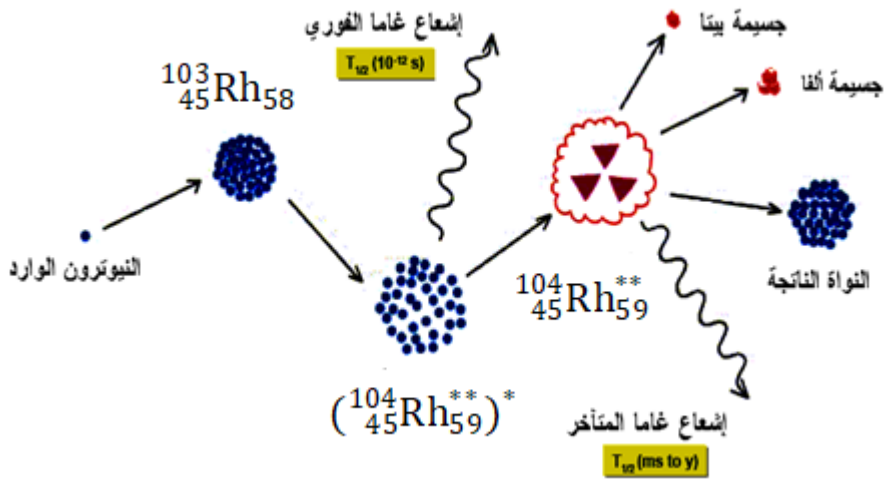
$$^{104}_{45}Rh^{**}_{59} \rightarrow \beta^+ + {}^{104}_{44}Ru^{*}_{60} \rightarrow \beta^+ + {}^{104}_{44}Ru_{60} + \gamma_5 \qquad (e)$$

$$^{104}_{45}Rh^{**}_{59} \rightarrow {}^{1}_{1}P + {}^{103}_{44}Ru^{*}_{59} \rightarrow {}^{1}_{1}P + {}^{103}_{44}Ru_{59} + \gamma_6 \qquad (f)$$

$$^{104}_{45}Rh^{**}_{59} \rightarrow \alpha + {}^{100}_{43}Tc^{*}_{57} \rightarrow \alpha + {}^{100}_{43}Tc_{57} + \gamma_7 \qquad (g)$$

إن إشـــعاع غاما $\gamma_i (i = 2,3, \dots)$ المرافق هذا يكون له طاقة محددة مميزة للنواة المصـــدرة له. يسمى عادة هذا الإشعاع بإشعاع غاما المتأخر، لأنه ينتج بعد زمن طويل من صدور إشعاع غاما الفوري. إن عمر النصف لإشعاع غاما المتأخر يتراوح بين الميلي ثانية وآلاف السنين، انظر **الشكل (1)**.

ما يهمنا من كافة تفاعلات النيوترونات الحرارية السابقة، الممكنة فقط تلك التي تساهم في تغيير بنية النوى الأصلية؛ وتحولها إلى نوى أخرى، أي تؤدي إلى تخريبها في أجزاء المفاعل النووي.



الشكل (1): رسم تمثيلي لعملية تشكل النواة المركبة $(^{104}_{45}Rh^{**}_{59})^{*}$ التي تصدر إشعاع غاما الفوري. فينتج عن ذلك نواة نشيطة إشعاعياً تصدر إشعاعاً مثل ألفا أو بيتا وغيرها يرافقها عادةً إشعاع غاما المتأخر، وتتحول النواة أخيراً إلى نواة مستقرة.

7. الدراسة النظرية

جرى الافتراض، في هذه الدراسة هذه أن النيوترونات تتفاعل بشكل عشوائي مع المواد التي تصنع منها المفاعلات النووية، ولا يوجد تفضيل لاتجاه معين. وأن كثافة هذه المواد متجانسة، عندئذٍ، إن عدد النوى في واحدة الحجم يعطى بالعلاقة التالية:

$$n = \frac{\rho N_A \theta}{A} \qquad (1)$$

حيث: ρ: الكثافة، N_A: عدد أفوغادرو، θ: الوفرة، و A: العدد الكتلي.

يُعرف مقطع التفاعل للامتصاص من أجل المواد النووية σ_a، وهو مقطع التفاعل الذي يصف احتمال امتصاص النيوترونات من قبل الذرات.

بفرض أن تدفق النيوترونات التي ترد على قضيب التحكم في المفاعل النووي Φ ثابتاً[4]، وهو عدد النيوترونات التي تمر عبر وحدة المساحة في وحدة الزمن.

إن تغير عدد النوى في واحدة الحجم بتغير الزمن يعطى بالعلاقة:

$$\frac{dn}{dt} = -\Phi\sigma_a n \qquad (2)$$

إن هذه المعادلة تصف كيفية تناقص النوى بسبب التفاعل مع النيوترونات.

بمكاملة العلاقة (2):

$$\int_0^n \frac{dn}{n} = -\int_0^t \Phi\sigma_a dt \qquad (3)$$

وبالتالي يكون:

$$n(t) = n_0 e^{-\Phi\sigma_a t} \qquad (4)$$

إن تغيير عدد النوى بعد مرور زمن t يعطى بالعلاقة:

$$\Delta n = n_0 - n(t)$$

$$\Delta n = n_0 - n_0 e^{-\Phi\sigma_a t}$$

$$\Delta n = n_0(1 - e^{-\Phi\sigma_a t}) \qquad (5)$$

باستخدام التقريب:

$$1 - e^{-\Phi\sigma_a t} \approx \Phi\sigma_a t$$

نجد:

$$\Delta n = n_0\Phi\sigma_a t \qquad (6)$$

[4] تم أخذ تدفق النيوترونات الحرارية في هذه الدراسة.

تُعرف سماكة الطبقة المتأثرة بالإشعاع بالشكل:

$$\Delta x = \frac{\Delta n}{n_0}\lambda_t = \Phi\sigma_a t\lambda_t \qquad (7)$$

حيث λ_t المسار الحر الوسطي للعبور، ويعطى بالشكل:

$$\lambda_t = \frac{1}{n\sigma_t}$$

حيث: $\sigma_t = \sigma_a + \sigma_s$، σ_t المقطع العرضي الكلي، σ_s المقطع العرضي للتشتت.

وبفرض أن المواد التي تتم دراستها شديدة الامتصاص للنيوترونات، وبالتالي:

$$\sigma_a \gg \sigma_s$$

يمكن اعتبار أن:

$$\sigma_t \approx \sigma_a$$

وبالتالي يكون:

$$\lambda_t = \frac{1}{n\sigma_a}$$

بالتعويض في العلاقة (7) نجد:

$$\Delta x = \Phi\sigma_a t\frac{1}{n\sigma_a}$$

$$\Rightarrow \Delta x = \frac{\Phi}{n}t \qquad (8)$$

وهي علاقة سماكة الطبقة المتأثرة بالإشعاع في مواد المفاعل النووي بإهمال تأثير التشتت [3].

تصطدم النيوترونات عالية الطاقة بنوى المادة، مما يؤدي إلى إزاحة الذرات من مواقعها الأصلية في الشبكة البلورية. هذا الاصطدام يخلق عيوباً مجهرية، ومع تراكمها تفقد المادة انتظامها البنيوي. كما

تمتص النوى النيوترونات وتدخل في حالة إثارة، ثم تتخلص من طاقتها بإصدار أشعة غاما وجسيمات مشعة (مثل ألفا وبيتا). هذا التفاعل يغير الهوية الكيميائية للذرات الأصلية ويحولها إلى عناصر أخرى، مما يتسبب في تآكل مادي وفقدان تدريجي لخصائص المادة الأساسية. ويؤدي تراكم العيوب البلورية والتحولات الكيميائية مع مرور الزمن إلى إضعاف البنية الميكانيكية للمادة، فيظهر ذلك على شكل نقص في المتانة والصلابة، وزيادة في الهشاشة والتآكل السطحي.

8. الدراسة التطبيقية

سنقوم بتطبيق العلاقة (8) من أجل تدفق نيوتروني حراري قدره $\Phi(0) = 1 \times 10^{18}\ \frac{\text{neut}}{\text{sec.m}^2}$، من أجل عنصر الروديوم.

يوضح الجدول (1) قيم المقاطع العرضية الموافقة لنظير الروديوم التي سيتم إجراء التطبيق عليها في الدراسة، بالإضافة إلى تركيزه المحسوب من العلاقة (1).

الجدول (1): قيم المقاطع العرضية الموافقة للروديوم [10].

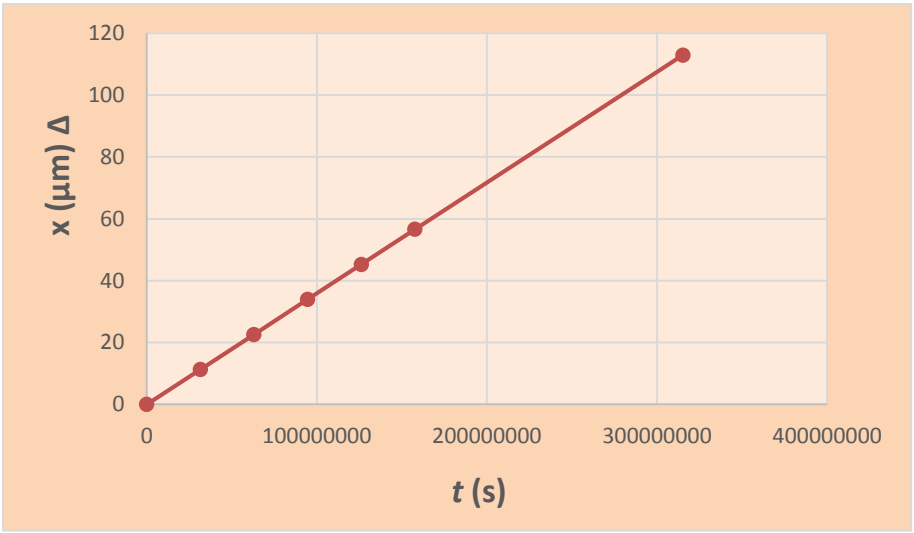
العنصر	$n \times 10^{37}$ $(1/mm^3)$	$\sigma_c \times 10^{-22}$ (mm^2)	$\sigma_s \times 10^{-22}$ (mm^2)
Rh	7.25	147	4.68

يوضح الجدول (2)، قيم سماكة الطبقة المتأثرة بالإشعاع في المفاعل النووي الموافقة للروديوم من أجل أزمنة تشغيل مختلفة.

[5] إن المقطع العرضي للامتصاص هو نفسه المقطع العرضي للأسر بغياب وجود الانشطار هنا.

الجدول (2): سماكة الطبقة المتأثرة بالإشعاع للروديوم في المفاعل النووي كتابع للزمن[6].

$t(s)$	Δx (µm)
0	0
31536000	11.3
63072000	22.6
94608000	34
126144000	45.3
157680000	56.6
315360000	113



الشكل (2): قيم سماكة الطبقة المتأثرة بالإشعاع Δx كتابع للزمن t.

يوضح الشكل (2) تزايد قيم سماكة الطبقة المتأثرة بالإشعاع بتزايد زمن التشغيل، تشير القيم الفيزيائية المستخدمة في النموذج إلى أن مقطع امتصاص الروديوم يقع ضمن نطاق متوسط، وهو ما

[6] تم أخذ الزمن حتى 10 سنوات وحسابه بالثواني.

ينعكس على معدل التفاعل النووي. هذا التوازن النسبي يفسر لماذا لا يكون التضرر سريعاً جداً، ولا بطيئاً بشكل مهمل، بل ضمن نطاق يمكن التحكم فيه هندسياً. أما من حيث تطور التضرر مع الزمن، فيظهر بوضوح أن السلوك خطي. يرجع هذا السلوك الخطي نتيجة اعتبار تدفق النيوترونات ثابتاً وتركيز النوى أيضاً، وبإهمال تأثير التشتت، حيث يكون ميل الخط البياني يساوي إلى $\frac{\Phi}{n}$، وهو مقدار ثابت.

9. تطبيقات الروديوم

1. الروديوم في كواشف النيوترونات داخل المفاعلات النووية

يُعد استخدام الروديوم في أجهزة قياس التدفق النيوتروني من التطبيقات الدقيقة والمهمة في الأنظمة النووية، خصوصاً في المفاعلات التي تتطلب مراقبة مستمرة لتوزيع التدفق النيوتروني داخل القلب. يعتمد هذا الاستخدام على خاصية الامتصاص النيوتروني وتحول النوى إلى نظائر مشعة يمكن قياس نشاطها لاحقاً. ما يميز الروديوم هنا ليس فقط قدرته على أسر النيوترونات، بل استقراره النسبي تحت التشعيع مقارنة بمواد تقليدية أخرى. فعلى عكس بعض العناصر التي تتدهور خصائصها بسرعة نتيجة تراكم العيوب البلورية، يحافظ الروديوم على استجابة إشعاعية يمكن التنبؤ بها على مدى زمني أطول. وهذا ينعكس مباشرة على دقة القياس، حيث تصبح الإشارة الناتجة أكثر استقراراً وأقل تأثراً بالتغيرات البنيوية في المادة نفسها. لذلك يُستخدم الروديوم في بعض التصاميم كعنصر معايرة داخلي أو كجزء من مجسات مدمجة داخل المفاعل، خصوصاً في البيئات التي يصعب فيها استبدال الحساسات بشكل دوري [9].

2. استخدام الروديوم كطبقة طلاء واقية داخل المفاعلات النووية

من التطبيقات المهمة للروديوم أيضاً استخدامه كطبقة طلاء رقيقة (Coating Layer) على الأسطح المعدنية المعرضة لتدفقات نيوترونية عالية. الفكرة الأساسية هنا ليست فقط الحماية الكيميائية، بل الحماية الإشعاعية والبنيوية في آن واحد. فعند تعرّض المواد الأساسية مثل الفولاذ أو سبائك النيكل للإشعاع، تبدأ العيوب البلورية بالتراكم تدريجياً مما يؤدي إلى ضعف في البنية الميكانيكية. إضافة طبقة

من الروديوم يمكن أن تعمل كحاجز أولي يقلل من معدل وصول النيوترونات إلى المادة الأساسية، وبالتالي يخفف من معدل التضرر الإشعاعي الفعلي. كما أن الروديوم يمتاز بمقاومة عالية للأكسدة والتفاعلات الكيميائية، ما يجعله مستقراً حتى في ظروف تشغيل قاسية تجمع بين الإشعاع والحرارة العالية. عملياً، هذا الاستخدام لا يُلغي التضرر، لكنه يؤخره بشكل ملحوظ ويزيد من العمر التشغيلي للمكونات الحساسة داخل المفاعل [5].

3. الروديوم في قضبان التحكم طويلة العمر

تقليدياً، تعتمد قضبان التحكم في المفاعلات على مواد ذات قدرة امتصاص عالية جداً للنيوترونات مثل الكادميوم أو البورون. لكن هذه المواد تواجه مشكلة أساسية وهي التدهور السريع مع الزمن نتيجة التفاعلات النووية المستمرة. في هذا السياق، يظهر الروديوم كخيار مختلف من حيث الفلسفة التصميمية؛ فهو لا ينافس في أعلى كفاءة امتصاص، لكنه يقدم توازناً بين الامتصاص والاستقرار البنيوي. هذا التوازن مهم جداً في المفاعلات التي تعمل لفترات طويلة دون توقف، حيث يصبح تغيير قضبان التحكم مكلفاً ومعقداً تقنياً. ميزة الروديوم الأساسية هنا هي أنه يحافظ على خصائصه الفيزيائية والنووية بشكل أبطأ في التغير، مما يقلل من فقدان الكفاءة التشغيلية مع الزمن. وبالتالي يمكن تصميم قضبان تحكم هجينة تحتوي على طبقات أو نسب من الروديوم لتحقيق أداء مستقر على المدى الطويل [6].

4. استخدام الروديوم في مفاعلات الانشطار والاندماج

في المفاعلات الحديثة والمتقدمة، خاصة تلك المصممة لتقنيات الجيل الرابع أو المفاعلات التجريبية للاندماج النووي، تصبح البيئة الإشعاعية أكثر قسوة بكثير من المفاعلات التقليدية. هنا لا يكفي أن تكون المادة فعالة نووياً فقط، بل يجب أن تمتلك قدرة عالية على تحمل الضرر الإشعاعي طويل الأمد. الروديوم في هذا السياق لا يُستخدم كمادة رئيسية، بل كمادة مساعدة أو طبقة وظيفية في المناطق الحساسة، مثل مناطق القياس أو الحماية الموضعية. السبب في ذلك يعود إلى قدرته على

مقاومة التشوهات البنيوية الناتجة عن التشعيع، مما يجعله مناسباً في البيئات التي تتطلب استقراراً زمنياً عالي الدقة. بعض الدراسات تشير إلى أن المعادن النبيلة بشكل عام قد تلعب دوراً مهماً في تصميم هذه المفاعلات المستقبلية، خصوصاً عندما يكون الهدف هو تقليل الصيانة وزيادة الاعتمادية التشغيلية [4].

5. استخدامه في أنظمة القياس والمعايرة داخل المفاعلات

تلعب أنظمة القياس داخل المفاعلات النووية دوراً محورياً في ضمان السلامة التشغيلية، حيث تعتمد قرارات التحكم على دقة قراءة التدفق النيوتروني ومستويات الإشعاع. في هذا السياق، يُستخدم الروديوم في بعض المجسات كعنصر نشط أو مرجعي. تكمن أهمية الروديوم هنا في أن استجابته للإشعاع تكون مستقرة نسبياً مقارنة بمواد أخرى، مما يقلل من الانجراف (Drift) في القياسات مع الزمن. وهذا مهم جداً لأن أي تغير غير محسوب في استجابة الحساس قد يؤدي إلى قرارات تشغيلية خاطئة داخل المفاعل. بمعنى آخر، الروديوم لا يضيف فقط حساسية للكشف، بل يضيف أيضاً نوعاً من "الثبات المرجعي" الذي يجعل القياسات أكثر موثوقية على المدى الطويل [2].

10. المناقشة والمقارنة مع الدراسات السابقة

إن مقارنة سلوك الروديوم بمواد مثل الكادميوم، يظهر فرق واضح في طبيعة الأداء. فالكادميوم يتميز بمقطع امتصاص كبير، ما يجعله فعالاً جداً في التحكم بالنيوترونات، لكنه في المقابل يتعرض لتضرر أسرع، وهو ما يقلل من عمره التشغيلي [6].

يظهر الجدول (3) سماكة الطبقة المتأثرة بالإشعاع من الروديوم مع سماكة الطبقة المتأثرة بالإشعاع من الكادميوم والهافنيوم التي تصنع منها قضبان التحكم في المفاعل النووي عند نفس الشروط من أجل زمن تشغيل مقداره سنة واحدة [3].

الجدول (3): قيم سماكة الطبقة المتأثرة بالإشعاع في المفاعل النووي الموافقة للعناصر الكادميوم، الهافنيوم، الروبيديوم من أجل زمن تشغيل مقداره سنة واحدة.

$t(\text{year})$	Δx_{Rh} (μm)	Δx_{Hf} (mm)	Δx_{Cd} (mm)
1	11.3	0.716	0.687

نلاحظ من الجدول (3) أن سماكة الطبقة المتأثرة بالإشعاع في الروديوم من مرتبة الميكرو متر، بينما سماكة الطبقة المتأثرة بالإشعاع في الهافنيوم والكادميوم من مرتبة الميلي متر، ويرجع ذلك لأن كثافة الروديوم أعلى من كثافة الهافنيوم والكادميوم، مما يجعله صلداً وتضرره يكاد يكون مهملاً.

في المقابل، يبدو أن الروديوم يحقق توازناً أفضل بين الامتصاص والاستقرار، وهو ما يجعله خياراً مناسباً في التطبيقات التي تتطلب موثوقية على المدى الطويل، حتى وإن لم يكن الأكثر كفاءة في الامتصاص [9].

11. حساب الارتياب

جرى في هذا البحث إهمال مقطع التشتت $(\sigma_s = 4.68 \times 10^{-22}\ (\text{mm}^2))$ واعتبار أن المادة تقوم بالامتصاص فقط $(\sigma_c = 147 \times 10^{-22}\ (\text{mm}^2))$.

لحساب هذا الخطأ، نقسم قيمة التشتت المُهملة على المقطع الكلي الحقيقي:

$$\text{Uncertainty} = \frac{\sigma_s}{\sigma_s + \sigma_c} \times 100\%$$

$$= \frac{4.68 \times 10^{-22}}{4.68 \times 10^{-22} + 147 \times 10^{-22}} \times 100\% \approx 3\%$$

هذا يعني أن إهمال التشتت تسبب في خطأ ثابت مقداره 3% تقريباً في كل الحسابات، وهي نسبة أمان مقبولة هندسياً في الحسابات التقديرية الأولية للمفاعلات.

12. الاستنتاجات

1. كفاءة وموثوقية النموذج: أثبت النموذج التحليلي المستخدم قدرته على تقديم توصيف كمّي مقبول وقابل للتنبؤ لسلوك التضرر الإشعاعي في الروديوم تحت تأثير التدفق النيوتروني الحراري، حيث أظهرت النتائج توافقاً مع البيانات المرجعية القياسية.

2. خطية السلوك وتراكمية الضرر: يتبع التضرر الإشعاعي في عنصر الروديوم سلوكاً تراكمياً زمنياً ذا طبيعة خطية واضحة، وهو ما يعكس التناقص التدريجي المنتظم في عدد النوى الأصلية القابلة للتفاعل نتيجة عمليات الأسر والتحول النووي.

3. التفوق البنيوي ومقاومة التلف: يمتلك الروديوم معدل تضرر إشعاعي منخفض جداً وبفارق رتب شعاعية شاسعة مقارنة بمواد الامتصاص التقليدية؛ حيث بلغ سماكة الطبقة المتأثرة بالإشعاع في الروديوم بعد سنة تشغيل كاملة حوالي (11.3 µm)، في حين قفز في الكادميوم والهافنيوم إلى مرتبة المليمترات (0.687 mm) و (0.617 mm) على التوالي تحت نفس الظروف. ويُعزى هذا الاستقرار إلى ارتفاع كثافة الروديوم ومقطعه العرضي المتوسط للأسر، مما يمنحه صلادة بنيوية تجعل تضرره السطحي فائق الصغر وضمن نطاق يمكن التحكم فيه هندسياً.

4. الجدوى التطبيقية التوازنية: يحقق الروديوم توازناً مثلياً فريداً بين الكفاءة النووية (امتصاص النيوترونات) والاستقرار الميكانيكي والفيزيائي بعيد المدى، مما يجعله مادة استراتيجية واعدة لرفع الموثوقية التشغيلية وتقليل عمليات الصيانة في البيئات الإشعاعية عالية القسوة.

13. التوصيات

1. إجراء دراسات تجريبية للتحقق من دقة النموذج التحليلي ومقارنة النتائج النظرية مع الواقع العملي.
2. توسيع نطاق الدراسة ليشمل مواد وعناصر أخرى (مثل السبائك) لإجراء مقارنات شاملة في الأداء الإشعاعي.
3. إدخال تأثيرات إضافية في النماذج المستقبلية مثل: درجة الحرارة، الإجهادات الميكانيكية، التشعيع طويل الأمد.
4. تطوير نماذج عددية متقدمة (محاكاة حاسوبية) يمكن استخدامها مباشرة في تصميم مكونات المفاعلات النووية.
5. دراسة إمكانية استخدام الروديوم في تطبيقات عملية مثل: كواشف النيوترونات، الطلاءات الواقية في البيئات الإشعاعية، طلاء قضبان التحكم.

14. Reference

[1] Was, Gary S. Fundamentals of Radiation Materials Science: Metals and Alloys. 2nd ed., Springer, 2017.

[2] Olander, Donald R. Nuclear Fuels and Materials. Cambridge University Press, 2021.

[3] Al-Doud, Ali., An Analytical Study to Calculate the Thickness of the Radioactively Corroded Layer of Control Rods in Nuclear Reactors, Homs University Journal, vol 47, 2025.

[4] Zinkle, Steven J., and Jeremy T. Busby. "Structural Materials for Fission & Fusion Energy." Materials Today, vol. 12, no. 11, 2009, pp. 12–19.

[5] ASM International. ASM Handbook, Volume 2: Properties and Selection of Nonferrous Alloys and Special-Purpose Materials. ASM International, 2018.

[6] Lamarsh, John R., and Anthony J. Baratta. Introduction to Nuclear Engineering. 4th ed., Pearson, 2018.

[7] Konings, Rudy J.M., editor. Comprehensive Nuclear Materials. 2nd ed., Elsevier, 2020.

[8] Reed-Hill, Robert E., and Reza Abbaschian. Physical Metallurgy Principles. 4th ed., Cengage Learning, 2009.

[9] Knoll, Glenn F. Radiation Detection and Measurement. 4th ed., Wiley, 2010.

[10] Harl'O M. Fisher, A Nuclear Cross Section Data Handbook, Los Alamos, New Mexico, Jan 1991.