



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

People's Democratic Republic of Algeria

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministry of Higher Education and Scientific Research

جامعة الشهيد حمدة لخضر الوادي

University of the Martyr Hamma Lakhdar of El Oued.

كلية العلوم الطبيعية والحياة

Faculty of Natural and Life Sciences

قسم البيولوجيا

مذكرة تخرج

لنيل شهادة ماستر اكايمي

تخصص: التنوع الحيوي وفزيولوجيا النبات

تناقش ضمن قرار 1275

الموضوع

دراسة مقارنة بين مستخلص وجسيمات اكسيد الزنك
Corchorus olitorius النانوية لنبات الملوخية

من اعداد الطلبة:

جاب الله نضال

صابر مروة

عميار شفاء

نوقشت يوم: 2025/06/28 من طرف لجنة المناقشة:

جامعة الوادي	رئيسا	أستاذ محاضر (أ)	بالحبيب عبد الحميد
جامعة الوادي	مناقشا	أستاذ محاضر (أ)	قديري ايمان
جامعة الوادي	مؤطرا	أستاذ محاضر (أ)	شمسة احمد الخليفة
جامعة الوادي	ممثل الحاضنة	استاذ	شوقي الياس
الوادي	شريك اقتصادي	ممثل شركة المرجان	محرز حليلة

الموسم الجامعي: 2025/2024

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

شكرو عرفان

بسم الله الرحمن الرحيم

الحمد لله الذي تم بنعمته الصالحات، والصلاة والسلام على أشرف الأنبياء والمرسلين، سيدنا محمد، وعلى آله وصحبه أجمعين.

تتقدم بجزيل الشكر والامتنان لكل من ساهم في إنجاز هذا العمل.

في المقام الأول، نود ان نعبر عن خالص شكرنا وامتناننا لأستاذنا المشرف [شمسة احمد الخليفة]، على توجيهاته القيمة، ودعمه المتواصل، وصبره الكبير. لقد كان دعمه العلمي عاملاً حاسماً في تجاوز الصعوبات والوصول إلى هذه المرحلة. كما نود أن نعبر عن عميق امتناننا لأعضاء لجنة المناقشة بالحبيب عبد الحميد، قديري ايمان، شوقي الياس، محرز حليلة على ملاحظاتهم البناءة وتوجيهاتهم التي أسهمت في تحسين جودة هذه الرسالة.

ولا يفوتنا أن نشكر جميع الأساتذة خاصة الأساتذات: شنة عدالة، غرايسة نورة، عليا فاطمة، العايب ابتسام على توجيهاتهم ومسانداتهم الدائمة لنا وللزملاء في جامعة الشهيد حمه لخضر بالوادي، كلية علوم الطبيعة والحياة، قسم البيولوجيا، على ما قدموه لي من دعم وتشجيع طوال فترة الدراسة.

ولا ننسى أن نعبر عن امتناننا العميق لعائلتنا وأصدقائنا، الذين كانوا دائماً السند الأول لنا في كل المراحل التي مررنا بها. وفي الختام، توجه بالشكر لكل من ساهم من قريب أو بعيد في إنجاز هذا العمل، سائلين الله العليّ القدير أن يجزيكم خير الجزاء، وأن يجعل هذا العمل خالصاً لوجهه الكريم، وينفع به الجميع.

والسلام عليكم ورحمة الله وبركاته.

إهداء

الحمد لله حبا ورضا وامتنانا على البدء والختام. اشكر الله العلي القدير الذي انعم علي بنعمة العقل والدين القائل في محكم التنويل "فوق كل ذي علم عليم" سورة يوسف الآية 76... صدق الله العظيم

الى نفسي

التي قاومت، وصبرت، ومضت رغم كل شيء الى تلك التي أنهكها التعب لكنها لم تهزم.....

تخرجي ليس مجرد انجاز هو اعتذار صغير لطفلة بداخلي كانت تحلم ان تصبح طبيبة لكن الأبواب اوصدت في وجهها فأعادت ترتيب الألم على هيئة حلم جديد ومشيت فيه بصبر حتى وصلت.

الى فخري في الحياة، اول من نطق باسمي واختاره لي رمزا للكفاح والاجتهاد

الى من انار دربي والسراج الذي لا ينطفئ نوره بقلبي ابدا.. داعمي الأول في مسيرتي سندي الذي استدميت منه قوتي واعتزازي بذاتي وملأني بعد الله.) ابي الغالي

الى من جعل الله الجنة تحت اقدامها نور عيني وضوء دربي ومهجة روحي

الى الإحساس بالحب والحنان والإخلاص والى ابتسامة الحياة وسر الوجود، الى الحنونة التي ساندتني ووقفت بجانبني وكان دعاؤها سر توفيقني ونجاحي الى وهج حياتي) امي الغالية

الى توأم روحي ضلعي الثابت، وأمان أيامي إلى ملهمتي، وسندي أهديك حروفي وكل امتناني " اختي اكرام "

إليك يا من كنت لي قوة في ضعفي، وسندا في خطواتي، وجودكم نعمة، ومحبتكم فخر لي اخوتي (الهادي، عمارة)

الى من رحلا عنا منذ أيام لكنهم لم يغيبوا عن قلوبنا ودعانا عمي الغالي وجدتي رحمهم الله والى الارواح الطاهرة اجدادي اسكنهم الله فسيح جناته الذين كان حبهم نورا في حياتي

لكم من كان وجودكم دفنا ومحبتكم عزا الى خالاتي الاغلى على قلبي امال والعطرة، واخوالي الاحباء

الى ملائكة رزقتني الله بهن لأعرف من خلالهن طعم الحياة الجميلة، تلك الملائكة التي غيرن مفاهيم الحب والصدقة والسند في حياتي (شفاء ومروة) جَعَلَنِي وإياكن مِنَ البارنات

ولأولئك الذين تمتعوا بالأخوة وتميزوا بالولاء والعطاء، ولمن رافقتهم في دروب الحياة السعيدة والحزينة سرت، ولمن كن معي على طريق النجاح والخير (دعاء، منار، ايناس، سلوى، مريم) ادام الله رفقتنا.

الى اساتذتي الكرام ممن لم يتوانوا في مد يد العون لنا ... يامن صنعوا لنا المجد

من كان عوناً وسنداً في هذا الطريق للأصدقاء الأوفياء ورفقاء السنين، وفقكم ورعاكم الله

أهديك هذا الانجاز وثمره نجاحي الذي لطالما تمنيت. ها أنا اليوم اتممت أول ثمراته بفضل من الله، فالحمد لله على ما وهبني، وأن يعينني ويجعلني مباركة اينما كنت.

نضال

إهداء

الحمد لله حبا وشكرا وامتنانا ماكنت لأفعل هذا لو لا فضل الله فالحمد لله على البدء وعلى الختام

(وآخر دعواهم أَنْ الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ)

أهدي هذا النجاح الى نفسي الطموحة جدا لقد ظننت انني لا أستطيع ولكن من قال انا لها نالها وان ابت رغما عنها اتيت بها وها انا اليوم اختم بحث تخرجي بكل همة ونشاط فالحمد لله اللهم لا تجعله آخر عهدي من العلم واجعلها خير بداية الطريق أعظم اللهم بارك لنا في عملنا وانفعنا بما علمتنا.

اهدي ثواب هذا البحث الى من تربيت على يده ومن علمني القيم والمبادئ الى من لا ينفصل اسمه عن اسمي الى فرحتي الدائمة الى مصدر قوتي فخري لطالما عاهدته بهذا النجاح وها انا اتممت وعدي وأهديته اليك (بابا الغالي حفظه الله).

واهدي ثمرة جهدي ودراستي وفرحتي المنتظرة الى نبراس ايامي ووهج حياتي الى التي ظلت دعواتها تضم اسمي دائما الى من افنت عمرها في سبيل ان احقق طموحي واحلق في أعالي المراتب (ماما الغالية حفظها الله)

إليك، يا من كنتِ النور في عيوني، والضحكة التي كانت تمحي همي وتعب الأيام يا روحًا ما فارقتني رغم الفقد،

يا نعمةً لن تتكرر لكِ هذا البحث... وكل ما وصلت إليه (أختي صفاء)

والى ملهمي نجاحي صناع قوتي صفوة ايامي سلوة اوقاتي الى الشموع التي تنير لي الطريق دوما (خواتي).

إلى رفيقات الدرب، ما كان الطريق ليكون جميلاً ولا التحديات لتُحتمل لولا وجودكن. في كل لحظة تعب، وجدت فيكن السند والدعم والابتسامة التي تُعيد الروح. شكراً لكن من القلب، فبكنْ اكتمل هذا الحلم، وكنتنَ الجزء الأجل في رحلتي (رفيقات العمر نضال، شفاء)

لصديقاتي العزيزات، سندي في كل خطوة، لكن الفضل بعد الله في أن يبقى هذا الحلم حياً (ايناس، سلوى، كوثر ايمان، مريم، ايمان)

إلى منيري جهلي وعلمي أساتذتي الأكارم وأستاذتي الكريمات، إلى كل من رافقتني في مساري الدراسي

إلى كل من ساعدني وأسعدني، إلى كل من حفظهم قلبي ونسيهم قلبي

سلكننا البدايات الا بتيسيره وما بلغنا النهايات الا بتوفيقه وما حققنا الغايات الا بفضلته فالحمد لله

فجزاكم الله خير واثابكم خير الجزاء.

مروه

إهداء

أومنُ بالمقولة التي تقول " أينما تقف فإنك تقف على أصابع شخص ما "

اللهم لك الحمد قبل أن ترضى ولك الحمد إذا رضيت ولك الحمد بعد الرضا اللهم لك الشكر لأنك وفققتني على اتمام هذا العمل المتواضع رغم كل الصعوبات وتحديات

إني طلبت العلم لوجه الله تعالى وذلك فضل الله يأتيه من يشاء، اللهم نويت هذا العمل وكل خطوة فيه عبادتا لك اللهم اجعله شفيعا لي لا عليا عند اليوم الأكبر

لذا أكتب إليكم جميعاً

الى نفسي أولاً أنا حقاً فخورة ببيك جدا رغم كل شيء اكملت هذا المشوار بكل عزيمة وصبر وجد. فهنيئاً لك.

الى من رباني فأحسنا تربيته قوتني في الحياة أعلم أنك كنت تنتظر بلهفة تخرجي أنا لان أبلغك يا سندي أني قد بلغت مرادي ... هذا تاج غرسك ... فالله درك يا أبي وجزاك عني كل خير "تاج راسي أبي الطيب "

الى من تراهنت على نجاحي حينما كان يعتقد الجميع أنني تعثرت ... كانت مسامحا لي دوماً تردد دعائها " لن يضيع الله جهدي، فالله كريم يا ابنتي.. " الله در أمي التي علمتني أن لا أبرح حتى أبلغ، رضي الله عنك أماه وجزاك عني خير الجزاء " جنتي أمي دليلة "

الي من قيل فيهم " سنشد عضدك بأخيك "

الى من مد يدهم دون كلال ولا ملل وقت ضعفي لطالما اختصرت وصفكم بأنكم أمن وشاركوني تفاصيل حياتي وأمضيت معهم أسعد الأوقات. أخوتي كل باسمه " رشاد، رياض، محمد، جهاد، هناء، ونام " حفظكم الله وأدامكم لي.

الى زوجات إخوتي كإنو لي اخوات بعد أخواتي " عائشة، بشرى، ريان " حفظكم الله ورعاكم.

الى أجدادي رحمهم الله وغفر لهم " جدي عبد الرحمان ومسعود، جدتي هنية وتونس " رحمهم الله واسكنهم جناته.

الي بقية أفراد عائلتي الجميلة التي أسعد بانتمائي إليهم " أخوالي وخالتي وعماتي ".

الى رفيقاتي في هذا العمل زميلاتي ومؤسساتي في هذا الطريق الى من شاركوني أصعب وأجمل اللحظات "نضال ومروة " أدام الله صدقتنا.

الي من يحسنون الصحبة ويكرمون الرفقة فلا يشقى في صحبتهم أحد الله در أفئدة الناس تحمل من الطهر والنقاء مالا قدر له صديقاتي " أية، رونق، دعاء، مروة، إيناس، سلوى " تالله لن أوفيكم حقكم مهما قلت.

الى كل من ساعدني وكان له دور من قريب أو بعيد في إنجاز هذه المذكرة " أساتذتي وزملائي ".

أما مسك الختام، الى من سيرتبط اسمي باسمه الى من دخل حياتي حديثاً رغم أن رحلتنا ما زالت في بدايتها لكن حضوره كان بمثابة نسمة أمل ونور جميل في طريقي ... شكرا لوجودك ولل كلمات الطيبة التي منحتني طاقة ودعم في وقت كنت بحاجة فيه لذلك رغم قصر المدة، كان أثرك عميقاً، ووجودك في هذه المرحلة من حياتي له مكانه لا تُنسى. وأتمنى أن يكون القادم أجمل لي ولك ولنا معاً " خطيبي خالد ".

إليكم جميعاً أهدي ثمرة هذا الجهد المتواضع.

شفاء

المخلص:

يتمحور هذا العمل حول التحضير الأخضر لجسيمات نانوية من أكسيد الزنك (ZnO-NPs) انطلاقاً من مستخلص مائي-ميثانولي لأوراق نبات *Corchorus olitorius*، مع تقييم الخصائص البيولوجية لكل من المستخلص الخام والجسيمات النانوية المُحضّرة. ويهدف هذا العمل إلى استكشاف الفعالية التجميلية والوقائية لكلا الشكلين، في إطار السعي لإيجاد بدائل طبيعية وأمنة في مجال مستحضرات التجميل.

أظهرت التحاليل الفيتوكيميائية الكمية أن المستخلص يحتوي على تركيزات معتبرة من الفينولات الكلية (61.14 ± 0.53 مغ مكافئ غاليك/غ من المادة الجافة)، الفلافونويدات (88.67 ± 0.71 مغ مكافئ كيرسيتين/غ)، والتانينات (47.54 ± 0.86 مغ مكافئ كاتيشين/غ).

تم تحضير جسيمات ZnO النانوية المحروقة باستعمال المستخلص النباتي كمختزل طبيعي، وتم توصيفها باستخدام تقنيتي FTIR وXRD، حيث أظهرت FTIR وجود الروابط المميزة لمركب Zn-O، في حين أكدت XRD الطبيعة البلورية للجسيمات.

فيما يخص النشاط البيولوجي، أظهر المستخلص النباتي فعالية مضادة للأكسدة بنسبة 55.41 $\pm 3.44\%$ باختبار DPPH، وفعالية مضادة للالتهاب بلغت $71.32 \pm 1.38\%$ حسب اختبار تثبيط ألومين البيض. كما بين اختبار السمية الخلوية (Hémolyse) انخفاضاً في نسبة انحلال كريات الدم الحمراء، مما يدل على أمان نسبي للمستخلص ضمن التراكيز المختبرة.

أظهر المستخلص أيضاً قدرة على الحماية من الأشعة فوق البنفسجية بقيمة SPF بلغت 12.70، بالإضافة إلى فعالية مثبطة لإنزيم التيروسيناز بنسبة 64.11%، ويُعد هذا البحث، حسب المعلومات المتوفرة لدينا، أول دراسة تتناول تأثير مستخلص *Corchorus olitorius* على هذا الإنزيم تحديداً، مما يفتح المجال لاستغلاله كمواد طبيعية في مستحضرات تفتيح البشرة.

أما فيما يتعلق بالنشاط المضاد للبكتيريا، فقد تم تقييم الفعالية ضد أربع سلالات بكتيرية هي: *Klebsiella pneumoniae*، *Pseudomonas aeruginosa*، *Bacillus subtilis* و *Staphylococcus aureus*. وقد سجل أعلى نشاط ضد *Bacillus subtilis* بقطر تثبيط بلغ 0.8 ± 1.9 ملم) للمستخلص و(1.76 ± 2.14 ملم) لجسيمات ZnO، بينما أظهرت السلالتان *P. aeruginosa* و *K. pneumoniae* مقاومة نسبية. كما أن تأثير المذيب DMSO كان ضئيلاً، مما يؤكد أن النشاط المثبط يعود فعلياً للمستخلص والجسيمات النانوية.

تشير هذه النتائج إلى الإمكانات البيولوجية لكل من مستخلص *Corchorus olitorius* وجسيمات ZnO المحضرة منه كمكونات طبيعية فعالة يمكن اعتمادها في تطوير مستحضرات تجميلية ووقائية آمنة وواحدة.

الكلمات المفتاحية:

Corchorus olitorius، ZnO-NPs، نشاط مضاد للأكسدة، مضاد التهاب، التيروسيناز، السمية خلوية، مضاد بكتيري، تخليق أخضر.

Résumé :

Ce travail a pour objectif la synthèse de nanoparticules d'oxyde de zinc (ZnO-NPs) à partir d'un extrait hydro-méthanolique des feuilles de *Corchorus olitorius*, ainsi que l'évaluation de l'activité biologique de l'extrait végétal et des nanoparticules obtenues par voie de synthèse verte. Cette étude s'inscrit dans une approche de recherche de composants naturels, efficaces et sûrs pour les formulations cosmétiques et protectrices. Les analyses phytochimiques quantitatives ont révélé des teneurs élevées en composés phénoliques totaux ($61,14 \pm 0,53$ mg EAG/g de matière sèche), flavonoïdes ($88,67 \pm 0,71$ mg EQ/g) et tanins ($47,54 \pm 0,86$ mg EC/g). Les ZnO-NPs ont été synthétisées en utilisant l'extrait comme agent réducteur naturel, et caractérisées par les techniques FTIR et XRD. Le spectre FTIR a confirmé la présence de liaisons Zn-O, tandis que la diffraction des rayons X (XRD) a mis en évidence la structure cristalline des nanoparticules. Concernant l'activité biologique, l'extrait végétal a montré un pouvoir antioxydant notable avec un taux d'inhibition de $55,41 \pm 3,44$ % selon le test DPPH, et une activité anti-inflammatoire atteignant $71,32 \pm 1,38$ % via l'inhibition de la dénaturation de l'albumine. Le test d'hémolyse a révélé un taux de lyse érythrocytaire faible, indiquant un profil de sécurité relatif dans les concentrations testées. L'extrait a également démontré un effet photoprotecteur avec une valeur SPF de 12,70, ainsi qu'une capacité d'inhibition de l'enzyme tyrosinase atteignant 64,11 %. À notre connaissance, il s'agit de la première étude portant sur l'effet de l'extrait de *Corchorus olitorius* sur l'inhibition de la tyrosinase, suggérant son potentiel dans les formulations naturelles pour l'éclaircissement de la peau. L'activité antibactérienne a été évaluée contre quatre souches bactériennes : *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae* et *Staphylococcus aureus*. L'inhibition la plus marquée a été observée contre *Bacillus subtilis* avec un diamètre de zone inhibitrice de $1,9 \pm 0,8$ mm pour l'extrait et $2,14 \pm 1,76$ mm pour les ZnO-NPs, tandis que *P. aeruginosa* et *K. pneumoniae* ont montré une résistance relative. L'effet négligeable du solvant DMSO confirme que l'activité est due aux substances actives présentes dans l'extrait et les nanoparticules. Ces résultats démontrent le potentiel prometteur de l'extrait de *Corchorus olitorius* et des ZnO-NPs biosynthétisées comme ingrédients naturels sûrs et efficaces dans le développement de produits cosmétiques et dermatologiques.

Mots-clés : *Corchorus olitorius*, ZnO-NPs, activité antioxydante, anti-inflammatoire, , tyrosinase, hémolyse, , synthèse verte.

Abstract:

This study aims to synthesize zinc oxide nanoparticles (ZnO-NPs) using an aqueous-methanolic extract of *Corchorus olitorius* leaves and to evaluate the biological activities of both the plant extract and the biosynthesized nanoparticles via green synthesis. The objective is to explore natural, effective, and safe alternatives for cosmetic and protective formulations. Quantitative phytochemical analysis revealed high levels of total phenolics (61.14 ± 0.53 mg GAE/g dry matter), flavonoids (88.67 ± 0.71 mg QE/g), and tannins (47.54 ± 0.86 mg CE/g). The ZnO-NPs were prepared using the plant extract as a natural reducing agent and characterized using FTIR and XRD techniques. FTIR confirmed the presence of Zn–O functional groups, while XRD analysis demonstrated the crystalline structure of the nanoparticles. Regarding biological activity, the plant extract exhibited significant antioxidant activity with $55.41 \pm 3.44\%$ inhibition using the DPPH assay and anti-inflammatory activity of $71.32 \pm 1.38\%$ based on albumin denaturation inhibition. Hemolysis testing showed a low hemolytic rate, indicating a relatively safe profile within tested concentrations. The extract also showed UV-protective capacity with an SPF value of 12.70 and notable tyrosinase inhibitory activity reaching 64.11%. To the best of our knowledge, this is the first study to investigate the effect of *Corchorus olitorius* extract on tyrosinase enzyme inhibition, highlighting its potential in natural skin-whitening formulations. The antibacterial activity was assessed against four bacterial strains: *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae*, and *Staphylococcus aureus*. The highest inhibition was observed against *Bacillus subtilis* with an inhibition zone of 1.9 ± 0.8 mm for the extract and 2.14 ± 1.76 mm for ZnO-NPs, while *P. aeruginosa* and *K. pneumoniae* showed relative resistance. The minimal effect of the DMSO solvent confirmed that the observed activity is attributed to the extract and nanoparticles. These findings demonstrate the promising potential of *Corchorus olitorius* extract and biosynthesized ZnO-NPs as natural, safe, and effective agents for the development of cosmetic and dermatological products.

Keywords: *Corchorus olitorius*, ZnO-NPs, antioxidant activity, anti-inflammatory, , tyrosinase, hemolysis, green synthesis.

الفهرس

إهداء.....	
المخلص.....	
الفهرس.....	
قائمة الجداول.....	
قائمة الأشكال.....	
قائمة المختصرات.....	
مقدمة.....	

الجزء الأول: الجزء النظري

الفصل الأول: دراسة نباتية وتصنيفية لنبات *Corchorus olitorius*

1. نبذة تاريخية عن نبات <i>Corchorus olitorius</i>	5
2. التصنيف النباتي لنبات الملوخية <i>Corchorus olitorius</i>	5
3. الاسماء الشائعة:.....	6
4. الوصف المورفولوجي لنبات <i>Corchorus olitorius</i>	6
5. التوزيع الجغرافي لنبات: <i>C. olitorius</i>	7
6. التركيب الكيميائي لنبات <i>C. olitorius</i>	8
7. القيمة الغذائية:.....	11
8. الدراسات السابقة:.....	12
9. استخدامات نبات <i>C. olitorius</i>	16

الفصل الثاني: الدراسة الفيتوكيميائية (الايض الثانوي)

1. تعريف مواد الايض الثانوي:.....	20
2. تصنيف مواد الايض الثانوي:.....	20
3. التركيب الحيوي للمستقلبات الثانوية:.....	26
4. أهمية مستقلبات الايض الثانوي:.....	28

الفصل الثالث: تقنية النانو وجسيمات أكسيد الزنك النانوية

1. تعريف تقنية النانو:.....	30
2. جسيمات أكسيد الزنك النانوية:.....	30

3. طرق تخليق جسيمات أكسيد الزنك النانوية: 31.....
4. التوصيف الفيزيائي والكيميائي للجسيمات النانوية لأكسيد الزنك: 32.....
5. الأنشطة البيولوجية لجسيمات أكسيد الزنك النانوية (ZnO): 33.....

الجزء الثاني: العمل التطبيقي

الفصل الأول: المواد وطرق العمل

1. المواد: 37.....
2. الاستخلاص: 37.....
3. الكشف الكيميائي: 38.....
4. التقدير الكمي: 39.....
5. التخليق الأخضر لجسيمات ZnO النانوية: 41.....
6. تقنيات تحليل النانو: 41.....
7. الأنشطة البيولوجية: 42.....

الفصل الثاني: النتائج والمناقشة

1. النتائج: 50.....
- 1.1. المرودود R%: 50.....
- 2.1. الكشف عن مواد الايض الثانوي في نبات: *C. olitorius* 50.....
- 3.1. تقدير المركبات الفينولية والفلافونويدية والتانينات في مستخلص نبات: *C. olitorius* 51.....
- 4.1. تحليل جسيمات أكسيد الزنك النانوية لمستخلص نبات: *C. olitorius* 54.....
- 5.1. الأنشطة البيولوجية: 56.....
2. المناقشة: 61.....

- الخاتمة 68.....
- المراجع 71.....
- الملاحق 90.....

قائمة الجداول

الجزء الأول: الجزء النظري

الفصل الأول: دراسة نباتية وتصنيفية لنبات *Corchorus olitorius*

- الجدول 1.I: التصنيف النباتي لنبات الملوخية *Corchorus olitorius*. (Islam, 2013). 5.....
- الجدول 2.I: التركيب الكيميائي لنبات *C. olitorius*. 8.....
- الجدول 3.I: التكوين الغذائي لأوراق *C. olitorius*. (Ahmed, 2021). 11.....

الفصل الثاني: الدراسة الفيتوكيميائية (الايض الثانوي)

- الجدول 1.II: تصنيف الفلافونويدات (Traoré, 2017). 22.....

الجزء الثاني: العمل التطبيقي

الفصل الأول: المواد وطرق العمل

- الجدول 2.I: القيم الامتصاصية وثوابت اختبار SPF. 44.....

الفصل الثاني: النتائج والمناقشة

- الجدول 1.II: جدول يوضح نسبة المردود الناتجة من عملية الاستخلاص. 50.....
- الجدول 2.II: نتائج الكشف مواد الايض الثانوي لنبات *C. olitorius*. 50.....
- الجدول 3.II: محتوى الفينولات الكلية في المستخلص النباتي. 52.....
- الجدول 4.II: محتوى الفلافونويدات الكلية في المستخلص النباتي. 53.....
- الجدول 5.II: محتوى التانينات الكلية في المستخلص النباتي. 54.....
- الجدول 6.II: النشاطية المضادة للاكسدة للمستخلص النباتي. 56.....
- الجدول 7.II: النشاطية المضادة لانحلال كريات الدم الحمراء للمستخلص النباتي. 57.....
- الجدول 8.II: النشاطية المضادة لالتهابات للمستخلص وجسيمات أكسيد الزنك النانوية لنبات *C. olitorius*. 59.....
- الجدول 9.II: نتائج الفعالية المضادة للبكتيريا لمستخلص وجسيمات أكسيد الزنك النانوية لنبات *C. olitorius*. 60.....

قائمة الأشكال

الجزء الأول: الجزء النظري

الفصل الأول: دراسة نباتية وتصنيفية لنبات *Corchorus olitorius*

- الشكل I.1: نبات الملوخية *Corchorus olitorius* (Udoh et al., 2024).....5
- الشكل I.2: أجزاء نبات *C. olitorius*7
- الشكل I.3: الدول المنتجة لنبات *C. olitorius* في العالم.....8

الفصل الثاني: الدراسة الكيميائية (الايض الثاني)

- الشكل II.1: A: التركيب الكيميائي للحلقة الفينولية. B: التركيب الكيميائي العام للفلافونويدات.....21
- الشكل II.2: التركيب الكيميائي العام لـ A: Hydroxybenzoic acid :B Hydroxycinnamic acid.....24
- الشكل II.3: التركيب الكيميائي لـ: A.Procyanidin-B2 complex (condensed tannins).....25
- B.Tannic acid (hydrolyzable tannins).....25
- الشكل II.4: وحدة الايزوبران26
- الشكل II.5: تمثيل تخطيطي للتخليق الحيوي للمستقلبات الثانوية (Kabera et al., 2014).....27

الفصل الثالث: الأسس النظرية لتقنية النانو وجسيمات أكسيد الزنك النانوية

- الشكل III.1: جزيئات أكسيد الزنك النانوية (Benine, 2024).....31
- الشكل III.2: آلية تكوين جسيمات أكسيد الزنك النانوية باستخدام مستخلص نباتي, (Abdelbaky et al., 2023).....32

الجزء الثاني: العمل التطبيقي

الفصل الأول: المواد وطرق العمل

- الشكل I.1: الموقع الجغرافي لمنطقة الدراسة زربية الوادي (ولاية بسكرة).....37
- الشكل I.2: مراحل الاستخلاص لنبات *C. olitorius* في المختبر.....38
- الشكل I.3: طريقة التخليق الحيوي الأخضر لجسيمات أكسيد الزنك النانوية لنبات *C. olitorius*41
- الشكل I.4: تقييم النشاط المضاد للالتهابات لمستخلص والجسيمات النانوية باستخدام اختبار تثبيت ألومين البيض.....46
- الشكل I.5: تحضير الوسط الغذائي لاختبار النشاط المضاد للبكتيريا.....47

الفصل الثاني: النتائج والمناقشة

- الشكل II.1: المنحنى القياسي للتراكيز المختلفة لحمض الغاليك للمستخلص الميثانولي لنبات *C. olitorius*.....51
- الشكل II.2: المنحنى القياسي للتراكيز المختلفة لحمض الكيرسيتين للمستخلص الميثانولي لنبات *C. olitorius*.....52

- الشكل II.3: المنحنى القياسي للتراكيز المختلفة لحمض الكاتيشين للمستخلص الميثانولي لنبات *C.olitorius*.
53.....
- الشكل II.4: مطيافية الأشعة تحت الحمراء لجسيمات أكسيد الزنك النانوية لنبات *C.olitorius*.
54.....
- الشكل II.5: أنماط الأشعة السينية (XRD) لجسيمات أكسيد الزنك النانوية المستخلصة من نبات *C.olitorius*.
55.....
- الشكل II.6: المنحنى القياسي للنشاطية المضادة للاكسدة لكبح جذر $DppH\cdot$.
56.....
- الشكل II.7: المنحنى القياسي لحمض الاسكوربيك في اختبار تثبيط الجذر الحر $DppH\cdot$.
56.....
- الشكل II.8: منحنى نسبة انحلال كريات الدم الحمراء بدلالة تركيز مستخلص نبات *C.olitorius*.
57.....
- الشكل II.9: قيم عامل الحماية من الشمس للمستخلص وجسيمات أكسيد الزنك النانوية وكريم Avene.
58.....
- الشكل II.10: مقارنة فعالية مستخلص وجسيمات النانوية على نشاط المضاد للالتهاب لنبات *C.olitorius*.
58.....
- الشكل II.11: مقارنة فعالية مستخلص نبات *C.olitorius* وفيتامين C في تثبيط إنزيم التيروسيناز خطأ!
الإشارة المرجعية غير معرّفة.

قائمة المختصرات

<p>ACE: Angiotensin-Converting Enzyme – إنزيم تحويل الأنجيوتنسين</p> <p>Bax: Bcl-2-associated X protein – بروتين Bax المرتبط بعائلة Bcl-2</p> <p>CAT: Catalase – إنزيم الكاتالاز</p> <p>CGA: Chlorogenic Acid – حمض الكلوروجينيك</p> <p>COX: Cyclooxygenase – إنزيم السيكلوأكسجيناز</p> <p>DFT: Density Functional Theory – نظرية الكثافة الوظيفية</p> <p>DPPH: 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl – مركب ثنائي فينيل بيكريل هيدرازيل</p> <p>EDS: Energy-Dispersive X-ray Spectroscopy – مطيافية الأشعة السينية المشتتة للطاقة</p> <p>FBG: Fasting Blood Glucose – سكر الدم أثناء الصيام</p> <p>FTIR: Fourier-Transform Infrared Spectroscopy – مطيافية الأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه</p> <p>HaCat: Human Adult Keratinocyte cell line – خط خلايا الكيراتين البشرية البالغة</p> <p>HbA1C: Hemoglobin A1c (Glycated Hemoglobin) – الهيموغلوبين السكري</p> <p>HCL: Hydrochloric Acid – حمض الهيدروكلوريك</p> <p>HDL: High-Density Lipoprotein – البروتين الدهني عالي الكثافة</p> <p>HepG2: Human Hepatocellular Carcinoma Cell Line – خط خلايا سرطان الكبد البشري</p> <p>Hsp70: Heat Shock Protein 70 – بروتين الصدمة الحرارية 70</p> <p>ICAD: Inhibitor of Caspase-Activated DNase – المنشط بالكاسباز DNase مثبط</p>	<p>LOX: Lipoxygenase – إنزيم الليبوأكسجيناز</p> <p>LPS: Lipopolysaccharide – عديد السكاريد الشحمي</p> <p>MOCVD: Metal-Organic Chemical Vapor Deposition – الترسيب الكيميائي للبخار المعدني العضوي</p> <p>NF-κB: Nuclear Factor kappa-light-chain-enhancer of activated B cells – العامل النووي كابا المحفز لسلسلة الخلايا البائية النشطة</p> <p>NHDF: Normal Human Dermal Fibroblasts – الأرومات الليفية الجلدية البشرية الطبيعية</p> <p>NO: Nitric Oxide – أكسيد النيتريك</p> <p>PARP: Poly (ADP-ribose) Polymerase – بوليميراز متعدد الأدينوسين ثنائي الفوسفات الريبوزي</p> <p>PGE2: Prostaglandin E2 – البروستاغلاندين E2</p> <p>PLD: Plasma Lipid Distribution أو توزيع الدهون في البلازما أو Phospholipase D – إنزيم الفسفوليبياز D</p> <p>PVD: Physical Vapor Deposition – الترسيب الفيزيائي للبخار</p> <p>QS: Quorum Sensing – الاستشعار الجماعي (للبكتيريا)</p> <p>R%: Percentage Yield – نسبة الغلة / المردود</p> <p>ROS: Reactive Oxygen Species – أنواع الأكسجين التفاعلية</p> <p>SEM: Scanning Electron Microscopy – المجهر الإلكتروني الماسح</p> <p>SOD: Superoxide Dismutase – إنزيم السوبر أكسيد ديسموتاز</p> <p>SPF: Sun Protection Factor – عامل الحماية من الشمس</p> <p>T-cho: Total Cholesterol – الكوليسترول الكلي</p>
--	---

<p>I%: Inhibition Percentage – نسبة التثبيط</p> <p>IL-1B: Interleukin-1 Beta – الإنترلوكين 1 بيتا</p> <p>IL-6: Interleukin-6 – الإنترلوكين 6</p> <p>JCPDS: Joint Committee on Powder Diffraction Standards – اللجنة المشتركة لمعايير حيود المساحيق</p> <p>KBr: Potassium Bromide – بروميد البوتاسيوم</p> <p>L-DOPA: L-3,4-dihydroxyphenylalanine – ليفو-3،4-ديهيدروكسي فينيل ألانين</p> <p>LDL: Low-Density Lipoprotein – البروتين الدهني منخفض الكثافة</p>	<p>TGF-β: Transforming Growth Factor Beta – عامل النمو المحوّل بيتا</p> <p>TGS: Triglycerides – الدهون الثلاثية</p> <p>TNF-α: Tumor Necrosis Factor-alpha – عامل نخر الورم ألفا</p> <p>VLDL: Very-Low-Density Lipoprotein – البروتين الدهني منخفض الكثافة جداً</p> <p>XRD: X-ray Diffraction – حيود الأشعة السينية</p> <p>ZnO Nps: Zinc Oxide Nanoparticles – جسيمات نانوية من أكسيد الزنك</p>
--	--

مقدمة

مقدمة

أنعم الله علينا من النعم ما لا تعد ولا تحصى ومن بينها النباتات، وهي من نعم الله عزوجل على خلقه وذكرها في مواضع كثيرة من القرآن الكريم فقال سبحانه وتعالى:

أَمَّنْ خَلَقَ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضَ وَأَنْزَلَ لَكُمْ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَنْبَتْنَا بِهِ حَدَائِقَ بَاهٍ فَتَأْتِبُنَّهَا مِنَ الشَّجَرِ مَا كَانَ لَكُمْ أَنْ تُنْبِتُوا شَجَرَهَا ۗ أَعْلَىٰ مَعَ اللَّهِ بَلْ هُمْ قَوْمٌ يَعْدِلُونَ ﴿٦٠﴾ سورة النمل الآية (60).

شهدت العقود الأخيرة اهتماما متزايدا بالنباتات الطبية، لما تحتويه من مركبات فعالة بيولوجيا يمكن أن تساهم في الوقاية من الأمراض أو علاجها بفعالية وأمان. ومن بين هذه النباتات، يبرز نبات *Corchorus olitorius* المعروف باسم الملوخية، والذي يستخدم في العديد من الثقافات الشعبية لعلاج الحمى، الالتهابات، والاضطرابات المعوية. وقد أظهرت دراسات علمية حديثة أن هذا النبات غني بمركبات الفينولات، الفلافونويدات، الفلويدات، والستيرويدات، وهي مركبات تملك أنشطة مضادة للأكسدة، مضادة للالتهابات، ومضادة للبكتيريا (Kumari et al., 2019).

يتعرض الإنسان المعاصر لنسب متزايدة من الأمراض المزمنة نتيجة عوامل نمط الحياة والتقدم الصناعي والتكنولوجي، مما أدى إلى ارتفاع معدلات ضغط الدم، السكري، وأمراض القلب. ومع ذلك، تُظهر دراسات وبائية حديثة أن الأنظمة الغذائية الغنية بالمركبات الفينولية، وخاصة الفلافونويدات، ترتبط بانخفاض خطر الإصابة بهذه الأمراض. على سبيل المثال، أشارت دراسة مؤخرا إلى أن الاستهلاك المتنوع والعالي للفلافونويدات بوتيرة يومية يقلل من خطر الوفاة من جميع الأسباب ومن الإصابة بأمراض القلب والسكري بنسبة تتراوح بين 6-20٪ بين المشاركين. تبين أن الفلافونويدات تساهم في تحسين وظيفة بطانة الأوعية الدموية عبر زيادة إطلاق أكسيد النيتريك، وتخفيف الالتهابات، والحد من الإجهاد التأكسدي، مما يقدم آلية فعالة للوقاية من هذه الأمراض المزمنة. (Parmenter et al., 2025).

وتعد الجزائر بمساحتها الواسعة وتنوع مناخها، من البلدان الغنية بالنباتات الطبية. من بينها، يستخدم نبات *Corchorus olitorius* في الطب الشعبي، وقد أظهرت دراسة التي أجريت على أصناف من الشمال الشرقي الجزائري بأن مستخلصاته الغنية بالبوليفينول والفلافونويدات تمتلك نشاط مضاد للأكسدة وفعالية ضد ممرضات البكتيريا والفطريات في المختبر. (Mouas et al., 2021).

تعد الجزائر من بين أكثر الدول غنى بالنباتات الطبية، وذلك بفضل مساحتها الشاسعة وتنوعها المناخي الكبير. وفي هذه الدراسة تم اختيار نبات *Corchorus olitorius* (من العائلة النباتية Malvaceae) وجنس *Corchorus* نظرا لانتشاره الواسع في المناطق الجافة، واستخدامه التقليدي الطويل في الطب الشعبي لعلاج أمراض مثل السكري، الإسهال، السرطان، والروماتيزم. وقد أثبتت التحاليل الكيميائية النباتية احتواء هذا النوع على مركبات نشطة بيولوجيا، بما في ذلك الفلافونويدات، والصابونينات، والفينولات، والستيرويدات. (Ismail et al., 2018).

مع تطور تقنيات النانو أصبح من الممكن تعزيز الفعالية البيولوجية للنباتات من خلال استخدامها في تخليق الجسيمات النانوية بطريقة تعرف بالتخليق الأخضر. يعتبر هذا النهج بديلاً صديقاً للبيئة للطرق الفيزيائية والكيميائية التقليدية، حيث يستفاد من المركبات النباتية في تقليل المعادن وتثبيت الجسيمات النانوية (Singh et al., 2016)

وفي هذا السياق، تم استخدام مستخلص *Corchorus olitorius* لتخليق جسيمات أكسيد الزنك النانوية (ZnO NPs) لما تحتويه من مركبات فعالة قادرة على تثبيت الجسيمات ومنحها خصائص وظيفية متعددة. حيث خضعت الجسيمات النانوية المحضرة لسلسلة من التحاليل الفيزيائية والكيميائية للتأكد من بنيتها النانوية وخصائصها. من بين هذه التحاليل: تحليل التحول الطيفي بالأشعة تحت الحمراء FTIR، وتحليل الحيود بالأشعة السينية XRD، أظهرت هذه التقنيات أن الجسيمات المحضرة كانت نانوية الحجم، مستقرة، وتمتلك خصائص سطحية نشطة (Ragunath & Perumal, 2017).

بناءً على هذه المعطيات، تطرح هذه الدراسة الإشكالية التالية:

إلى أي مدى يظهر مستخلص *Corchorus olitorius* فعالية بيولوجية متعددة الوظائف، تؤهله ليكون مكوناً طبيعياً واعداداً في التركيبات التجميلية والوقائية، مقارنةً بالخصائص المعروفة لجسيمات أكسيد الزنك النانوية المحضرة بيولوجياً؟

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم الأنشطة البيولوجية لمستخلص نبات *Corchorus olitorius*، بما في ذلك النشاط المضاد للأكسدة، وتثبيط إنزيم التيروسيناز، وتقييم انحلال كريات الدم الحمراء، إلى جانب فعاليته المضادة للبكتيريا، والمضادة للالتهاب، وقدرته على الحماية من أشعة الشمس. كما تم اختبار جسيمات أكسيد الزنك النانوية المحضرة بيولوجياً فقط فيما يتعلق بفعاليتها المضادة للبكتيريا، والمضادة للالتهاب، وخصائصها الوقائية من الأشعة فوق البنفسجية، مع محاولة تفسير الآليات الكامنة وراء هذه الأنشطة العلاجية.

حيث تم تقسيم البحث إلى جزأين رئيسيين:

الجزء النظري: يتضمن ثلاثة فصول، حيث تناول في الفصل الأول دراسة النبات المدروس *Corchorus olitorius*، من حيث خصائصه، وتوزيعه الجغرافي، وأهميته البيولوجية. أما الفصل الثاني فكان مخصصاً لدراسة الفيتوكيميائية للأبيض الثانوي، من حيث أنواعه، دوره، وأهم مركباته. في حين تناول الفصل الثالث جسيمات أكسيد الزنك النانوية، حيث تطرقنا إلى طرق تخليقها، خصائصها، وتطبيقاتها المختلفة، إضافة إلى أنواع الاختبارات التي تجرى عليها.

الجزء التطبيقي: احتوى على فصلين، تمت مناقشة في الفصل الأول المواد المستعملة والمنهجية المعتمدة في هذه الدراسة، أما في الفصل الثاني تم عرض النتائج المتحصل عليها، تحليلها، مناقشتها، ومقارنتها مع نتائج الدراسات السابقة.

الجزء الأول
الجزء النظري

الفصل الأول

دراسة نباتية وتصنيفية لنبات

Corchorus olitorius

1. نبذة تاريخية عن نبات *Corchorus olitorius*:

يعتبر نبات الملوخية من النباتات القديمة التي عرفت في مصر الفرعونية منذ آلاف السنين، حيث تم العثور على بقايا أوراق الملوخية في مقابر الفراعنة. وتشير الدراسات إلى أن موطنها الأصلي هو إفريقيا الاستوائية وشبه الاستوائية، ومن ثم انتشرت زراعتها في مناطق مختلفة من العالم. (Islam, 2013)

تزرع الملوخية *Corchorus olitorius* حالياً على نطاق واسع في العديد من البلدان الاستوائية وشبه الاستوائية، حيث تمثل أهمية اقتصادية وغذائية كبيرة في بنغلاديش والهند والسودان ومصر ونيجيريا. وتشير التقديرات إلى أن الإنتاج العالمي من ألياف الجوت (بما في ذلك *Corchorus olitorius*) يتجاوز 3 ملايين طن سنوياً، مع تركيز معظم الإنتاج في جنوب آسيا. كما تستخدم أوراقها كخضار ورقية غني بالمغذيات في العديد من المناطق، خاصة في الشرق الأوسط وإفريقيا وجنوب شرق آسيا. (Benor et al., 2011)



الشكل 1.I: نبات الملوخية *Corchorus olitorius* (Udoh et al., 2024).

2. التصنيف النباتي لنبات الملوخية *Corchorus olitorius*:

الجدول 1.I: التصنيف النباتي لنبات الملوخية *Corchorus olitorius*. (Islam, 2013)

Kingdom	<i>Plantae -Plants</i>	النباتية	المملكة
subkingdom	<i>Tracheobionta – Vascular plants</i>	النباتات الوعائية	تحت المملكة
Suprdivision	<i>Spermatophyta- seed plants</i>	النباتات البذرية	الفرع
division	<i>Magnoliphyta- Flowering plants</i>	النباتات المزهرة	الشعبة

class	<i>Magnoliopsida- Dicotyledons</i>	ثنائية الفلقة	الصف
subclass	<i>Dilleniidae</i>	دلينيديات	تحت الصف
order	<i>Malvales</i>	الخبازيات	الرتبة
Family	Malvaceae	العائلة (الخبازية)	العائلة
Subfamily	Grewioideae	الغريوية	تحت العائلة
Genus	<i>Corchorus</i>	الكوركوس	الجنس
Species	<i>Corchorus olitorius L, Jute nalta</i>	الجوت الناعمي	النوع
English name	<i>Jute</i>	الجوت	الاسم الإنجليزي
Bengali name	<i>Pat, Paat, Naila etc.</i>	بات بات نيلا الخ	الاسم البنغالي

(Apg, 2003)

3. الاسماء الشائعة:

يعتبر نبات *Corchorus olitorius* من النباتات الطبية والأليافية التابعة لعائلة Malvaceae يعرف عادة باسم الجوت، ويحمل أسماء محلية متنوعة في مختلف المناطق، حيث يسمى "مولوهيبيا" في شمال قبرص وتركيا والفلبين، و"موروهيبيا" في اليابان، و"المأوي اليهودي" بالعبرية، و"الجمبو" في نيجيريا وبعض دول غرب إفريقيا (Ozdenefe et al., 2018).

الاسم الفرنسي: core'te potage're. (Schippers, 2000).

الاسم الإنجليزي: Jew's mallow أو jute mallow. (Schippers, 2000).

الاسم العربي: الملوخية (عبد الباسط، 2018).

4. الوصف المورفولوجي لنبات *Corchorus olitorius*:

يتألف جنس نبات *C. olitorius* مما يقرب من 50-60 نوعا منتشرة في المناطق المدارية وشبه المدارية، والمناطق المعتدلة الدافئة حول العالم وتعد إفريقيا الموطن الاساسي لمعظم هذه الأنواع، حيث يتركز انتشارها بشكل خاص في إثيوبيا، تنزانيا، وجنوب إفريقيا (Benor et al., 2012).

هو نبات عشبي سنوي أو ثنائي الحول، قائم ومتفرع، يصل ارتفاعه إلى 1.5 متر، بجذور خشبية. أوراقه رمحية الشكل مسننة الحواف، وعروقها قليلة الشعر، بينما أعناقها زغبية بطول 2-3 سم. أزهاره صغيرة (12-15 مم) مفردة أو ثنائية في نورات مقابلة للأوراق، وتتميز بكأسات وبتلات مستطيلة وأسدية عديدة متصلة عند القاعدة. المبيض أسطواني، خماسي الحجرات، والميسم خماسي الفصوص بنسيج دقيق. الكبسولات شبه أسطوانية، بطول 2-7 سم، ذات أضلاع بارزة، والبذور سوداء ثلاثية الزوايا بحجم 2 × 1.5 مم (Islam, 2013). البذور بنية اللون إلى بني مائل للسواد، يبلغ قطرها حوالي 5 مم، وعادة ما تكون غير منتظمة الشكل. وقد أشير إلى أن أنواع *C. olitorius* تتميز بتنوع كبير في الصفات الشكلية، خاصة في الأجزاء الخضرية مثل الأوراق (Osawaru et al., 2012). كما تظهره الصور في (الشكل 2)



(Afokpe et al., 2024)



(Okugbo et al., 2022)



(ALABI, 2019)

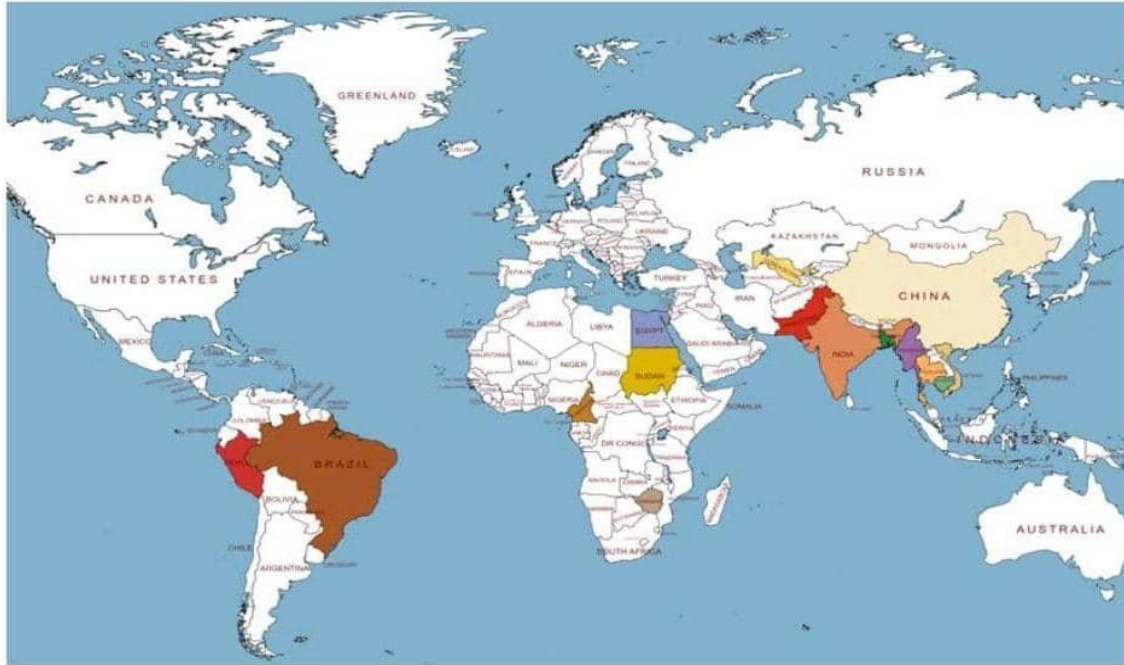


الشكل 2.1: أجزاء نبات *C. olitorius*.

5. التوزيع الجغرافي لنبات: *C. olitorius*

يتوزع نبات *C. olitorius* بشكل رئيسي في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية والمعتدلة الدافئة حول العالم كما في (الشكل 3)، حيث ينمو في بيئات تتميز بدرجات حرارة دافئة، رطوبة عالية، وتربة غنية

بالمغذيات. تعد الهند وبنغلاديش أبرز الدول المنتجة لنبات *C. olitorius*، مستفيدة من المناخ الموسمي والأراضي الخصبة في دلتا نهرى الجانج والبراهماوترا، بينما تساهم دول مثل الصين وتايلاند ونيبال في إنتاجه في آسيا، مع الاعتماد عليه في الغذاء والصناعة. في إفريقيا تعد مصر والسودان من الدول الواعدة، حيث توفر أنهارها تربة مثالية لنمو النبات، بينما تظهر البرازيل في أمريكا اللاتينية كمنتج ناشئ. يرتبط التوزيع الجغرافي للنبات بقدرته على التكيف مع البيئات المختلفة، مما يجعله موردا اقتصاديا هاما لإنتاج الألياف الصناعية وكمصدر غذائي محلي غني بالمواد المغذية (Biswas et al., 2022).



الشكل 3.1: الدول المنتجة لنبات *C. olitorius* في العالم.

6. التركيب الكيميائي لنبات *C. olitorius*:

الجدول 2.1: التركيب الكيميائي لنبات *C. olitorius*.

المرجع	الجزء النباتي	المركب الكيميائي	القسم
(Hasan & Kadhim, 2018b)	الأوراق	Chlorogenic acid	الفينولات
		Caffeic acid	
		Dicaffeoylquinic acid -	
		3.5	
		Quercetin	
		Kaempferol	
		Luteolin	

(Hasan & Kadhim, 2018b)	الأوراق البذور	Quercetin Luteolin Astragalin Isoquercitrin Catechin	الفلافونويدات
(Hussien et al., 2017)	الأوراق	Catechin tannins (Condensed tannins) Gallic tannins (Hydrolyzable tannins)	التانينات
(Abdel-Razek et al., 2022)	الأوراق	Phytol Corchoionoside A and B,C Iononones	التربينات
(Hasan & Kadhim, 2018a)	الأوراق	Oleanolic acid Ursolic acid	الصابونينات (Triterpenoid saponins)
(Hasan & Kadhim, 2018a)	الأوراق	Strophanthidin Strophanthinin (A, B, C) Digitoxigenin Erysimoside Corchorosides (A, B, C, D, E)	القلويدات
(Abdel-Razek et al., 2022)	البذور	Canarigenin Cannogenol Campesterol Strophanthidin Stigmasterol β-Sitosterol Fusidic acid	الستيرويدات

		Corchoroside A	
(Ahmed et al., 2023)	البذور	Corcoroside A and B Oleitoroside Strophanthidin Evonoside Coroloside Veticoside Erysimoside Helveticoside Canogenol	الجليكوسيدات القلبية
(Abdel-Razek et al., 2022)	الأوراق	4,7-Dihydroxycoumarin Scopoletin Scopolin	الكومارينات
(Oh & Kim, 2022)	الأوراق	Uronic acid polymer S Galactur (Glucuro nic acid, onic acid, Rhamno se, Arabinos e)	الميوسيلاج
		Riboflavin (Vitamin B2) Folic acid (Vitamin B9) Ascorbic acid (Vitamin C) α -Tocopherol(Vitamin E)	الفيتامينات
(IDRIS et al., 2009)	الأوراق	Potassium (2814.15 mg/100g), magnesium (76.69 mg/100g), sodium (54.56 mg/100g), calcium (30.55 mg/100g), phosphorus	المعادن والمغذيات الكبرى

		(6.68 mg/100g), iron (19.53 mg/100g), copper (2.52 mg/100g), manganese (5.95 mg/100g), and zinc (4.71 mg/100g).	
--	--	--	--

7. القيمة الغذائية:

تتميز أوراق *C. olitorius* بأنها غنية بالعديد من المكونات المختلفة كما موضح في (الجدول 3).

الجدول 3.1: التكوين الغذائي لأوراق *C. olitorius*. (Ahmed, 2021).

النسبة الخام	المغذيات
%82.87	الرطوبة
%5-6	البروتينات
%5-7	الكربوهيدرات
%0.3-1	الدهون
%2.4-2.6	الرماد
%1-5	الالياف
(μI)3000	فيتامين A
(mg/100g) 0.01	التايمين
(mg/100g) 0.03	الريبوفلافين
(mg/100g) 1.05	النياسين
(mg/100g) 10-100	فيتامين C
(mg/100g) 4-08	الحديد
(mg/100g) 250-266	الكالسيوم

8. الدراسات السابقة:

1.8. النشاط المضاد للأكسدة:

تتميز مستخلصات نبات *C. olitorius* بخصائص مضادة للأكسدة متميزة، حيث أظهرت مستخلصات الإيثانولية نشاطا مضادا للأكسدة والبكتيريا بفضل غناها بالأحماض الفينولية مثل (Caffeic acid , Protocatechuic acid, P-coumaric)

والفلافونويدات منها (Quercetin, Cirsiliol, Apigenin-7-O-glucosyl) (المحددة بواسطة LC-MS). هذه الخصائص تجعلها بديلا طبيعيا واعدة لمضادات الأكسدة الاصطناعية في الصناعات الغذائية والحفظ البيولوجي (Yakoub et al., 2018). وقد تأكدت هذه الفعالية من خلال دراسة أخرى بينت أن المستخلص الإيثانولي لنبات *C. olitorius* تأثيرا وقائيا ضد التسمم التأكسدي في الفئران عن طريق تقليل مستويات Malondialdehyde وتحسين نشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة مثل SOD و GPx و CAT

(Ndukwe et al.) في دراسة شاملة تبين أن مستخلصات *C. olitorius* تمتاز بخصائص مضادة للبكتيريا ومضادة للأكسدة، حيث كان محتوى الفينولات الكلي في المستخلص الإيثانولي أعلى مقارنة بالمستخلصات المائية والميثانولية. كما لوحظ أن النشاط المضاد للبكتيريا كان أكثر فاعلية في المستخلص الميثانولي ضد جميع الكائنات الدقيقة المدروسة. تشير النتائج إلى أن التأثيرات البيولوجية للمستخلصات تتأثر بعوامل مثل الموقع الجغرافي للنبات، وطرق التجفيف المطبقة، ونوع المذيب المستخدم في عملية الاستخلاص. بناء على هذه النتائج، يحتمل أن يكون *C. olitorius* بديلا واعدة للعوامل الكيميائية المضادة للبكتيريا والأكسدة (Yücelşengün & Gargı, 2020).

كما تحتوي أوراق *C. olitorius* على مركبات فلافونويدية، صابونين، والقلويدات التي تساهم في النشاط المضاد للأكسدة بفعالية تفوق حمض الأسكوربيك في مكافحة بيروكسيد الدهون. حيث أظهرت الدراسة أن الفلافونويدات والصابونين يلعبان دورا أساسيا في الوقاية من التهابات الأعصاب. يرجح أن الأنشطة المضادة للأكسدة مرتبطة بالتراكيب الكيميائية للمستخلص، خاصة مجموعات الهيدروكسيل والكاربوكسيل (Dahiru et al., 2024).

2.8. مضاد الالتهابات:

وضحت الدراسات الحديثة الإمكانيات العلاجية الواعدة لنبات *C. olitorius* في مجال التئام الجروح ومكافحة الالتهابات. و تحتوي أيضا أوراق *C. olitorius* على مستويات مرتفعة من الفينولات الكلية خاصة (Gallic acid , Chlorogenic acid) (والفلافونويدات حيث يمتلك كلاهما خصائص مضادة للأكسدة والالتهابات من خلال تثبيط إنتاج NO و PGE2 والإنزيمات الالتهابية مثل iNOS و cox-2. يؤدي غسل

الأوراق بالماء الجاري إلى فقدان كبير للفينولات وتغيير تركيبها الكيميائي، مما يقلل من نشاطها المضاد للأكسدة (Yan YeongYu et al., 2013).

فقد أثبت مستخلص بذور *C. olitorius* نشاطا قويا في تسريع شفاء التقرحات القلاعية البسيطة المتكررة (RMAU) عن طريق تعزيز تعبير $TGF-\beta$ و $TNF-\alpha$ وتقليل المؤشرات الالتهابية، بالإضافة إلى نشاطه المضاد للأكسدة الذي يساعد في القضاء على ROS وتعزيز الشفاء. أوصت الدراسة بإستخدامه في العناية بالجروح (Shady et al., 2022). حقق مستخلص أوراق *C. olitorius* خصائص مضادة للالتهابات من خلال تقليل إنتاج NO و $TNF-\alpha$ و IL-6 في خلايا RAW 264.7 المحفزة بـLPS، وعزز تكاثر الخلايا والتئام الجروح في خلايا NHDF و HaCaT. يحتوي أيضا المستخلص على كميات كبيرة من Chlorogenic acid، مما يشير إلى إمكانات علاجية واعدة لنبات *C. olitorius* المزروع في المزارع الذكية في علاج الالتهابات وتعزيز التئام الجروح (Lee et al., 2023).

3.8. مضادة للسمنة:

تشير الدراسات إلى أن مستخلص أوراق نبات *C. olitorius* يظهر فعالية مماثلة لعقار Orlistat في الوقاية من السمنة، الكبد الدهني، فرط شحميات الدم، ومقاومة الإنسولين لدى الجرذان المغذاة على نظام عالي الدهون. تعزى هذه التأثيرات إلى تثبيط إنزيم الليباز البنكرياسي، تقليل إنتاج السيبتوكينات، تثبيط مقاومة اللبتين، وزيادة مستويات الأديبونكتين المضاد لتكوين الدهون والسمنة. (Gomaa et al., 2019).

4.8. مضاد للسرطان:

تم تطوير طريقة صديقة للبيئة لتخليق جزيئات الذهب النانوية باستخدام مستخلصات أوراق (*C. olitorius*) دون عوامل إختزال أو تغليف، مظهرة استقرارا لأسبوعين مع قمة امتصاص عند 535 نانومتر. أظهرت هذه الجزيئات والمكونات النباتية فعالية حيوية كبيرة، ونشاطا سميًا ضد ثلاثة خطوط خلايا سرطانية، مما يعزز إمكاناتها العلاجية واستخدامها في أبحاث السرطان (Ismail et al., 2018).

تبين أيضا أن نبات *C. olitorius* ومركباته النشطة بيولوجيا منها (CGA) تثبط تكاثر خلايا السرطان وتقلل نمو الأورام في نموذج CAM من خلال تحفيز التموت والتأثيرات المضادة للأوعية الدموية. ترتبط هذه الأنشطة المضادة للسرطان بتنظيم البروتينات ومسارات الإشارة المؤدية لتلف الحمض النووي في خلايا السرطان، مما يشير إلى إمكانات سريرية محتملة كمضاد للسرطان. (Tosoc et al., 2021). كما أوضحت دراسة Alshabi وزملاؤه (2022) أن مستخلص الميثانول من *C. olitorius* يظهر نشاطا ساما للخلايا بشكل ملحوظ، حيث يثبط نمو خطوط خلايا سرطان الثدي MCF-7 وسرطان الرئة A549. كشفت تحليلات قياس التدفق الخلوي أن المستخلص يحفز عملية الاستماتة من خلال إحداث تلف في الحمض النووي، بفعالية مماثلة لـ Cisplatin. مما يبرز نبات *C. olitorius* كمصدر واعد للعوامل

الكيميائية الوقائية، مما يستدعي مزيداً من الأبحاث لتحديد المركبات الرائدة وتطويرها للتطبيقات السريرية (Alshabi et al., 2022).

5.8. مضاد سرطان القولون:

توضح الدراسة الإمكانيات المضادة للسرطان لمستخلصات نبات *C. olitorius*، حيث يحفز المستخلص المائي الاستماتة في خلايا سرطان القولون النقيلي عبر المسارين الداخلي والخارجي، بينما يركز مستخلص DCM على المسار الخارجي. تساهم المركبات الفيتوكيميائية كالـ Quercetin و Chlorogenic acid في زيادة أنواع الأكسجين التفاعلية وتفعيل بروتينات الاستماتة، مؤكدة أهمية هذا النبات علاجياً في مكافحة السرطان النقيلي (Soykut et al., 2017).

6.8. مضاد السكري:

تؤكد الدراسات على الفعالية المضادة للسكري لنبات *C. olitorius* من خلال أجزاء مختلفة من النبات و آليات متنوعة فقد أظهرت دراسة Eguia وزملائه (2013) أن المستخلص الإيثانولي لبذور *C. olitorius* يظهر فعالية مضادة للسكري من خلال خفض مستويات سكر الدم في الفئران الطبيعية وتحسين تحمل الجلوكوز في اختبار OGTT. أظهرت جرعات 250 و 500 mg/ Kg تأثيراً مماثلاً لـ Glibenclamide في الفئران المصابة بداء السكري المستحث بالألوكسان، مع استمرار التأثير بعد توقف العلاج. ينسب هذا النشاط العلاجي إلى مركبات نباتية نشطة حيويًا (فلافونويدات، قلويدات، صابونينات) ذات خصائص خافضة لسكر الدم (Eguia et al., 2013). كما بينت دراسة أخرى أن لأوراق نبات *C. olitorius* تأثيرات مضادة لارتفاع السكر في الدم من خلال تثبيط إنزيم α -أميلاز ونشاطها المضاد للأكسدة. برهن المستخلص الكلوروفورمي عن فعالية مضادة للسكري معتمدة على الجرعة تفوق المستخلص المائي، مما يشير إلى أهمية المكونات غير القطبية. كما أظهرت المستخلصات الكحولية والمائية والكلوروفورمية إمكانية الوقاية من مضاعفات السكري مثل فرط الدهون في الدم وتلف الكبد، مدعمة الاستخدام التقليدي للنباتة بفضل مكوناتها النشطة بيولوجياً مثل Theophylline و Glycetin (Abdallah et al., 2020).

7.8. مضاد الألم:

أظهر مستخلص أوراق نبات (*C. olitorius*) نشاطاً مضاداً للألم على المستويين المحيطي والمركزي، مع فعالية أعلى عند التركيزات المنخفضة، بينما أظهرت التركيزات العالية تأثيرات مسببة للألم. إحتفظ المستخلص بنشاطه المضاد للألم حتى عند التعرض لدرجات حرارة مرتفعة. تشير الدراسة إلى أن التأثير المحيطي قد يرتبط بمستقبلات الأفيون (Opium) في حين لم يظهر النشاط المركزي ارتباطاً واضحاً بهذه المستقبلات (Zakaria et al., 2005). كما أثبتت هذه الدراسة أن التأثير المسكن للمستخلص المائي لبذور *C. olitorius* في اختبار Formalin خلال المرحلتين المبكرة والمتأخرة، حيث تبين ارتباط

هذا التأثير جزئياً بتنشيط مستقبلات (Opium) والذي تم تثبيطه بواسطة Naloxone. أظهر المستخلص أيضاً نشاطاً مضاداً للأكسدة بفضل محتواه من الفلافونويدات والصابونين و Anthraquinones. تشير النتائج إلى إمكانية استخدام النبات في الوقاية من الأمراض التنكسية مثل السرطان وأمراض القلب من خلال قدرته على تحييد الجذور الحرة (Boye et al., 2014).

8.8. مضاد ضغط الدم:

يعد مستخلص أوراق نبات *C. olitorius* غنياً بالبوليفينولات التي تثبط إنزيمات مرتبطة بمرض السكري، مثل α -أميلاز و α -جلوكوزيداز، وكذلك إنزيم محول الأنجيوتنسين (ACE) المرتبط بارتفاع ضغط الدم. وتتحقق تأثيراته المضادة للسكري من خلال الحد من ارتفاع مستويات السكر بعد الوجبات والوقاية من الأضرار التأكسدية، في حين تعود تأثيراته الخافضة للضغط إلى تثبيط إنزيم ACE. ترجع هذه الخصائص الدوائية إلى المركبات الفينولية المتوفرة بوفرة في الأوراق، مثل حمض الكافيك، وحمض الكلوروجينيك (Isorhamnetin (Chlorogenic acid) (Obob et al., 2012).

9.8. مضاد الميكروبات:

قيمت دراسة النشاط المضاد للميكروبات لمستخلصات أوراق *C. olitorius* باستخدام مذيبات مختلفة، وأظهر مستخلص الهكسان أعلى فعالية ضد البكتيريا موجبة الجرام (*Staphylococcus aureus* و *Bacillus subtilis*) بمناطق تثبيط بلغت 12 و 10 ملم على التوالي. إقتصرت الفعالية على البكتيريا موجبة الجرام نظراً لأن الأغشية الخارجية للبكتيريا سالبة الجرام تعيق إختراق المركبات النشطة، مما يشير إلى إمكانية استخدام مستخلصات الهكسان في علاج التهابات المسالك البولية والخراجات والتسمم الغذائي (Ozdenefe et al., 2018). بينما وضحت هذه الدراسة أن المستخلص المائي لبذور *C. olitorius* يثبط نظام الإحساس بالنصاب (QS) في بكتيريا *Chromobacterium violaceum* و *Pseudomonas aeruginosa* PAO1، حيث تثبط إنتاج صبغة violacein والعوامل الفيروسية وتكوين الأغشية الحيوية. تنسب هذه التأثيرات المضادة للميكروبات إلى المركبات النباتية النشطة حيويًا مثل الفلافونويدات والتربينويدات والصابونينات، تلعب دوراً في تخفيف نشاط QS عن طريق تثبيط إنتاج الإنزيمات الخارجية الميكروبية (Al-Yousef et al., 2021).

10.8. الوقاية من فيروس كورونا:

تظهر الأبحاث الحديثة إمكانية استخدام نبات *C. olitorius* في مكافحة فيروس كورونا حيث قامت دراسة Mesli وزملاؤه (2022) بتقييم تثبيط إنزيم ACE2، مستقبل دخول فيروس كورونا، باستخدام الإلتحام الجزيئي والديناميكا الجزيئية وحساب DFT. أظهر 1,4,5-tri-O-caffeoylquininate المركب الرئيسي في المستخلص الميثانولي لنبات *C. olitorius* ارتباطاً قوياً وألفة عالية مع ACE2 مع استقرار

ديناميكي لتفاعلات البروتين-الربيطة المستقرة ديناميكيا. تشير النتائج إلى إمكانية استخدام المستخلص الميثانولي للملوخية كعلاج طبيعي محتمل في المراحل المبكرة من الإصابة بفيروس كورونا من خلال إعاقة دخول الفيروس إلى الخلايا (Mesli et al., 2022).

11.8. حماية الجهاز الهضمي:

بينت هذه الدراسة أن المستخلص الميثانولي لنبات *C. olitorius* يمتلك تأثيرات مرخية للعضلات الملساء في الرحم والجهاز الهضمي من خلال تثبيط مستقبلات Oxytocin ومنع تدفق الكالسيوم. تساهم مركباته النشطة (الفلافونويدات، القلويدات، التانينات والصابونينات) في نشاطه المضاد للالتهابات عبر تثبيط إنزيم COX. آلية عمله المشابهة ل Salbutamol في تثبيط تقلصات الرحم تجعله مرشحا محتملا للاستخدام في حالات الإجهاض المهدد والولادة المبكرة. (Orieke et al., 2020)

9. استخدامات نبات *C. olitorius*:

1.9. الاستخدامات الغذائية ل *C. olitorius*:

تستخدم أوراق *C. olitorius* الطازجة في تحضير الحساء التقليدي، حيث يتم طهيها مع المرق واللحوم (غالبا الدجاج أو الأرانب) والثوم والكزبرة. يساهم المحتوى العالي من المواد المخاطية في إعطاء القوام المميز للحساء (Adebooye & Opabode, 2004). في بعض المناطق الإفريقية، تستخدم بذور الملوخية المطحونة كإضافة للحساء والصلصات لزيادة القيمة الغذائية، كما يستخرج منها الزيت للطهي (Schippers, 2000).

يعتبر نبات *C. olitorius* من الخضروات الورقية المهمة في الشرق الأوسط وشمال إفريقيا، حيث تستخدم أوراقها الطازجة أو المجففة في إعداد الحساء والمرق. تحتوي على نسبة عالية من البروتين (حوالي 3.5%) والألياف الغذائية، والفيتامينات مثل فيتامين أ وفيتامين ج، والمعادن مثل الكالسيوم والحديد (Zeghichi et al., 2003). يمكن إستهلاك الملوخية بعدة طرق: طازجة في السلطات، مطبوخة في الحساء، أو مجففة كمسحوق. تحتوي على مركبات نشطة بيولوجيا مثل الفلافونويدات والفينولات التي تساهم في قيمتها الغذائية والصحية (Handoussa et al., 2013).

2.9. الاستخدامات التقليدية ل *C. olitorius*:

يحتوي النبات على مركبات نشطة بيولوجيا مثل الفلافونويدات والفينولات والكاروتينات، والتي تساهم في خصائصها المضادة للأكسدة والالتهابات. إستخدمت في الطب الشعبي لعلاج اضطرابات الجهاز الهضمي، وتخفيف الآلام، وعلاج الحمى. كما أستخدمت الأوراق المغلية كمشروب مهدئ (Islam, 2013).

يستخدم نبات *C. olitorius* تقليديا في الطب الشعبي في العديد من المناطق في إفريقيا وآسيا لعلاج مجموعة متنوعة من الأمراض. في مصر والسودان، تستخدم الأوراق المطبوخة لعلاج الإمساك وكمقوي عام للجسم، كما تستخدم في علاج اضطرابات الجهاز الهضمي والتهاب المعدة.

(Helaly et al., 2021). في بعض المناطق في غرب إفريقيا، يستخدم مغلي أوراق الملوخية لخفض الحمى وعلاج المشاكل الجلدية. كما تستخدم البذور المطحونة كملينة ومسكنة للألام. في نيجيريا، يستخدم النقيع المائي للأوراق في علاج الصداع و التهاب المفاصل. (Oyedele et al., 2006)

3.9. الاستعمالات الدوائية ل *C. olitorius*:

يعد النبات مصدرا غنيا بمضادات الأكسدة والمركبات النشطة بيولوجيا، حيث تحتوي على الفلافونويدات والبوليفينول والتانينات. هذه المركبات تساعد في حماية الجسم من الجذور الحرة والإجهاد التأكسدي (Islam, 2013). يظهر أيضا تأثيرا وقائيا ضد القرحة المعدية عبر خصائصه المضادة للأكسدة، حيث يقلل من الضرر التأكسدي والالتهابات الخلوية، ويعزز إنتاج المخاط لحماية الغشاء المخاطي. كما يزيد من تعبير Hsp70 لحماية الخلايا المعدية ويقلل من تعبير Bax المرتبط بالموت الخلوي المبرمج. بالإضافة إلى ذلك، يحسن نشاط SOD ويقلل من بيروكسدة الدهون (Malondialdehyde) مما يعزز دوره العلاجي في الوقاية من القرحة المعدية. (Al Batran et al., 2013)

تستخدم أوراق في علاج فقر الدم الناتج عن نقص الحديد وحمض الفوليك، كما تعمل كمنق للدم ومدر للبول، بينما تستخدم البذور كمسهل. تظهر مستخلصات الأوراق والجذور تأثيرات خافضة للحرارة، مقوية، ومحفزة للشهية، بالإضافة إلى استخدامها في علاج اضطرابات القلب، الالتهابات. تمتد الاستخدامات الطبية للنبات لتشمل علاج البواسير، الأورام، السيلان، والحمى، مما يعكس خصائصه المتعددة كمضاد للالتهابات ومنظم لوظائف الجسم الحيوية. (Borokini & Omotayo, 2012)

يستعمل نبات *C. olitorius* تقليديا كعلاج عشبي لخصائصه الملطفة والمدررة للبول والخافضة للحرارة، كما يمتلك إمكانات دوائية واعدة. في هذه الدراسة، أظهر المستخلص الإيثانولي تأثيرا مضادا للسرطان على خلايا HepG2 بألية تعتمد على Caspase-3، حيث حفز الاستماتة من خلال تكسير PARP وتثبيط ICAD، دون التأثير السام على الخلايا الطبيعية. تشير النتائج إلى أن استخدام المستخلص الإيثانولي ل *C. olitorius* يفعل مسارات الاستماتة، مما يعزز إمكاناته كعامل علاجي محتمل ضد سرطان الكبد (Li ChiaJung et al., 2012)

تحتوي نبتة *C. olitorius* على نسبة عالية من الألياف القابلة للذوبان وغير القابلة للذوبان، مما يساعد في تحسين حركة الأمعاء وتعزيز نمو البكتيريا النافعة في القناة الهضمية. كما تساعد في علاج

الإمساك وتحسين عملية الهضم (Ahmed & Abozed, 2015). أظهر مستخلص *C. olitorius* تأثيرات مضادة للسكري من النوع الثاني من خلال خفض FBG و HbA1c، وتحفيز إفراز الإنسولين عبر دعم خلايا بيتا البنكرياسية المتبقية، مما يعزز حساسية الإنسولين وامتصاص الجلوكوز في الأنسجة المحيطة. كما ساهم في تقليل فرط شحميات الدم عبر تحسين نسب HDL، T-Chol, TGs, LDL, VLDL، وزيادة HDL، مما يقلل مخاطر القلب والأوعية الدموية. ترجع هذه التأثيرات إلى غناه بالفينولات والفلافونويدات، التي تمتلك خصائص مضادة للأكسدة والالتهابات، مما يحمي البنكرياس ويحسن وظيفته (Ahmed & Abozed, 2015).

الفصل الثاني
الدراسة الكيميائية (الايض
الثانوي)

تعتبر المستقبلات الثانوية النباتية مجموعة هامة من المركبات الكيميائية التي تنتجها النباتات إستجابة للمؤثرات البيئية المختلفة. وعلى الرغم من أنها ليست ضرورية للنمو الأساسي للنبات، إلا أنها تلعب دوراً حيوياً في تكيف النبات مع بيئته وتعزيز بقائه. تتميز هذه المركبات بتنوعها الكيميائي الكبير، وتشمل الفلافونويدات والقلويدات والتربينويدات والفينولات وغيرها، حيث تمتلك خصائص علاجية متعددة مثل مضادات الأكسدة ومضادات الالتهاب ومضادات الميكروبات، مما جعلها مصدراً واعداً لإكتشاف وتطوير أدوية جديدة لعلاج الأمراض المزمنة كالسكري وأمراض القلب والسرطان (Kabera et al., 2014).

1. تعريف مواد الايض الثانوي:

المستقبلات الثانوية هي مركبات طبيعية تنتجها النباتات عبر مسارات بيوكيميائية مختلفة، ولا تشارك مباشرة في النمو والتطور، لكنها تتأثر بالعوامل البيئية والمفترسات العشبية. تلعب دوراً رئيسياً في تفاعل النباتات مع بيئتها، حيث تساهم في الدفاع والتكيف عبر الإستجابة للضغوط الحيوية وغير الحيوية. كما أن أنماط تراكمها تتغير بمرور الوقت، مما يعكس طبيعتها الديناميكية في التكيف البيئي (Pavarini et al., 2012). تتميز المستقبلات الثانوية بتنوعها الكيميائي الكبير، حيث تم اكتشاف أكثر من 200,000 مركب مختلف في النباتات. تصنف هذه المركبات إلى ثلاث مجموعات رئيسية: التربينات، الفينولات، والقلويدات. كل مجموعة لها خصائص كيميائية وحيوية فريدة (Patra et al., 2013) يتم تخليق المستقبلات الثانوية في أنسجة وأعضاء محددة في النبات بواسطة إنزيمات متخصصة. تتراكم هذه المركبات في أجزاء مختلفة من النبات مثل الجذور، السيقان، الأوراق، الأزهار، والبذور. تتراوح نسبة تركيزها من 1% إلى 3% من الوزن الجاف للنبات (Afrin et al., 2015).

2. تصنيف مواد الايض الثانوي:

لا يوجد تصنيف ثابت ومتفق عليه للمستقبلات الثانوية، ولكن يمكن تصنيفها خاصة في النباتات وفقاً لتركيبها الكيميائي إلى عدة فئات رئيسية تشمل المركبات الفينولية، القلويدات، والتربينات. وتنقسم هذه الفئات إلى فئات فرعية حسب تركيبها الكيميائي:

1.2. المركبات الفينولية:

المركبات الفينولية هي مجموعة متنوعة من المستقبلات الثانوية التي تنتشر بشكل واسع في المملكة النباتية. تم إكتشاف وتحديد أكثر من 10,000 مركب فينولي طبيعي في النباتات. تتميز هذه المركبات بوجود حلقة عطرية واحدة على الأقل تحمل مجموعة هيدروكسيل حرة أو أكثر كما يبرزه (الشكل 1A) (Cheynier et al., 2013) تشكل المركبات الفينولية مجموعة كيميائية متنوعة تشمل الفلافونويدات، الأحماض الفينولية، التانينات، الستيلبينات، واللجنينات. تختلف هذه المركبات في تعقيدها البنائي من مركبات بسيطة مثل حمض الجاليك إلى مركبات معقدة متعددة الوحدات مثل التانينات المكثفة (Dai & Mumper,

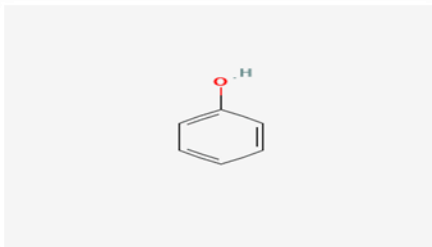
(2010). وتلعب البوليفينولات دورا حيويا في العديد من العمليات الفسيولوجية، مثل تنظيم نمو الخلايا، وتعزيز تكوين الجذور، وتحفيز إنبات البذور، والمساهمة في نضج الثمار. ومن بين الفئات الأكثر شيوعا لهذه المركبات: الأنثوسيانينات، والفلافونويدات، والتانينات (Boizot & Charpentier, 2006).

2.2. الفلافونويدات:

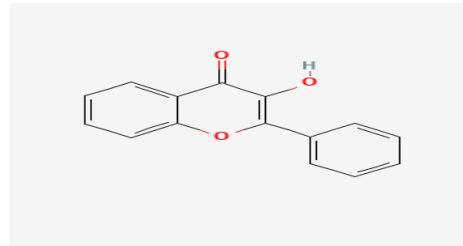
تعتبر الفلافونويدات من أكبر وأهم مجموعات المركبات الفينولية في النباتات، حيث تم تحديد أكثر من 6000 مركب فلافونويدي مختلف. تتميز هذه المركبات بهيكلها الأساسي المكون من 15 ذرة كربون مرتبة في ثلاث حلقات (C6-C3-C6) منها حلقتان عطريتان وحلقة غير متجانسة (الشكل 1B). تلعب الفلافونويدات دورا مهما في حماية النبات من الأشعة فوق البنفسجية وتساهم في عملية التلقيح من خلال جذب الحشرات بألوانها المميزة (Panche et al., 2016). تتميز الفلافونويدات بقدرتها العالية كمضادات للأكسدة، حيث تعمل على إزالة الجذور الحرة وحماية الخلايا من الإجهاد التأكسدي. كما أظهرت الدراسات الحديثة دورها في الوقاية من العديد من الأمراض المزمنة مثل السرطان وأمراض القلب والأوعية الدموية. تتنوع الفلافونويدات إلى عدة مجموعات رئيسية تشمل الفلافونات، الفلافونولات، الفلافانونات، والأنثوسيانينات (Ullah et al., 2020).

لقد أظهرت الأبحاث المخبرية والسريية أن الفلافونويدات تمتلك خصائص مضادة للالتهابات، حيث تعمل على تثبيط إنزيمات الالتهاب وتقليل إنتاج السيتوكينات الالتهابية. كما تمتلك خصائص مضادة للميكروبات وتساهم في تعزيز جهاز المناعة. يتم امتصاص الفلافونويدات في الأمعاء الدقيقة ويتم تحويلها إلى مستقلبات نشطة بيولوجيا (Adefegha, 2018).

A



B



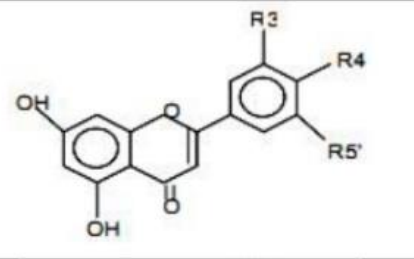
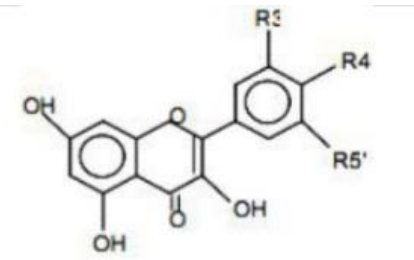
الشكل 1. II: A: التركيب الكيميائي للحلقة الفينولية. B: التركيب الكيميائي العام للفلافونويدات.

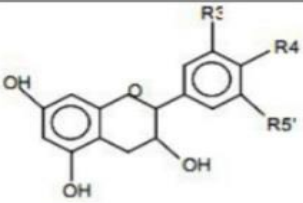
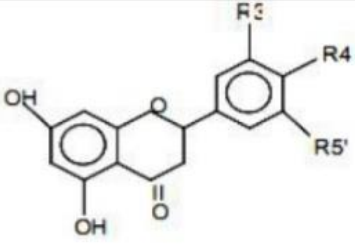
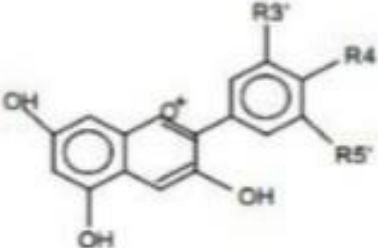
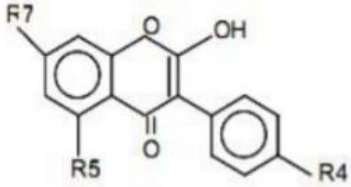
1.2.2. تقسيم الفلافونويدات:

تشكل الفلافونويدات إحدى أهم المجموعات ضمن المركبات الفينولية، حيث تصنف إلى 13 فئة فرعية، وتم توثيق أكثر من 4000 مركب وتعد الفلافونولات، والفلافونات، والفلافان-3-أولات، والأيزوفلافونات، والفلافانونات، والفلافانولات، والأنثوسيانيدينات، والبروانثوسيانيدينات (Lugasi, 2003) كما في (الجدول 1).

الجدول يوضح الفئات الرئيسية للفلافونويدات:

الجدول 1.II: تصنيف الفلافونويدات (Traoré, 2017).

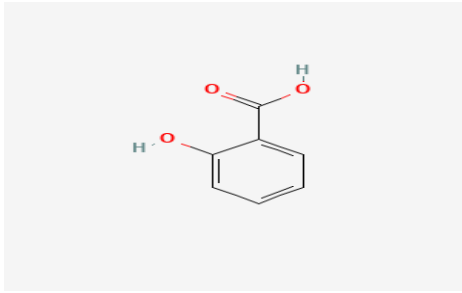
الأمثلة	R5'	R4'	R3'	البنية الكيميائية	الفئة
Apigenin	H	OH	H		الفلافونات
Luteolin	H	OH	OH		
Diosmetin	H	OCH ₃	OH		
Kaempferol	H	OH	H		الفلافونولات
Quercetin	H	OH	OH		
Myricetin	OH	OH	OH		

Catechin	H	OH	OH		الفلافانونات
Naringenin	H	OH	H		الفلافانونات
Eriodictyol	H	OH	OH		
Pelargonidin	H	OH	H		الانثوسيانيدينات
Cyanidin	H	OH	OH		
Delphinidin	OH	OH	OH		
Genistein	R4'	R7	R5		الايذوفلافونات
Daidzein	OH	OH	OH		
	OH	O-Glu	H		

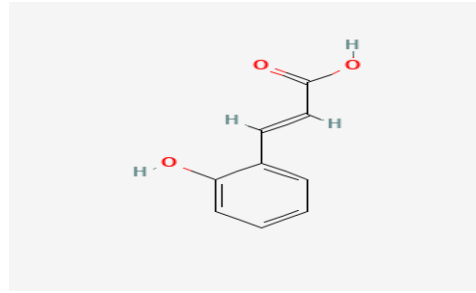
3.2. الأحماض الامينية:

تتواجد الأحماض الفينولية بشكل واسع في المملكة النباتية وتشكل جزءا أساسيا من المركبات الفينولية في النباتات. تتميز بنيتها الكيميائية بوجود حلقة بنزين مرتبطة بمجموعة كربوكسيل واحدة على الأقل. وتصنف إلى مجموعتين رئيسيتين: مشتقات (C6-C1) Hydroxybenzoic acid (الشكل A 2) ومشتقات (C6-C3) Hydroxycinnamic acid (الشكل B 2) والتي تختلف في عدد ذرات الكربون في السلسلة الجانبية (Kumar & Goel, 2019).

A



B



الشكل 2. II: التركيب الكيميائي العام لـ A: Hydroxybenzoic acid

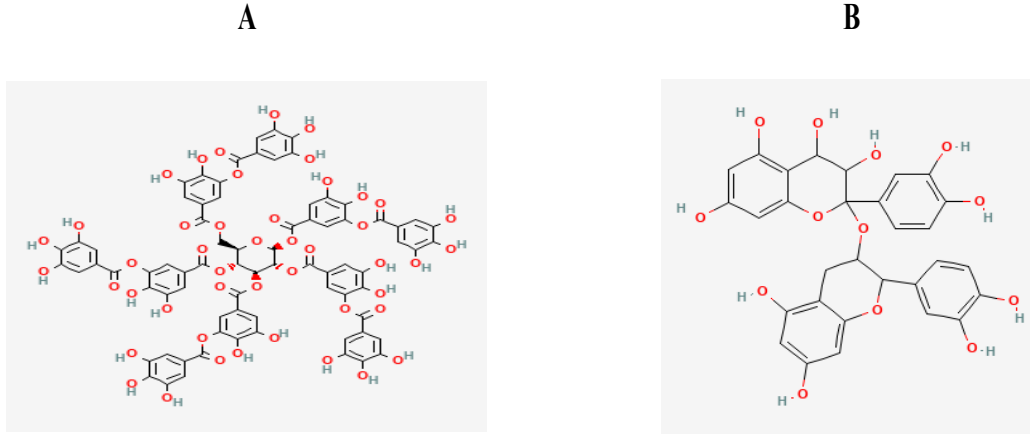
B: Hydroxycinnamic acid

4.2. التانينات:

التانينات هي مجموعة معقدة من المستقلبات الثانوية النباتية، تتميز بقدرتها على تشكيل مركبات مع البروتينات والكربوهيدرات. تصنف التانينات إلى مجموعتين رئيسيتين: التانينات المكثفة (الشكل A 3) والتانينات القابلة للتحلل (الشكل B 3). تلعب هذه المركبات دورا مهما في الدفاع عن النبات ضد المفترسات والمسببات المرضية، كما تساهم في تحديد الخصائص الحسية للأغذية النباتية مثل الطعم القابض والمر على المستوى الجزيئي، تمتلك التانينات القدرة على تثبيط الإنزيمات وتشكيل معقدات مع الأيونات المعدنية، مما يؤثر على التوافر الحيوي للعناصر الغذائية (Smeriglio et al., 2017).

التانينات المكثفة، المعروفة أيضا باسم البروانثوسيانيدين، هي بوليمرات من وحدات الفلافان-3-ول المرتبطة من خلال روابط كربون-كربون. تتواجد بشكل رئيسي في الفواكه والمكسرات والبذور. تزايد الاهتمام بالتانينات نظرا لخصائصها المضادة للأكسدة، تشارك في الوقاية من السرطانات، سواء في الجهاز الهضمي أو الأعضاء الداخلية. وتمنع تراكم الصفائح الدموية وبالتالي تمنع أمراض القلب والأوعية الدموية مما يجعلها مركبات واعدة في مجالات الطب والصناعات الغذائية (Santos-Buelga &

Scalbert, 2000)



الشكل 3.II: التركيب الكيميائي لـ A: Procyanidin-B2 complex (condensed tannins)

B: Tannic acid (hydrolyzable tannins)

5.2. القلويدات:

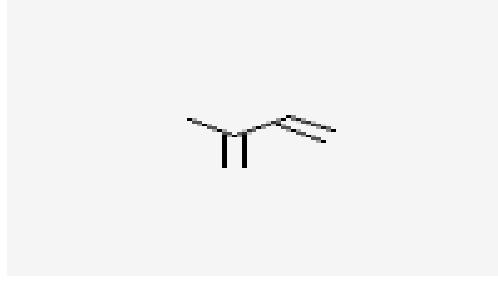
القلويدات هي مجموعة متنوعة من المركبات العضوية النيتروجينية الطبيعية، التي تتميز بوجود ذرة نيتروجين واحدة على الأقل في حلقة غير متجانسة. يقدر عدد القلويدات المعروفة بأكثر من 12,000 مركب، وتتواجد في حوالي 20% من النباتات الوعائية (Ziegler & Facchini, 2008).

تلعب القلويدات دوراً مهماً في الصناعات الدوائية، حيث تستخدم في علاج العديد من الأمراض، مثل المورفين كمسكن للألم، والكينين لعلاج الملاريا، والفينكريستين في علاج السرطان.

(Osborn & Lanzotti, 2009).

6.2. التربينات:

التربينات هي مجموعة متنوعة من المركبات الثانوية النباتية المكونة من وحدات الأيزوبران (C₅H₈) (الشكل 4) والتي تمثل أكبر عائلة من نواتج الأيض الثانوي في النباتات (Tholl, 2015). حيث تم تحديد وتوصيف أكثر من 50,000 نوع من التربينات حتى الآن، وتتميز بتنوع وظائفها البيولوجية في النباتات، حيث تشمل مركبات الدفاع ضد الآفات، والزيوت الأساسية المسؤولة عن الروائح المميزة، والأصبغ مثل الكاروتينويدات، والهرمونات النباتية كالجبرلينات وحمض الأبسيسيك، بالإضافة إلى مركبات المطاط الطبيعي (Pichersky & Raguso, 2018).



الشكل II.4: وحدة الايزوبران

7.2. الصابونين:

الصابونينات هي جليكوزيدات سطحية فعالة ذات طبيعة مزدوجة محبة وكارهة للماء، حيث تتكون من جزء سكري محب للماء وجزء سابوجينين كاره للماء، والذي قد يكون تريترينويديا أو ستيرينويديا. تتميز بقدرتها على تكوين رغوة ثابتة في المحاليل المائية، مما يفسر اشتقاق اسمها من الكلمة اللاتينية "sapo" التي تعني الصابون. تنتشر هذه المركبات في النباتات ولها أنشطة بيولوجية واسعة تشمل التأثيرات الحالة للدم، والمضادة للالتهابات، والفطريات، والبكتيريا، والطفيليات، والأورام. (Güçlü-Üstündağ & Mazza, 2007)

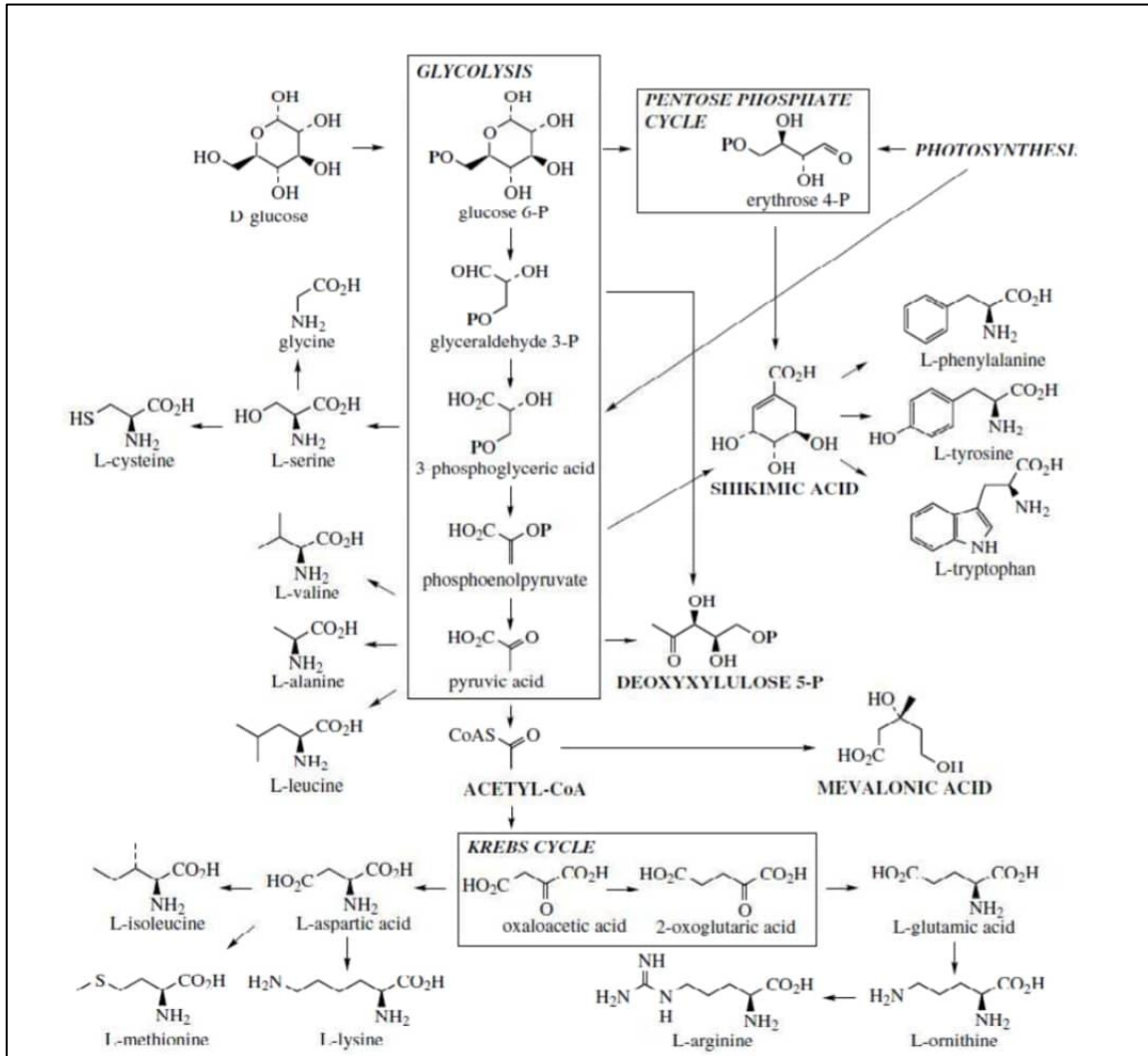
توظف الصابونينات كعوامل فعالة سطحيا في أنظمة توصيل الدواء، مما يساهم في تحسين كفاءة التوصيل وتطوير مستحضرات دوائية أكثر أمانا وإلى جانب ذلك، تستخدم هذه المركبات في الصناعات الغذائية لدعم استقرار المكونات النشطة، كما تدخل في الصناعات الكيميائية لإنتاج مستحضرات التجميل والمنظفات الصديقة للبيئة (Liao et al., 2021).

3. التركيب الحيوي للمستقلبات الثانوية:

تشتق المستقلبات الثانوية في النباتات من المسارات الأيضية الأولية عبر مسارات تخليقية حيوية معقدة (الشكل 5) ويعد مسار Shikimate جسرا حيويا بين الأيض الأولي والثانوي، حيث يلعب دورا رئيسيا في إنتاج الأحماض الأمينية العطرية ومختلف المركبات الفينولية. يبدأ هذا المسار من Phosphoenolpyruvate (PEP) و Erythrose-4-phosphate (E4P) مما يؤدي إلى تكوين Chorismate، وهو الطليعة الأساسية لتخليق الأحماض الأمينية العطرية، والتي تساهم لاحقا في إنتاج مركبات Phenylpropanoids (Cacace et al., 2003). يبدأ مسار Phenylpropanoid بإنزيم Phenylalanine ammonia-lyase (PAL) الذي يحول إلى Cinnamic acid ثم إلى p-Coumaric acid. وتعمل هذه المركبات كلبينات أساسية في تكوين Lignins و Lignans ومختلف الأحماض الفينولية. يتفرع المسار التخليقي الحيوي للفلافونويدات من مسار Phenylpropanoids، حيث يحفز إنزيم Chalcone synthase (CHS) تفاعل تكاثف بين جزيء واحد من p-Coumaroyl-CoA

وثلاثة جزيئات من Malonyl-CoA، لتكوين Chalcone، وهو الطليعة الأساسية لمختلف فئات الفلافونويدات. (Sienkiewicz-Porzucek et al., 2010).

يحدث التخليق الحيوي للتربينويدات عبر مسارين متميزين: مسار Mevalonate (MVA) في السيتوسول، ومسار Methylerythritol phosphate (MEP) في البلاستيدات. يعتمد تصنيف التربينويدات على عدد وحدات Isoprene (C5) حيث تشمل Monoterpenes (C10) Sesquiterpenes (C15) Diterpenes (C20) Triterpenes (C30) وTetraterpenes (C40).



. (Cacace et al., 2003)

الشكل 5.11: تمثيل تخطيطي للتخليق الحيوي للمستقلبات الثانوية (Kabera et al., 2014).

4. أهمية مستقلبات الايض الثانوي:**1.4. الاهميه بالنسبه للنبات:**

تلعب المستقلبات الثانوية دورا حيويا في حماية النباتات من خلال آليات متعددة. فهي تعمل كمواد مضادة للميكروبات ومبيدات للحشرات طبيعية، وتوفر الحماية ضد العوامل البيئية القاسية مثل الأشعة فوق البنفسجية والجفاف. كما تساهم في تنظيم العلاقات البيئية للنبات مع الكائنات الأخرى في النظام البيئي (Pichersky & Gang, 2000) تساعد المستقلبات الثانوية النباتات في التواصل مع محيطها البيئي وتنظيم التفاعلات مع الكائنات الأخرى. فهي تعمل كمواد جاذبة للملقحات المفيدة وطاردة للحشرات الضارة، كما تساهم في تعزيز قدرة النبات على التكيف مع الظروف البيئية المختلفة (Hartmann, 2007). تؤدي المستقلبات الثانوية وظائف تنظيمية مهمة داخل النبات، حيث تعمل كناقلات إشارية وهرمونات نمو. كما تشارك في تنظيم العمليات الفسيولوجية المختلفة مثل النمو والتطور والتكاثر، وتساعد في إستجابة النبات للإجهاد البيئي (Wink, 2003).

2.4. أهميتها بالنسبة للإنسان:

تمثل المستقلبات الثانوية النباتية مصدرا مهما للأدوية والعلاجات الطبيعية. حيث تستخدم في علاج مجموعة واسعة من الأمراض، بما في ذلك السرطان وأمراض القلب والأوعية الدموية والالتهابات. كما أظهرت دراسات حديثة فعاليتها كمضادات للأكسدة ومضادات للميكروبات، مما يجعلها ذات أهمية كبيرة في تطوير العلاجات الجديدة (Newman & Cragg, 2020) تدخل المستقلبات الثانوية في العديد من الصناعات الغذائية والتجميلية. فهي تستخدم كمواد ملونة ونكهات طبيعية في الأغذية، وكمكونات أساسية في مستحضرات التجميل والعطور. كما تستخدم في صناعة المكملات الغذائية نظرا لخصائصها المعززة للصحة (Hussain et al., 2012).

تتجه الأبحاث الحديثة نحو إستخدام التكنولوجيا الحيوية لتحسين إنتاج المستقلبات الثانوية النباتية وتطوير إستخدامات جديدة لها في مجالات مختلفة، مثل إنتاج الوقود الحيوي والمواد البوليمرية الصديقة للبيئة (Yang et al., 2018).

الفصل الثالث

الأسس النظرية لتقنية النانو
وجسيمات أكسيد الزنك النانوية

1. تعريف تقنية النانو:

تعد المواد النانوية من أهم اكتشافات العلم الحديث حيث تتميز بخصائص استثنائية تختلف عن نظيراتها في الحجم العادي. فالمواد النانوية هي تلك التي يتراوح حجمها بين 1-100 نانومتر في بعد واحد على الأقل (Jeevanandam et al., 2018). تتميز بخصائص فيزيائية وكيميائية وبيولوجية فريدة نتيجة لنسبة السطح إلى الحجم المرتفعة وتصنف المواد النانوية حسب أبعادها إلى أحادية البعد مثل الطبقات الرقيقة، وثنائية البعد مثل الأنابيب النانوية، وثلاثية البعد مثل الجسيمات النانوية الكروية. وقد أدى التقدم في تقنيات تخليق وتوصيف هذه المواد إلى تطوير تطبيقات واعدة في مجالات متعددة كالطب والإلكترونيات والطاقة والبيئة (Khan et al., 2019).

أظهرت جسيمات أكسيد الزنك النانوية اهتماما متزايدا في السنوات الأخيرة نظرا لخصائصها الفريدة وتطبيقاتها المتنوعة. يتميز أكسيد الزنك بفجوة طاقة واسعة مما يجعله مناسباً للتطبيقات الإلكترونية والضوئية. كما تظهر جسيمات أكسيد الزنك النانوية نشاطا مضادا للميكروبات ضد مجموعة واسعة من البكتيريا سالبة وموجبة الجرام والفطريات، مما يفتح المجال لتطبيقات طبية وصيدلانية متعددة. وتعتمد فعالية هذه الجسيمات بشكل كبير على حجمها وشكلها وتركيزها وطريقة تخليقها، الأمر الذي يتطلب تحكما دقيقا في عملية التخليق لتحقيق الخصائص المرغوبة. (Rao & Gautam, 2016)

2. جسيمات أكسيد الزنك النانوية:

يعتبر أكسيد الزنك (ZnO) من أهم المواد النانوية متعددة الوظائف، حيث يمتاز بخواص فريدة تشمل ثبات كيميائي عال، وامتصاص قوي للأشعة فوق البنفسجية، ونشاط كهروضوئي متميز. يدخل الزنك كعنصر حيوي أساسي في التمثيل الغذائي البشري، حيث يلعب دورا مهما في فعالية أكثر من 300 إنزيم وبروتين، كما يساهم في تكوين الحمض النووي والوظائف المناعية والتئام الجروح. وتعتبر جسيمات أكسيد الزنك النانوية الموضحة في (الشكل 1) من المواد الواعدة في التطبيقات الطبية والصيدلانية نظرا لسميتها المنخفضة تجاه الخلايا البشرية مقارنة بالجسيمات النانوية المعدنية الأخرى (Jiang et al., 2018).

تتميز جسيمات أكسيد الزنك النانوية بكونها مسحوقا أبيض ناعما. يمكن تصنيع هذه الجسيمات بعدة طرق مثل الترسيب الكيميائي، والطرق الحرارية المائية، والتحلل الحراري، مما يتيح التحكم بدقة في أشكالها المورفولوجية المتنوعة مثل الأسلاك النانوية، والقضبان، والصفائح، والأقراص. وتعود أهميتها التطبيقية إلى خصائصها الفريدة مثل النشاط المضاد للبكتيريا، والتوصيل الكهربائي، والنشاط التحفيزي الضوئي، والتي يمكن تعزيزها من خلال التعديل السطحي أو التطعيم بالعناصر المختلفة (Singh et al., 2011). تظهر جسيمات أكسيد الزنك النانوية خصائص فيزيائية وكيميائية استثنائية، مما يجعلها ذات تطبيقات واسعة في علوم المواد والطب. وتعود فعاليتها المضادة للميكروبات إلى ارتفاع نسبة المساحة السطحية إلى

الحجم، مما يؤدي إلى تفاعلات سطحية أكثر نشاطا. كما تمتاز بخصائص بصرية وكهربائية فائقة، وقدرتها على توليد أنواع الأكسجين التفاعلية عند التعرض للأشعة فوق البنفسجية، مما يدعم استخدامها في توصيل الأدوية وعلاج السرطان. (Sirelkhatim et al., 2015)



الشكل 1.III: جزيئات أكسيد الزنك النانوية (Benine, 2024).

3. طرق تخليق جسيمات أكسيد الزنك النانوية:

1.3. الطرق الفيزيائية للتخليق:

تعتمد طرق التخليق الفيزيائي لجسيمات أكسيد الزنك النانوية على عمليات الترسيب البخاري والتكثيف. وتتميز هذه الطرق بإنتاج جسيمات ذات تبلور عال ونقاوة مرتفعة، لكنها تستلزم استخدام معدات باهظة الثمن واستهلاك كميات كبيرة من الطاقة. وتشمل أهم هذه الطرق الترسيب الفيزيائي للبخار (PVD) والترسيب بالليزر النبضي (PLD) والتحلل الحراري البخاري المعدني العضوي (MOCVD) (Djurišić et al., 2012).

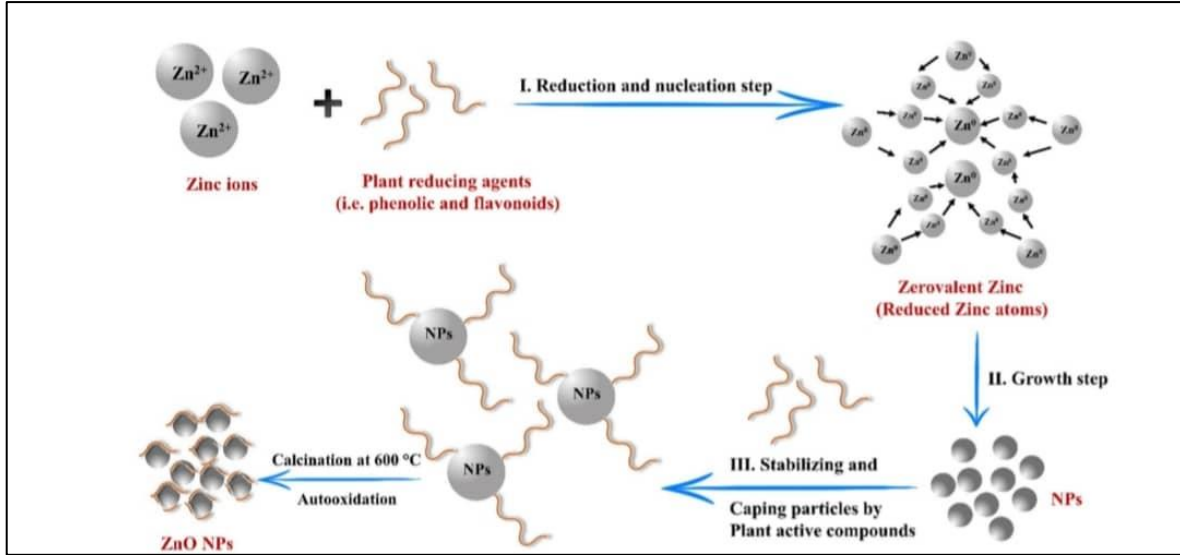
2.3. الطرق الكيميائية للتخليق:

تمتاز الطرق الكيميائية بقدرتها على إنتاج كميات كبيرة من جسيمات أكسيد الزنك النانوية تحت ظروف معتدلة وبتكلفة منخفضة مقارنة بالطرق الفيزيائية. وتوفر هذه الطرق إمكانية التحكم الدقيق في حجم وشكل وخصائص الجسيمات النانوية المنتجة. ومن أهم هذه الطرق: الترسيب الكيميائي، والتخليق بالميكروويف، والطريقة الهيدروحرارية، وطريقة السول-جل، والتخليق الاستحلالي الدقيق، وطريقة احتراق المحلول (Kołodziejczak-Radzimska & Jesionowski, 2014).

3.3. الطرق الحيوية (الخضراء) للتخليق:

أظهرت الطرق الحيوية مؤخرا كبديل واعد للطرق التقليدية في تخليق جسيمات أكسيد الزنك النانوية. تستخدم هذه الطرق مواد حيوية مثل المستخلصات النباتية، والفطريات، والبكتيريا، والطحالب كعوامل اختزال وتثبيت. ويعد التخليق الحيوي أكثر استدامة واقتصادية مقارنة بالطرق الفيزيائية والكيميائية، حيث يتم إجراؤه في ظروف ضغط وحرارة منخفضة دون استخدام مواد كيميائية ضارة. وتتميز الجسيمات

النانوية المنتجة بهذه الطرق بخصائص مضادة للميكروبات وللأكسدة، إضافة إلى استقرارها وإمكانية استخدامها في التطبيقات الطبية الحيوية بأمان نظرا لخلوها من السمية والملوثات الكيميائية. وتلعب المركبات النباتية النشطة بيولوجيا مثل الفلافونويدات والبوليفينولات دورا رئيسيا في اختزال أيونات الزنك وتثبيت الجسيمات النانوية الناتجة (الشكل 2) (Khatami et al., 2018).



الشكل 2.III: آلية تكوين جسيمات أكسيد الزنك النانوية باستخدام مستخلص نباتي (Abdelbaky et al., 2023)

4. التوصيف الفيزيائي والكيميائي للجسيمات النانوية لأكسيد الزنك:

تتطلب دراسة جسيمات ZnO النانوية المنتجة بالطرق الحيوية استخدام مجموعة متنوعة من التقنيات التحليلية المتقدمة، والتي تسمح بالكشف عن خواصها الفيزيوكيميائية والتركيبية المميزة على المستوى النانوي.

1.4. المطيافية فوق البنفسجية-المرئية: (UV-Visible Spectroscopy)

تعد هذه التقنية من أكثر الطرق شيوعا لتوصيف الجسيمات النانوية، حيث تسمح بتحديد حجم وشكل وتركيز جسيمات أكسيد الزنك النانوية. تظهر أطيايف امتصاص ZnO النانوية قمة امتصاص مميزة عند 370-380 نانومتر بسبب انتقال الإلكترونات من نطاق التكافؤ إلى نطاق التوصيل. يمكن استخدام هذه القمة لحساب فجوة الطاقة البصرية باستخدام معادلة تاوك (Tauc's equation)، والتي تتراوح عادة بين 3.2-3.4 إلكترون فولت لجسيمات ZnO النانوية (Kołodziejczak-Radzimska & Jesionowski, 2014)

2.4. مطيافية الأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه: (FTIR)

تعتبر تقنية تحليلية قوية تعتمد على قياس امتصاص الأشعة تحت الحمراء بواسطة العينة كدالة للتردد. تسمح هذه التقنية بالتعرف على المجموعات الوظيفية في الجزيئات من خلال تحليل الترددات الاهتزازية المميزة للروابط الكيميائية، مما يوفر بصمة طيفية فريدة للمركبات العضوية وغير العضوية على حد سواء (Stuart, 2004).

3.4. حيود الأشعة السينية: (XRD)

هي تقنية تحليلية تستخدم للكشف عن المراحل البلورية للمواد وأبعاد خلاياها الوحدة. تتطلب هذه التقنية طحن وتجانس المادة للحصول على بلورات عشوائية التوجه لنتائج مثلى. عند تفاعل الأشعة السينية مع المادة البلورية، ينتج نمط حيود بقمم محددة تعتمد على المسافات بين مستويات البلورة طبقا لقانون براغ. من خلال تحليل زوايا وشدة الأشعة المنحرفة، يمكن استنتاج معلومات هامة عن البنية البلورية. تسمح هذه المعلومات بتحديد مواقع الذرات في البلورة، وطبيعة الروابط الكيميائية، والخصائص الهيكلية الأخرى للمادة المدروسة (Bunaciu et al., 2015).

4.4. المجهر الإلكتروني الماسح (SEM):

يستخدم المجهر الإلكتروني الماسح (SEM) شعاعا مركزا من الإلكترونات لفحص سطح العينة نقطة بنقطة، مما يوفر صوراً ذات عمق ميداني مرتفع وتباين عالٍ. تعتمد تقنية التصوير على التفاعلات بين الإلكترونات والذرات في العينة، حيث ينتج عنها إشارات متنوعة تحمل معلومات عن طبوغرافية السطح وتركيبه الكيميائي، ويتطلب الأمر تحضير العينات بطلائها بمادة موصلة كالذهب أو البلاديوم لتجنب الشحن الكهروستاتيكي (Goldstein et al., 2017).

5.4. التحليل الطيفي المشتت للطاقة: (EDS)

تعتبر تقنية التحليل الطيفي المشتت للطاقة (EDS) إحدى الأدوات التحليلية الأساسية في توصيف الجسيمات النانوية المعدنية، حيث تسمح بالتحديد الدقيق للعناصر المكونة للعينة مع إمكانية إجراء تحليل كمي ونوعي لها على المستوى النانوي (Kumar & Dixit, 2017).

5. الأنشطة البيولوجية لجسيمات أكسيد الزنك النانوية (ZnO):**1.5. النشاط المضاد للميكروبات لجسيمات أكسيد الزنك النانوية:**

تتميز جسيمات أكسيد الزنك النانوية (ZnO-NPs) بخصائص مضادة للميكروبات واسعة الطيف ضد مجموعة متنوعة من الكائنات الدقيقة، مما يجعلها مرشحا مثاليا للتطبيقات الطبية والغذائية. وقد كشفت الدراسات الحديثة أن ZnO-NPs تمتلك نشاطا مضادا للبكتيريا ضد البكتيريا الموجبة والسالبة لصبغة جرام مثل *E. coli* و *Staphylococcus aureus*، بالإضافة إلى نشاطها المضاد للفطريات ضد

Candida albicans وغيرها. ويعتمد هذا النشاط المضاد للميكروبات على عدة عوامل، أهمها حجم الجسيمات النانوية، حيث تظهر الجسيمات الأصغر حجمًا فعالية أكبر بسبب زيادة المساحة السطحية ونشاط سطحي أعلى (Sirelkhatim et al., 2015).

2.5. النشاط المضاد للالتهابات:

تتميز جسيمات أكسيد الزنك النانوية (ZnO-NPs) بقدرتها على مكافحة الالتهابات من خلال العديد من الآليات الجزيئية المهمة. حيث أظهرت الدراسات أن هذه الجسيمات تقوم بتنشيط تعبير الجينات المسؤولة عن الاستجابة الالتهابية، وخفض مستويات السيتوكينات الالتهابية بما في ذلك $IL-1\beta$ و $TNF-\alpha$ و $IL-6$ ، بالإضافة إلى تقليل إنتاج أنواع الأكسجين التفاعلية (ROS) وتعطيل مسار $NF-\kappa B$. كما أثبتت التجارب أن جسيمات ZnO النانوية المحضرة باستخدام طرق التخليق الأخضر بواسطة مستخلصات الأعشاب الطبية أظهرت فعالية مضادة للالتهابات بنسبة 75-88% في نماذج التورم المستحث بالكاراجينان، مع زيادة ملحوظة في مستويات الإنزيمات المضادة للأكسدة (Nagajyothi et al., 2015).

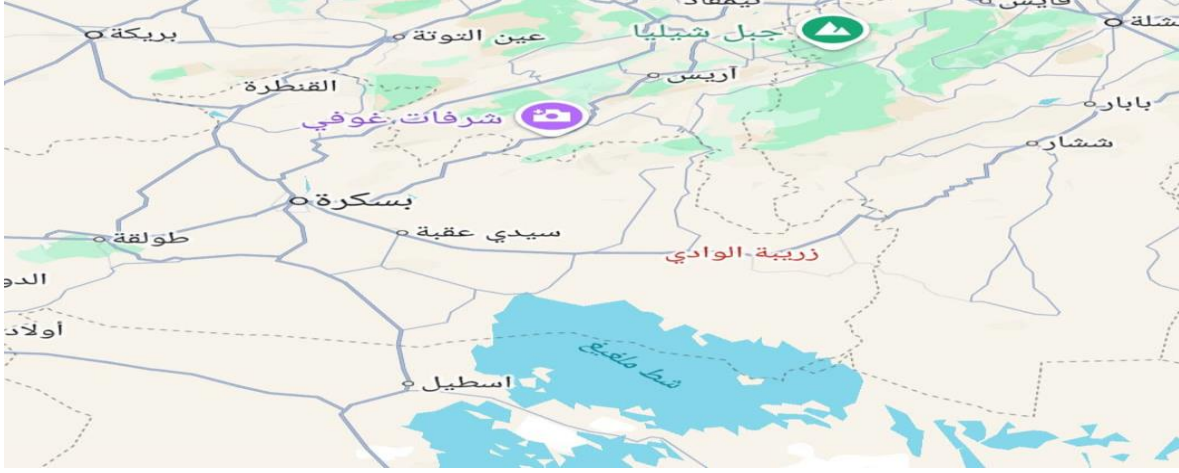
الجزء الثاني
العمل التطبيقي

الفصل الأول
المواد وطرق العمل

1.المواد:

1.1.المادة النباتية:

تم شراء الجزء الهوائي من نبات *Corchorus olitorius* من محل الأعشاب (من ولاية بسكرة في الجزائر)، ثم تم طحنها حتى الحصول على مسحوق ناعم.



الشكل 1.1: الموقع الجغرافي لمنطقة الدراسة زريبة الوادي (ولاية بسكرة) (جوجل خرائط 2025)

2.الاستخلاص:

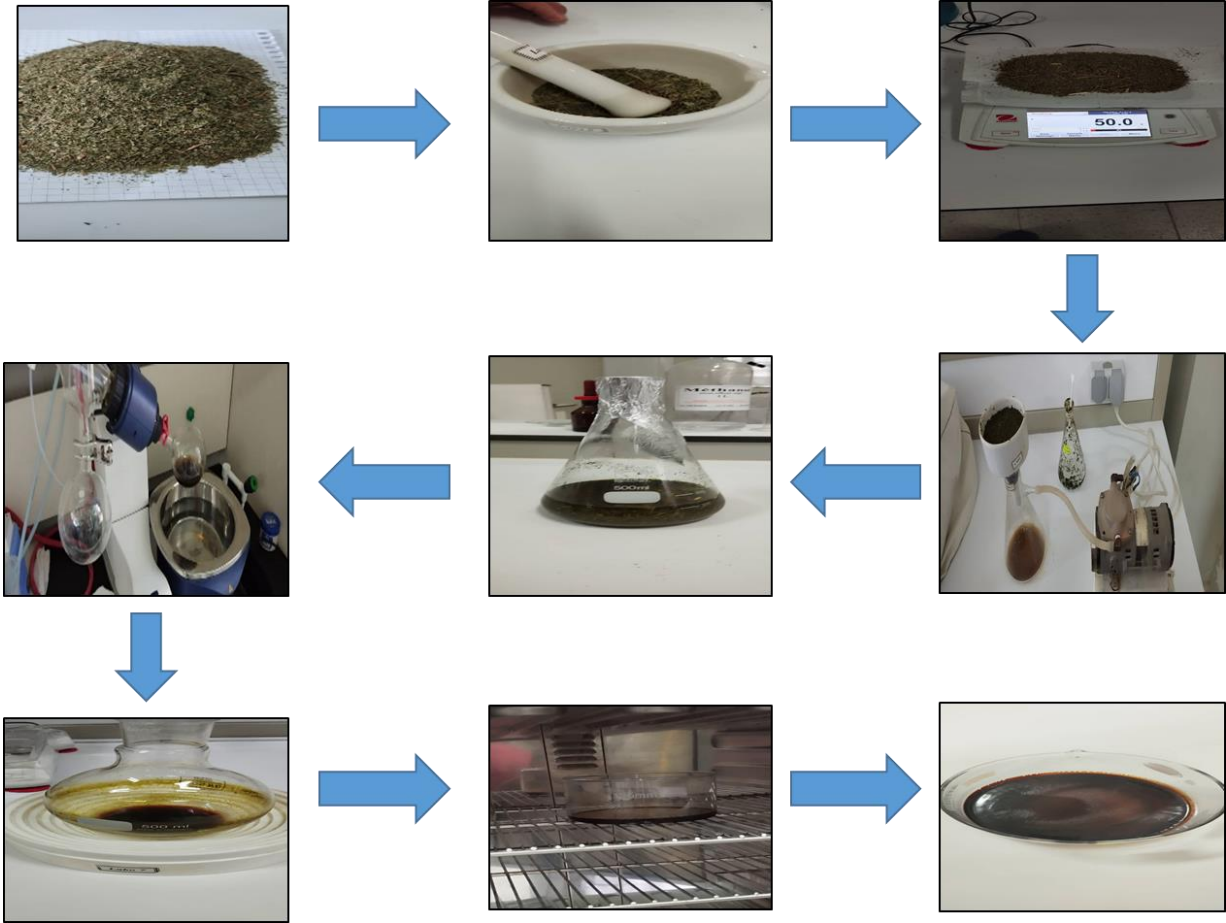
وزن 50 غرام من العينة النباتية ووضعت في دورق سعة 500 مل، وأضيف إليها 200 مل من مذيب الميثانول المائي (70% ميثانول و30% ماء مقطر) غطي الدورق بشكل محكم بورق الألمنيوم لمنع التأكسد والتفاعلات الضوئية، وترك للنقع لمدة 24 ساعة عند درجة حرارة الغرفة مع الرج الدوري. بعد ذلك، تم ترشيح المستخلص باستخدام ورق ترشيح واتمان في جهاز الترشيح بالتفريغ. أعيدت عملية الاستخلاص ثلاث مرات باستخدام البقايا النباتية نفسها لضمان استخلاص أقصى كمية من المركبات الفعالة. جمعت المستخلصات وركزت باستخدام جهاز التبخير الدوراني (Rotary evaporator) لإزالة المذيب عند درجة حرارة لا تتجاوز 40 درجة مئوية، ثم جففت نهائيا في حاضنة مضبوطة على 37 درجة مئوية للحصول على المستخلص الكحولي الجاف لنبات *C. olitorius* (Sultana et al., 2009). كما هي موضحة في (الشكل 2) تم حساب مردود الاستخلاص النباتي باستخدام الصيغة التالية:

$$R\%=(M_1/M_0)\times 100$$

$R\%$: مردود الاستخلاص.

M_1 : كمية المستخلص الناتج.

M_0 : كمية النبات أو المادة الخام.



الشكل 2.1: مراحل الاستخلاص لنبات *C. olitorius* في المختبر.

3. الكشف الكيميائي:

تم تحضير المستخلص المائي الخام عن طريق نقع 5 غرام من المسحوق النباتي الجاف في 100 مل من الماء المقطر لمدة 24 ساعة في درجة حرارة الغرفة مع التحريك الدوري. بعد انتهاء فترة النقع، تم ترشيح المزيج باستخدام ورق ترشيح واتمان رقم 1، وتم جمع الرشاحة لإستخدامها في اختبارات الكشف الكيميائي النباتي المختلفة للمركبات الفعالة بيولوجيا (Yadav & Agarwala, 2011).

1.3. الكشف عن الفلافونويدات:

تم إجراء اختبار الفلافونويدات باستخدام طريقة شينودا، حيث أخذت 0.5 غرام من العينة النباتية وأضيفت إلى 10 مل من الإيثانول (95%) بعد الترشيح، أضيف إلى الرشاحة قطع صغيرة من شريط المغنيسيوم المعدني متبوعة بإضافة 5-6 قطرات من (HCL) المركز. لوحظ ظهور لون أحمر يشير إلى وجود الفلافونويدات (Harborne, 1998).

2.3. الكشف عن القلويدات:

تم الكشف عن القلويدات باستخدام كواشف خاصة للترسيب. أخذ 2 مل من المستخلص النباتي وأضيف إليه 2 مل من (HCL) المركز، ثم قسم المزيج بالتساوي في أنبوبين اختبار. في الأنبوب الأول، أضيف 1 مل من كاشف Mayer (محلول Mercuric chloride و potassium iodide) وسخن في حمام مائي عند 60°م، ظهور راسب أبيض أو أصفر شاحب يدل على وجود القلويدات. في الأنبوب الثاني، أضيف 1 مل من كاشف Wagner (محلول Iodine و potassium iodide) وسخن بنفس الطريقة؛ ظهور راسب بني محمر يؤكد أيضا وجود القلويدات (Evans, 2009).

3.3. الكشف عن الصابونينات:

أجري اختبار الرغوة للكشف عن الصابونينات، حيث وضع 2 مل من المستخلص النباتي المائي في أنبوب اختبار ورج بشدة لمدة 30 ثانية في وضع أفقي، ثم ترك لمدة 15 دقيقة. أعتبر وجود رغوة ثابتة بارتفاع يتجاوز 1 سم واستمرارها لمدة 15 دقيقة دليلا على وجود الصابونينات. تعتمد هذه الطريقة على الخصائص الفيزيائية للصابونينات كمواد ذات نشاط سطحي تخفض التوتر السطحي للماء، مما يؤدي إلى تكوين رغوة ثابتة عند الرج (Iqbal et al., 2015).

4.3. الكشف عن التانينات:

للكشف عن التانينات، أضيف 0.5 مل من محلول كاشف Folin-Ciocalteu المخفف (1:10) إلى 1 مل من المستخلص النباتي. بعد فترة قصيرة من التفاعل (1-3 دقائق) لوحظ تطور لون أخضر مسود أو أزرق مسود، مما يدل على وجود مركبات التانين. يعمل كاشف Folin-Ciocalteu (مزيج من Phosphotungstic acid و Phosphomolybdic acid) على أكسدة المجموعات الفينولية في التانينات، مما ينتج عنه مركبات زرقاء اللون يمكن تمييزها بصريا. (Ainsworth & Gillespie, 2007)

5.3. الكشف عن الستيرويدات:

لاختبار وجود الستيرويدات والتربينويدات، تم خلط 1 مل من المستخلص الخام مع 1 مل من الكلوروفورم في أنبوب اختبار، ثم أضيف 1 مل من حمض الكبريتيك المركز (H₂SO₄) بحذر على جدار الأنبوب لتشكيل طبقة سفلية. ظهور حلقة ذات لون أحمر بني أو بنفسجي عند منطقة التماس بين الطبقتين يشير إلى وجود الستيرويدات (Edeoga et al., 2005).

4. التقدير الكمي:

تحضير المستخلصات النباتية قبل الشروع في التقديرات الكمية واختبار مضادات الأكسدة تقوم بتحضير المستخلص الذي يتم وفق التالي:

نقع 5 غرام من مسحوق نبات *C. olitorius* في 100 مل من الماء المقطر مع التحريك المستمر لمدة 24 ساعة عند درجة حرارة الغرفة. يتم ترشيح المستخلص باستخدام ورق ترشيح، ثم يجفف المستخلص المائي في فرن تجفيف عند درجة حرارة 45°م حتى الحصول على مسحوق جاف. يتم تخزين المستخلصات في أوعية زجاجية محكمة الإغلاق عند درجة حرارة 4°م لحين الاستخدام في الاختبارات الكيميائية والبيولوجية (Azwanida, 2015).

4.1. التقدير الكمي للتانينات:

تم تقدير محتوى التانينات المكثفة باستخدام طريقة Vanillin. يتم مزج 0.5 مل من المستخلص مع 3 مل من محلول Vanillin (4% في الميثانول) و1.5 مل من (HCL) المركز. يحضن الخليط في الظلام لمدة 15 دقيقة في درجة حرارة الغرفة. تقاس الامتصاصية عند طول موجي 500 نانومتر. يتم إعداد منحنى معايرة باستخدام تراكيز مختلفة من الكاتشين (0-300 ميكروغرام/مل) كمعيار، وتعبّر النتائج بالملغرام مكافئ كاتشين/غرام من المستخلص الجاف. تتميز هذه الطريقة بحساسيتها العالية في الكشف عن التانينات المكثفة دون تداخل مع المركبات الفينولية الأخرى (Farrelly, 2023).

4.2. التقدير الكمي للفينولات الكلية:

تم تقدير المحتوى الكلي للفينولات باستخدام طريقة Folin-Ciocalteu. تم مزج 200 ميكرو لتر من المستخلص مع 1 مل من كاشف Folin-Ciocalteu المخفف (1:10) بعد 4 دقائق تمت إضافة 800 ميكرو لتر من محلول كربونات الصوديوم (Na_2CO_3) بتركيز 7.5%. تم تحضين المزيج لمدة 2 ساعة في الظلام عند درجة حرارة الغرفة. تم قياس الامتصاصية عند طول موجة 765 نانومتر. تم استخدام حمض الغاليك كمعيار، وتم التعبير عن المحتوى الكلي للفينولات كمكافئ ملغ حمض الغاليك/غ من الوزن الجاف للعينة (mg GAE/g). (Singleton et al., 1999).

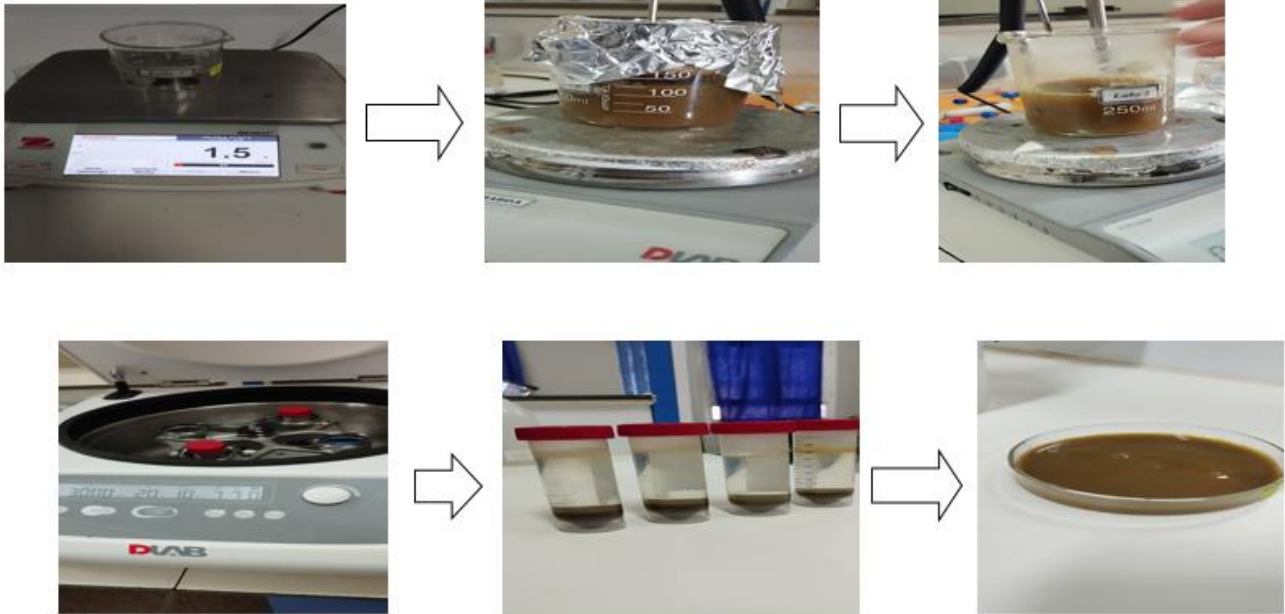
4.3. التقدير الكمي للفلافونويدات:

تم تقدير المحتوى الكلي للفلافونويدات (TFC) باستخدام طريقة ($AlCl_3$) مع الكيرسيتين كمركب قياسي، حيث تم خلط 1 مل من المستخلص النباتي مع 1.5 مل من الميثانول، و0.1 مل من محلول Aluminum chloride (10%)، و0.1 مل من Potassium acetate (1 مول/لتر)، و2.8 مل من الماء المقطر، ثم ترك الخليط في الظلام لمدة 30 دقيقة في درجة حرارة الغرفة، وبعدها تم قياس الامتصاصية عند الطول الموجي 415 نانومتر باستخدام جهاز UV-Vis لإعداد المنحنى القياسي، تم تحضير تراكيز مختلفة من الكيرسيتين ($10-100 \mu g/mL$) وتطبيق نفس خطوات التفاعل، ثم رسم العلاقة بين الامتصاصية والتركيز للحصول على معادلة خطية تستخدم لحساب كمية الفلافونويدات الكلية في العينات،

معبرا عنها بوحدة ملغ كيرسيتين مكافئ لكل غرام من المادة الجافة (mg QE/g DW) نظرا لدقة و إستقرار الكيرسيتين كمركب مرجعي في هذا النوع من التحاليل (Sultana et al., 2024).

5.التخليق الأخضر لجسيمات ZnO النانوية:

تخليق جسيمات نانوية من أكسيد الزنك (ZnO NPs) بإستخدام مستخلص نبات *C.olitorius* بطريقة التخليق الأخضر. تم خلط 50 مل من مستخلص الأوراق مع محلول Zinc acetate 100 مل بتركيز 0.1 مولار، وتم تقليب الخليط باستمرار عند درجة حرارة 70 درجة مئوية لمدة ساعتين. بعد ذلك، تمت إضافة محلول Sodium hydroxide (NaOH) تدريجيا إلى الخليط حتى الوصول إلى درجة الحموضة المطلوبة. تم ملاحظة تغيرات لونية في المحلول تشير إلى نجاح تكوين جسيمات ZnO النانوية كما تظهر في (الشكل 3) تم فصل الراسب الناتج باستخدام جهاز الطرد المركزي عند 3000 دورة في الدقيقة لمدة 10 دقائق لإزالة الشوائب. بعد ذلك، تم تجفيف الراسب عند 80 درجة مئوية لمدة 24 ساعة، ثم تم معالجته حراريا عند 600 درجة مئوية لمدة 5 ساعات للحصول على جسيمات ZnO النانوية النقية. (Bala et al., 2015).



الشكل 3: طريقة التخليق الحيوي الأخضر لجسيمات أكسيد الزنك النانوية لنبات *C.olitorius*.

6.تقنيات تحليل النانو:

1.6.مطيافية الأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه (FTIR):

تعد مطيافية الأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه (FTIR) تقنية تحليلية متقدمة تستخدم على نطاق واسع في دراسة التركيب الكيميائي والوظيفي للمواد النباتية، حيث تعتمد على قياس امتصاص الأشعة تحت الحمراء من قبل الجزيئات عند ترددات محددة، مما ينتج عنه طيف مميز يمثل بصمة كيميائية فريدة لكل

مركب. وتستخدم هذه التقنية لتحديد المجموعات الوظيفية والروابط الكيميائية داخل العينات. يتم إجراء التحليل في نطاق الترددات 400–4000 سم⁻¹، حيث تظهر معظم الاهتزازات الجزيئية للمركبات العضوية مثل الكربوكسيلات والهيدروكسيلات. تحضر العينات عن طريق طحنها بدقة ومزجها مع بروميد البوتاسيوم (KBr)، ثم ضغطها لتكوين أقراص شفافة تسمح بمرور الأشعة تحت الحمراء دون تداخل، مما يتيح الحصول على طيف دقيق. تستخدم هذه الطريقة بشكل فعال في تحليل مكونات الجدران الخلوية، مثل السليلوز واللجنين، التي تمتلك قمم امتصاص مميزة في الطيف. (Das et al., 2024)

2.6. حيود الأشعة السينية: X-ray Diffraction (DRX)

تعتبر تقنية حيود الأشعة السينية (XRD) أداة تحليلية أساسية لتحديد البنية البلورية للمواد الصلبة. وتعتمد هذه التقنية على تفاعل الأشعة السينية الساقطة مع المستويات الذرية داخل البلورة، مما يؤدي إلى حيود الأشعة السينية عند زوايا محددة تظهر كقمم في نمط الحيود. وتوفر هذه الأنماط معلومات أساسية حول ثوابت الشبكة البلورية، ودرجة التبلور، ونقاء الطور، وحجم البلورات. وتستخدم الأشعة السينية أحادية اللون، عادة إشعاع Cu K α بطول موجي يبلغ 1.5406 أنغستروم، في التحاليل القياسية. ويتم تسجيل شدة الأشعة المنعكسة كدالة لزاوية 2θ باستخدام كاشف. وتفيد هذه التقنية على نطاق واسع في أبحاث المواد النانوية لتقدير أبعاد البلورات ومتابعة التغيرات البنيوية الناتجة عن المعالجات الكيميائية. (Valério & Morelha, 2019)

7. الانشطة البيولوجية:

1.7. النشاط المضاد للأكسدة (اختبار DPPH):

تم تحضير محلول DPPH بتركيز 0.1mM عبر إذابة 4 ملغ من DPPH في 100 مل من الميثانول. تحضر سلسلة من التراكيز المخففة للمستخلص المدروس بتراكيز تتراوح من 4 ملغ/مل إلى 0.03125 ملغ/مل. في خلايا ضوئية سعة 1 مل، يمزج 500 ميكروليتر من كل تركيز مع 500 ميكروليتر من محلول DPPH، وتحضن العينات في الظلام لمدة 30 دقيقة. يقاس الامتصاص عند طول موجة 517 نانومتر بجهاز المطياف الضوئي. تحسب نسبة تثبيط الجذر الحر DPPH. يستخدم حمض الأسكوربيك كمركب مرجعي للمقارنة.

تم تقييم الفعالية المضادة للأكسدة من خلال نسبة التثبيط للجذور الحرة، كما تم حساب قيم IC₅₀ (وهي تركيز المستخلص اللازم لتثبيط 50% من جذر DPPH). وقد تم تحديد هذه القيم من خلال الاستفادة من منحنيات نسبة تثبيط الجذور الحرة مقابل تغير تركيز العينة. (Kedare & Singh, 2011)

حساب نسبة التثبيط I% للجذر الحر DPPH :

يتم حساب نسبة تثبيط الجذر الحر DPPH لمختلف التراكيز للمستخلص النباتي وحمض الاسكوربيك وفق المعادلة التالية:

$$I\% = \frac{A_o - A_i}{A_o} \times 100$$

(I%) تمثل نسبة التثبيط.

A_o: تمثل امتصاصية الشاهد.

A_i: تمثل امتصاصية العينة .

2.7. اختبار انحلال كريات الدم الحمراء:

يهدف هذا الاختبار تحديد مدى فعالية المستخلص النباتي في حماية خلايا الدم الحمراء من العوامل المؤكسدة والجذور الحرة التي تسبب تحللها. وفقا للإجراء الموصوف من قبل Ebrahimzadeh وزملائه (2013)، يتم أخذ عينة دم من متطوع بالغ سليم، ثم يؤخذ 50 ميكرو لتر من كريات الدم الحمراء المعزولة بعد فصلها عن المصل باستخدام جهاز الطرد المركزي بسرعة 3000 دورة/دقيقة لمدة 10 دقائق. يتم إضافة 100 ميكرو لتر من المستخلص النباتي قيد الدراسة بتركيز متفاوتة، وتحضن العينة لمدة 5 دقائق في درجة حرارة 37°م. بعدها يضاف للمزيج 50 ميكرو لتر من محلول H₂O₂ (40 mM) و 30 ميكرو لتر من Ferric chloride FeCl₃ (100µM) و 50 ميكرو لتر من حمض الأسكوربيك (2mM). يترك الخليط لمدة 60 دقيقة في الحاضنة عند درجة حرارة 37°م، ثم يتم نقله إلى جهاز الطرد المركزي بسرعة 1000 دورة/دقيقة لمدة 10 دقائق. يقاس الامتصاص الضوئي للطافي عند طول موجة λ = 540nm (Ebrahimzadeh et al., 2010).

وتحسب نسبة انحلال كريات الدم الحمراء وفقا للقانون التالي:

$$Hémolyse \% = [Abs\ control / Abs\ sample] \times 100$$

Abs control: امتصاصية الخليط في غياب المستخلص النباتي

Abs sample: امتصاصية الخليط في وجود المستخلص النباتي

7.3. اختبار النشاط الضوئي الوقائي :

تم تقييم الخصائص الواقية من الأشعة فوق البنفسجية للمستخلص باستخدام طريقة التحليل الطيفي لتحديد معامل الحماية من الشمس (SPF) كما وصفها دوفور وآخرون (2007). تم تحضير محلول بتركيز 0.2 ملغم/مل من المستخلص في الميثانول، وقياس امتصاصيته عند أطوال موجية تتراوح من 290 إلى 320 نانومتر بفواصل 5 نانومتر. تم حساب قيمة SPF وفقا للمعادلة التالية:

$$SPF \text{ spectrophotometric} = CF \times \sum_{290}^{320} EE(\lambda) \times I(\lambda) \times DO(\lambda)$$

حيث:

CF : معامل التصحيح.(10)

EE : التأثير المحمر (المسبب للاحمرار) للإشعاع عند طول موجي (λ) نانومتر.

I : طيف شدة الإشعاع الشمسي عند الطول الموجي (λ) نانومتر.

DO(λ) : قيم الامتصاصية الطيفية عند الطول الموجي المحدد.

EE(λ) × I(λ) : قيم ثابتة.(Dutra et al., 2004)

كما هو موضح في (الجدول 2) .

الجدول 2.I: القيم المعيارية لثابت EE×I حسب الطول الموجي المستخدم في حساب SPF.

λ(nm)	EE×I (normalized)
290	0.015
295	0.081
300	0.287
305	0.327
310	0.186
315	0.083
320	0.018

تم استخدام منتج الحماية الشمسية التجاري "Avene" كمرجع لحساب عامل الحماية من الشمس (SPF). استنادا إلى القيم المحسوبة، تم تصنيف فعالية العينات المدروسة على النحو التالي:

حماية شمسية عالية: $SPF \geq 30$ (*).

حماية متوسطة: SPF بين 12 و 30 (**).

حماية دنيا: $SPF < 12$ (*).

منتج "Avene" فهو كريم واق من الشمس متوفر تجاريا، يتميز بتركيبية تحتوي على فلاتر معدنية مثل أكسيد الزنك بنسبة 12%، مما يوفر حماية واسعة النطاق ضد الأشعة فوق البنفسجية، ويستخدم كمعيار للمقارنة في الدراسات المتعلقة بفعالية الحماية الشمسية (Dutra et al., 2004).

4.7. اختبار المضاد لالتهابات:

يهدف هذا البحث إلى تقييم التأثير المثبط لكل من مستخلص نباتي ميثانولي ومركب نانوي مصنع على تمسخ البروتين، باستخدام بياض البيض كنموذج بروتيني. تم تكييف هذا الاختبار وفق تنسيق الأطباق متعددة الأبار (Microplate) لضمان الكفاءة في استخدام الكميات وتحقيق قابلية التكرار (Chandra et al., 2012).

تم تحضير محلول بياض البيض بتركيز 10 (v/v) % عن طريق تخفيف البياض الطازج في ماء مقطر (Dharmadeva et al., 2018). أُضيف 50 ميكرو لتر من محلول البروتين إلى كل بئر من طبق 96 بئرا، ثم تمت إضافة 10 ميكرو لتر من المستخلص النباتي أو التركيبية النانوية، وكلاهما تم تحضيرهما مبدئيا بتركيز 20 مل غرام/مل وتعرضا لاحقا لتخفيفات متسلسلة (Chaiya et al., 2022) كما يوضحه (الشكل 4) تم تحضير العينات في درجة حرارة تتراوح بين 65 و 70 درجة مئوية لمدة تتراوح بين 15 و 20 دقيقة لتحفيز عملية التمسح الحراري للبروتينات. وبعد التبريد إلى درجة حرارة الغرفة، تم قياس الامتصاصية عند الطول الموجي 280 نانومتر باستخدام مطياف الأشعة فوق البنفسجية المرئية (UV-Vis) لتقدير درجة التمسح (Elias & Rao, 1988).

لم يتم استخدام الأسبرين في هذا البروتوكول، وتم تقييم تأثير التثبيط للعينة مباشرة مقارنة بعينة تمسخت دون معالجة (كنترول موجب) (Chandra et al., 2012).

تم حساب نسبة تثبيط التمسح البروتيني لكل تخفيف باستخدام الصيغة التالية:

Inhibition%

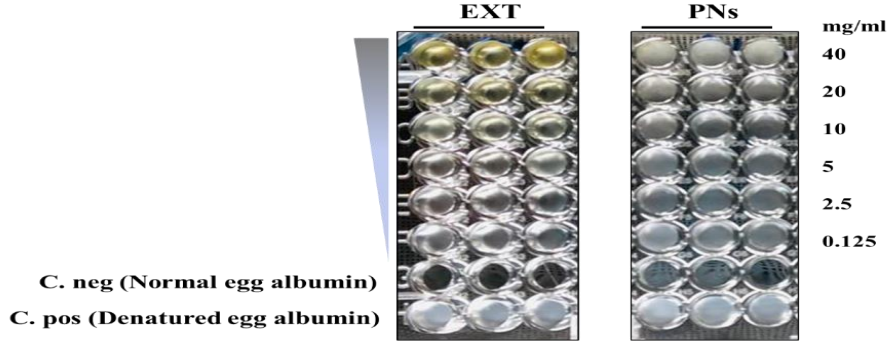
$$= \left[\frac{\text{Absorbance of control sample} - \text{Absorbance of treated sample}}{\text{Absorbance of control sample}} \right] \times 100$$

Absorbance of control sample: امتصاصية العينة المرجعية المتعرضة للتمسخ دون

معالجة.

Absorbance of treated sample: امتصاصية العينة المعالجة عند وجود المركب

المختبر. (Dharmadeva et al., 2018).



الشكل 4.I: تقييم النشاط المضاد للالتهابات لمستخلص والجسيمات النانوية باستخدام اختبار تثبيت ألبومين البيض.

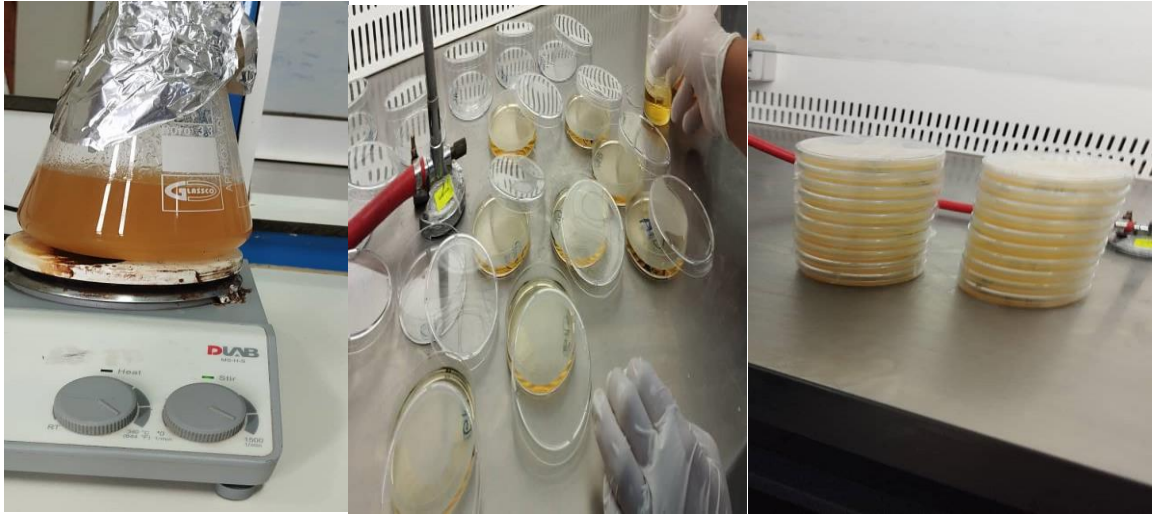
7.5. اختبار المضاد للبكتيريا:

دراسة النشاطية المضادة للبكتيريا، تحفظ السلالات البكتيرية المستخدمة في وسط غذائي سائل مثل "Nutrient Broth" عند درجة حرارة 4°C للحفاظ على حيويتها. لتنشيط هذه السلالات، تحضن في حاضنة عند 37°C لمدة 30 دقيقة. بعد ذلك، يتم اخذ 1 مل من المعلق البكتيري ووضعه في أنبوب اختبار يحتوي على وسط غذائي جديد، ويحضن لمدة 18-24 ساعة عند نفس درجة الحرارة، حسب نوع البكتيريا. لضبط كثافة المعلق البكتيري، يقاس الامتصاص الضوئي عند 600 نانومتر باستخدام مقياس الطيف الضوئي، أو يستخدم معيار McFarland لضمان تركيز مناسب للبكتيريا.

لتحضير وسط الزرع "Mueller-Hinton Agar"، يذاب 17 جراماً من المسحوق في 500 مل من الماء المقطر، ويسخن باستخدام محرك مغناطيسي حتى الغليان. ثم يوزع الوسط في أنابيب اختبار تحتوي كل منها على 20 مل، وتعقم في Autoclave عند 121°C لمدة 15 دقيقة.

الخطوات العملية لدراسة النشاطية المضادة للبكتيريا، يضاف 500 ميكرو لتر من المعلق البكتيري النشط إلى طبق بيتري، ثم يضاف 20 مل من وسط Mueller-Hinton المذاب، ويرج الطبق بلطف لتوزيع البكتيريا بالتساوي. بعد تجمد الوسط، توضع أقراص معقمة بقطر 6 ملم على سطحه، ويضاف 20 ميكرو لتر من المستخلص النباتي المراد اختباره إلى كل قرص. تحضن الأطباق عند 37°C لمدة 24 ساعة،

ثم تقاس مناطق التثبيط حول الأقراص لتقييم الفعالية المضادة للبكتيريا كما هي مبينة في (الشكل 5)
(Gyuzeleva et al., 2024)



الشكل 5.1: تحضير الوسط الغذائي لاختبار النشاط المضاد للبكتيريا.

6.7. اختبار نشاطية إنزيم التيروسيناز:

تم قياس نشاط تثبيط إنزيم التيروسيناز وفقا للطريقة الموصوفة من قبل Momtaz وآخرون (2008) مع بعض التعديلات. تضمن مزيج التفاعل 140 ميكرو لتر من محلول منظم الفوسفات (50 مللي مول/لتر، pH 6.8)، 15 ميكرو لتر من المستخلص النباتي أو المركب المرجعي، و20 ميكرو لتر من محلول التيروسيناز (200 وحدة/مل). تم حضن المزيج لمدة 5 دقائق عند درجة حرارة 37°C مع الرج المستمر، ثم إضافة 25 ميكرو لتر من محلول (3 مللي مول/لتر) كركيزة. تمت متابعة تكوين Dopachrome بقياس الامتصاصية عند طول موجي 475 نانومتر باستخدام مقياس الطيف الضوئي في وضع القراءة الحركية خلال فترة 20 دقيقة بفواصل زمني مقداره 30 ثانية.

تم تحضير محلول إنزيم التيروسيناز بإذابة 1 ملغ من الإنزيم المستخلص من فطر (2500 وحدة/ملغ) في 250 ميكرو لتر من محلول منظم الفوسفات (50 مللي مول/لتر، pH 6.8). تم تقسيم المحلول إلى أنابيب إندورف بحجم 50 ميكرو لتر لكل أنبوب ثم تخزينها في درجة حرارة 20°C حتى الاستخدام. عند إجراء التجربة، تم تخفيف 50 ميكرو لتر من المحلول الإنزيمي المركز بإضافة 2000 ميكرو لتر من محلول منظم الفوسفات للمستخلصات المذابة في الكحول، و3000 ميكرو لتر للمستخلصات المائية.

تم تحضير محلول L-DOPA بإذابة 5.9 ملغ من L-DOPA في 5 مل من الماء المقطر للحصول على تركيز نهائي 6 مللي مول/لتر. تم تحضير هذا المحلول طازجا قبل كل تجربة وحفظه في الظلام لتجنب الأكسدة الذاتية.

لتحضير محلول منظم الفوسفات (50 مللي مول/لتر، pH 6.8)، تم إعداد محلولين منفصلين. أولاً، تم إذابة 8.89 غرام من $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (الوزن الجزيئي 177.99 غ/مول) في 500 مل من الماء المقطر. ثانياً، تم إذابة 1.56 غرام من $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (الوزن الجزيئي 156.01 غ/مول) في 100 مل من الماء المقطر. تم مزج 49 مل من محلول $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ مع 51 مل من محلول $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ للحصول على محلول منظم بقيمة pH تساوي 6.8 تقريباً. تم قياس pH النهائي باستخدام جهاز pH متر وضبطه إذا لزم الأمر، ثم إكمال الحجم إلى 200 مل بالماء المقطر والتحرك لمدة 10 دقائق. حيث أن المحلول الناتج تركيزه 100 مللي مول/لتر، تم تخفيفه إلى 50 مللي مول/لتر بإضافة 200 مل من الماء المقطر (Momtaz et al., 2008). وتحسب نسبة التثبيط حسب العلاقة التالية:

Percentage of tyrosinase inhibition (%)

$$= (\text{Control OD} - \text{Sample OD} / \text{Control OD}) \times 100$$

Control OD: الامتصاصية للعينة الضابطة (بدون المثبط)

Sample OD: الامتصاصية للعينة المحتوية على المستخلص المراد اختباره.

الفصل الثاني

النتائج والمناقشة

1.النتائج:

1.1.المردود %R:

يشير المردود الى كتلة المستخلص التي تم تحديدها بعد التبخر المذيب ويعبر عنه كنسبة مئوية مقارنة بكتلة النبات الخام الذي خضع لعملية الاستخلاص في(الجدول 1)




الجدول 1.II: جدول يوضح نسبة المردود الناتجة من عملية الاستخلاص.

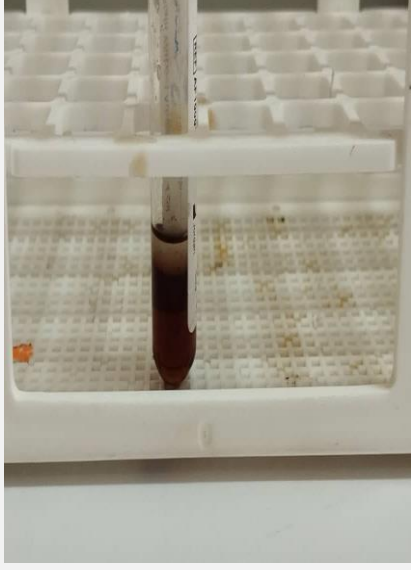

العينة	المردود	نسبة المردود (%)
50g	9.2g	18.4%

بلغ ناتج الإستخلاص بالميثانول لأوراق 9.2 *C. olitorius* غرام من المستخلص الكلي من أصل 50 غراما من المسحوق النباتي الجاف، أي بنسبة 18.4%. تشير هذه النسبة إلى وفرة المركبات النشطة بيولوجيا.

2.1.الكشف عن مواد الايض الثانوي في نبات: *C.olitorius*

الجدول 2.II: نتائج الكشف مواد الايض الثانوي لنبات *C.olitorius*.

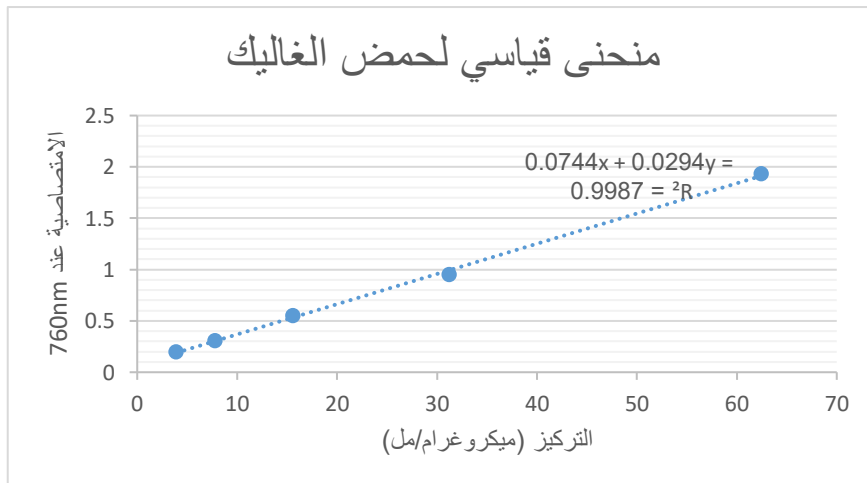
الصابونينات	القلويدات	الفلافونويدات
		
ظهور نسبة قليلة من الرغوة	ظهور راسب بني راسب أبيض	ظهور لون أحمر أرجواني

السترويدات	التانينات
	
ظهور اللون البني	ظهور لون أخضر مسود

3.1. تقدير المركبات الفينولية والفلافونويدية والتانينات في مستخلص نبات *C. olitorius*:

1.3.1. التقدير الكمي لعديدات الفينول:

يقدر تركيز الفينول المتحصل للمستخلص الكحولي لنبات *C. olitorius* عن طريق المنحنى القياسي للتركيز المختلفة لحمض الغاليك. قدرت النتائج المتحصل عليها μg المكافئ لحمض الغاليك لكل ملغ من المستخلص (μg (EAG/ml)) نتائج المنحنى القياسي لحمض الغاليك ممثلة في الشكل التالي:



الشكل 1.II: المنحنى القياسي للتركيز المختلفة لحمض الغاليك للمستخلص الميثانولي لنبات

C. olitorius.

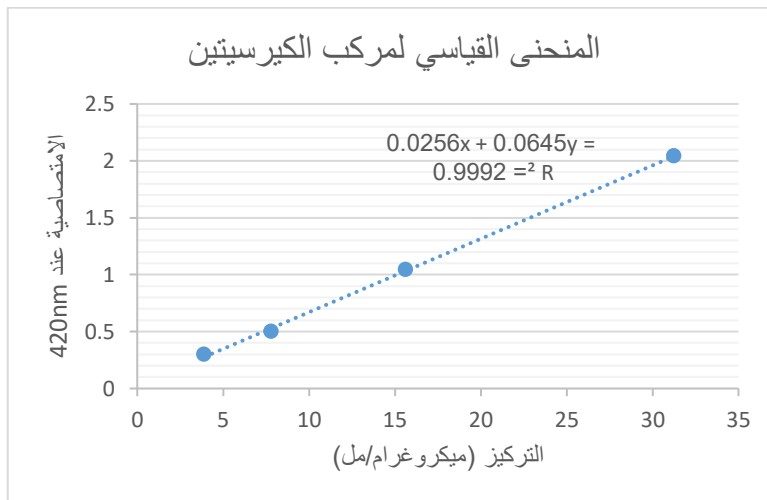
الجدول 3.II: محتوى الفينولات الكلية في المستخلص النباتي.

محتوى الفينولات الكلية في المستخلص (µg GAE/ml)	المستخلص الكحولي
1.079667±0.047057	

من خلال النتائج المتحصل عليها يمكننا القول إن محتوى الفينولات الكلية في المستخلص الكحولي لنبات *C. olitorius* قد قدر من خلال (الجدول 3) بـ (µg GAE/ml 0.047057±1.079667) تظهر هذه القيمة أن المستخلص الكحولي للملوخية يحتوي على كمية معتبرة من المركبات الفينولية، والتي تعد من أهم المركبات النشطة بيولوجيا ذات الخصائص المضادة للأكسدة. يتضح من المنحنى القياسي لحمض الغاليك الموضح في الشكل أن معادلة الخط المستقيم هي ($y = 0.0294x + 0.0744$) مع معامل ارتباط ممتاز ($R^2 = 0.9987$) مما يشير إلى دقة عالية جدا في القياسات التحليلية والعلاقة الخطية القوية بين التركيز والاستجابة الطيفية. هذا المنحنى القياسي يستخدم كمرجع لتحديد تراكيز المركبات الفينولية في العينة بدقة عالية، حيث أن قيمة معامل الارتباط القريبة من الواحد (0.9987) تؤكد موثوقية النتائج المحصل عليها. إن وجود الفينولات الكلية بهذا التركيز في المستخلص الكحولي لنبات *C. olitorius* يؤكد الأهمية الطبية والغذائية لهذا النبات، خاصة فيما يتعلق بخصائصه المضادة للأكسدة والالتهابات

2.3.1. التقدير الكمي للفلافونويدات:

يقدر تركيز الفلافونويدات لمستخلص نبات *C. olitorius* عن طريق المنحنى القياسي للتراكيز المختلفة لحمض الكيرسيتين. حيث قدرت النتائج المتحصل عليها بملغ المكافئ لحمض الكيرسيتين لكل ملغ من المستخلص (µg (QE/DM) نتائج المنحنى القياسي لحمض الكيرسيتين ممثلة في الشكل التالي :



الشكل 2.II: المنحنى القياسي للتراكيز المختلفة لحمض الكيرسيتين للمستخلص الميثانولي لنبات

C. olitorius

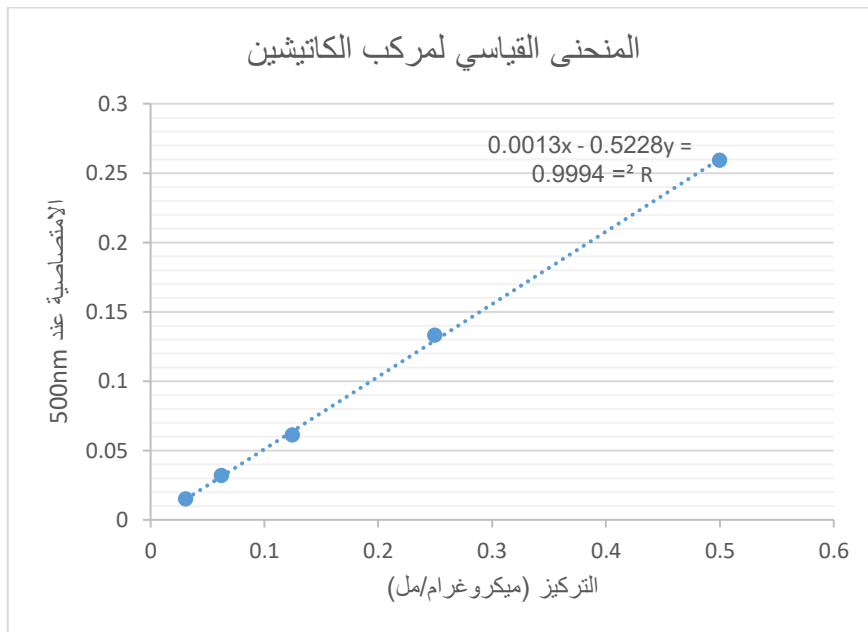
الجدول 4.II: محتوى الفلافونويدات الكلية في المستخلص النباتي.

محتوى الفلافونويدات الكلية في المستخلص ($\mu\text{g GAE/ml}$)	
0.632333 \pm 0.086604	المستخلص الكحولي

من خلال النتائج المتحصل عليها يمكننا القول أن محتوى الفلافونويدات الكلية في المستخلص الكحولي لنبات *C.olitorius* قد قدر من خلال (الجدول 4) بـ ($\mu\text{g GAE/ml } 0.047057 \pm 1.079667$) تظهر هذه القيمة أن المستخلص الكحولي لـ *C.olitorius* يحتوي على كمية معتدلة من المركبات الفينولية. يتضح من المنحنى القياسي لمركب الكيرسيتين الموضح في الشكل الثاني أن معادلة الخط المستقيم هي ($y = 0.0645x + 0.0256$) مع معامل ارتباط ممتاز ($R^2 = 0.9992$) مما يشير إلى دقة عالية في القياسات التحليلية. هذا المنحنى يستخدم لتحديد تراكيز المركبات الفينولية في العينة بدقة.

3.3.1. التقدير الكمي للتانينات:

يقدر تركيز التانينات لمستخلص نبات *C.olitorius* عن طريق المنحنى القياسي للتراكيز المختلفة لحمض الكاتيشين. قدرت النتائج المتحصل عليها بـ μg لحمض الكاتيشين لكل ml من المستخلص ($\mu\text{g (EC/ml)}$) نتائج المنحنى القياسي لحمض الكاتيشين ممثلة في الشكل التالي:



الشكل 3.II: المنحنى القياسي للتراكيز المختلفة لحمض الكاتيشين للمستخلص الميثانولي لنبات

C.olitorius

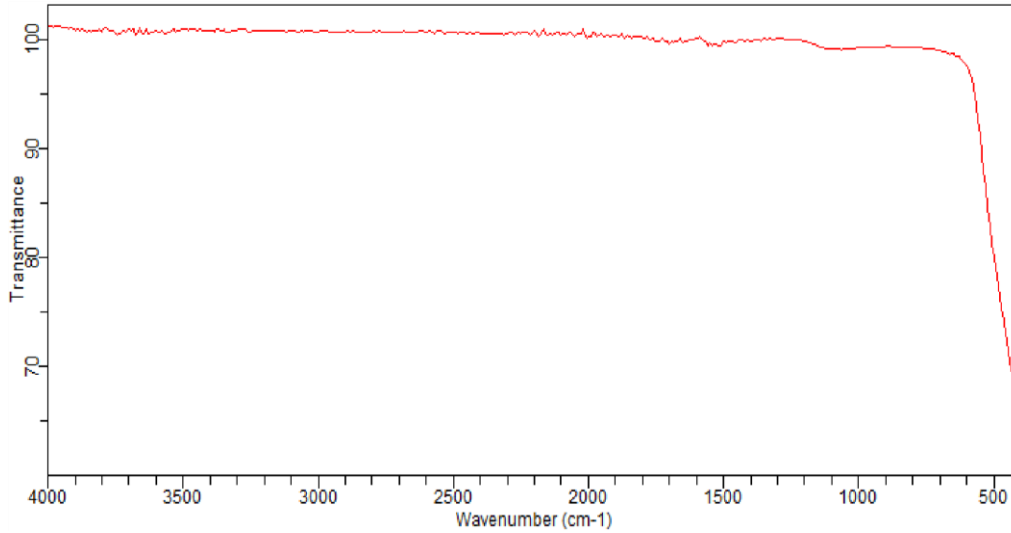
الجدول 5.II: محتوى التانينات الكلية في المستخلص النباتي.

محتوى التانينات الكلية في المستخلص ($\mu\text{g GAE/ml}$)	المستخلص الكحولي
0.257±0.374989	

من خلال النتائج المتحصل عليها عن محتوى التانينات الكلية في المستخلص الكحولي لنبات *C. olitorius*، حيث كانت قيمتها من خلال (الجدول 5) ب(0.257±0.374989 $\mu\text{g GAE/ml}$) يظهر المنحنى القياسي لمركب الكاتيشين معادلة خطية $y = 0.5228x - 0.0013$ مع معامل ارتباط عالي جدا ($R^2 = 0.9994$) مما يدل على دقة القياس. وقد أظهرت النتائج أن محتوى التانينات في مستخلص نبات *C. olitorius* معتدل نسبيا مقارنة بالنباتات الأخرى يعتبر وجود التانينات في هذا النبات مؤشرا على احتوائه على مضادات الأكسدة التي تساهم في الخصائص العلاجية والوقائية للنبات.

4.1. تحليل جسيمات أكسيد الزنك النانوية لمستخلص نبات *C. olitorius*:

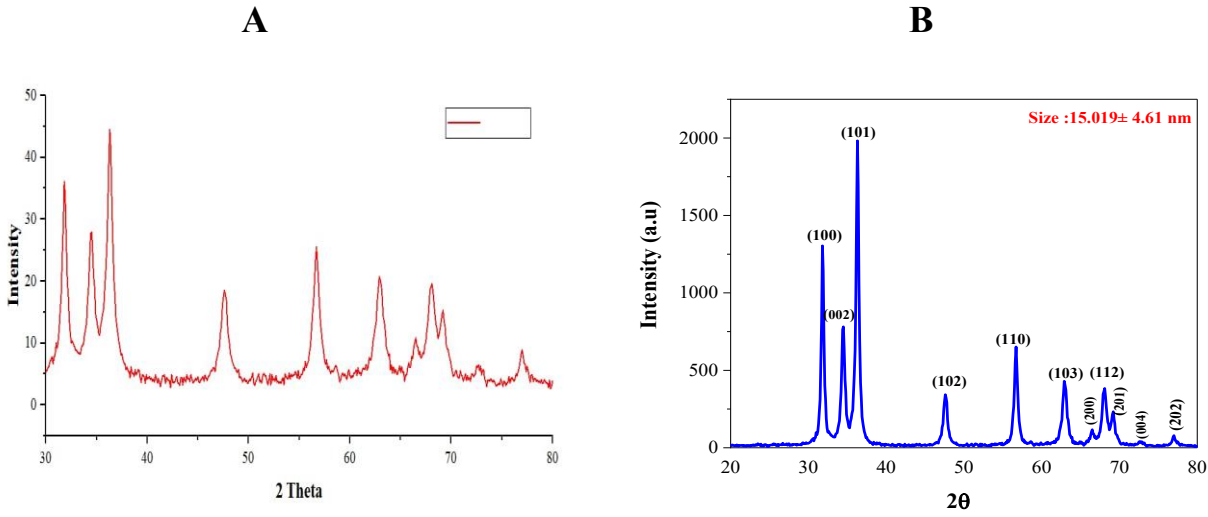
1.4.1. مطيافية الأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه (FTIR):



الشكل 4.II: مطيافية الأشعة تحت الحمراء لجسيمات أكسيد الزنك النانوية لنبات *C. olitorius*.

يظهر منحنى (الشكل 4.II FTIR) وجود عصابة امتصاص قوية عند النطاق بين 400–500 cm^{-1} ، مما يشير إلى وجود رابطة Zn-O المميزة لمركب أكسيد الزنك النقي. عدم ظهور قمم امتصاص أخرى يدل على نقاء العينة وخلوها من الشوائب أو الروابط العضوية الأخرى. وبذلك يمكن تأكيد أن العينة تتكون بشكل أساسي من ZnO نقي.

2.4.1. حيود الأشعة السينية: X-ray Diffraction (DRX)



الشكل 5.11: أنماط الأشعة السينية (XRD) لجسيمات أكسيد الزنك النانوية المستخلصة من نبات

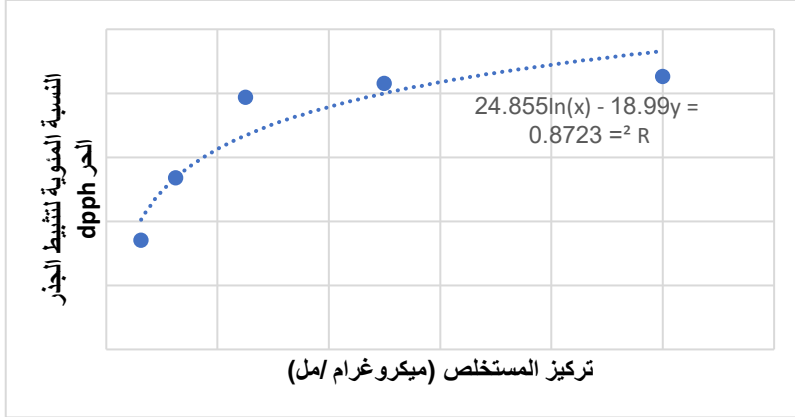
C. olitorius.

توضح نتائج (الشكل A 5) حيود الأشعة السينية (XRD) لجسيمات أكسيد الزنك النانوية المستخلصة من نبات *C. olitorius*. قما حادة وعالية الشدة في نطاق الزاوية 2θ بين 30° و 80° ، مما يدل على أن المادة ذات طبيعة بلورية واضحة. تم رصد قمم مميزة عند حوالي 31.7° ، 34.4° ، و 36.2° ، والتي تتوافق مع المستويات البلورية (100)، (002)، و (101) لأكسيد الزنك سداسي الشكل (Wurtzite ZnO) حسب قاعدة بيانات JCPDS. يشير ذلك إلى نجاح التخليق الحيوي للجسيمات النانوية باستخدام المستخلص النباتي كمختزل ومثبت طبيعي. كما أن غياب قمم شائبة يعكس نقاء الطور البلوري. تؤكد هذه النتائج أن الجسيمات ذات جودة بلورية جيدة ومناسبة لتطبيقات صناعية أو طبية.

بينما يظهر طيف حيود الأشعة السينية للجسيمات النانوية المحضرة (الشكل B 5) باستخدام مستخلص نبات *Corchorus olitorius* تكوين أكسيد الزنك بالبنية البلورية السداسية النمطية (Hexagonal Wurtzite structure) والتي تتفق مع بطاقة JCPDS رقم 1451-36. تظهر القمم البلورية الرئيسية عند الزوايا $2\theta = 31.77^\circ$ ، 34.42° ، 36.25° ، 47.54° ، 56.60° ، 62.86° ، و 67.96° والمقابلة للمستويات البلورية (100)، (002)، (101)، (102)، (110)، (103)، و (112) على التوالي، حيث تُعتبر القمة (101) هي الأكثر كثافة مما يؤكد التوجه البلوري المفضل. باستخدام معادلة شيرر، تم تقدير متوسط حجم البلورات بـ 15.019 ± 4.61 نانومتر مما يؤكد الطبيعة النانوية للمادة المحضرة. عدم وجود قمم إضافية يدل على النقاوة العالية للمادة وعدم وجود شوائب بلورية، بينما تشير حدة وشدة القمم إلى درجة بلورية ممتازة وقلة العيوب البلورية، مما يؤكد فعالية الطريقة الخضراء المستخدمة في إنتاج جسيمات أكسيد الزنك النانوية عالية الجودة.

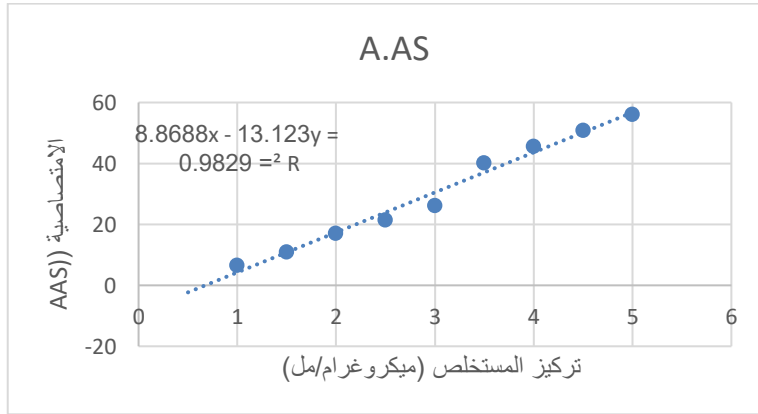
5.1. الأنشطة البيولوجية:

1.5.1. تقدير الفعالية المضادة للاكسدة باستعمال اختبار الجذر الحر: DppH



الشكل 6.II: المنحنى القياسي للنشاطية المضادة للاكسدة لكبح جذر DppH

لمستخلص نبات *C.olitorius*



IC 50 =3.134283

الشكل 7.II: المنحنى القياسي لحمض الاسكوربيك في اختبار تثبيط الجذر الحر DppH

الجدول 6.II: النشاطية المضادة للاكسدة للمستخلص النباتي.

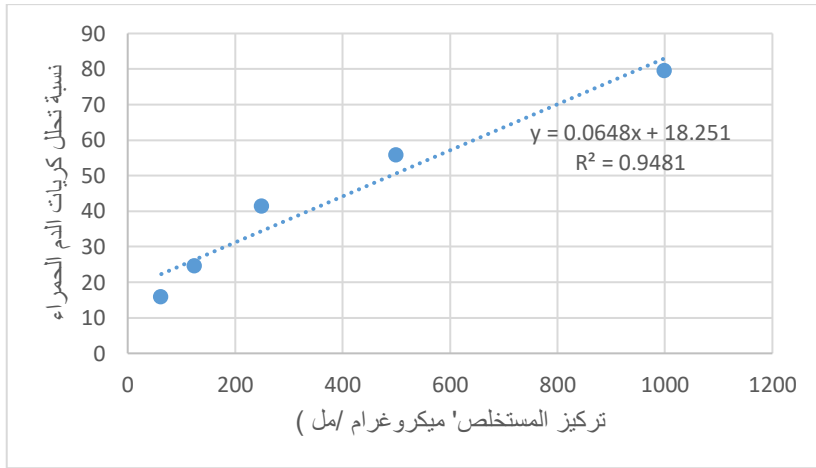
النشاطية المضادة للاكسدة	المستخلص النباتي
55.40954± 3.438165	

تمثل النسبة المئوية للتثبيط %I: بهدف تقدير النشاطية المضادة لأكسدة للمستخلص النباتي باستعمال الجذر الحر DPPH حيث تم استعمال حمض الاسكوربيك كمركب مرجعي . تم تحديد قيمة IC 50 المثبطة للجذر الحر DPPH، من خلال المعادلات الخطية لمنحنيات التثبيط %I للمستخلص النباتي و حمض

الاسكوربيك كما هو موضح اعلاه في (الشكلين 6 و7)، علما أن الفعالية المضادة لأكسدة تتناسب عكسيا مع قيم IC 50 ، فكلما كانت قيمة IC 50 ضعيفة كانت النشاطية المضادة للجذر الحر أفضل.

أظهر مستخلص الملوخية نشاطا مضادا للأكسدة قويا بقيمة $55.41 \pm 3.44\%$ باستخدام اختبار DPPH. كما موضح في (الجدول 6)، وهي قيمة مرتفعة تشير إلى فعالية كبيرة في تثبيط الجذور الحرة. المنحنى القياسي للمستخلص (الشكل 6) يظهر علاقة خطية قوية مع معامل ارتباط $R^2 = 0.8729$ ، مما يؤكد دقة القياسات وثبات النتائج. بالمقارنة مع حمض الأسكوربيك كمركب مرجعي (الشكل 7) والذي أظهر علاقة خطية ممتازة مع $R^2 = 0.9829$ وقيمة $IC_{50} = 3.13$ ، نجد أن مستخلص الملوخية يمتلك نشاطا مضادا للأكسدة معتبرا، رغم أنه أقل من المركب المرجعي. هذا يشير إلى وجود مركبات فينولية وفلافونويدية فعالة في المستخلص تساهم في النشاط المضاد للأكسدة.

2.5.1. اختبار انحلال كريات الدم الحمراء:



الشكل 8. II: منحنى نسبة انحلال كريات الدم الحمراء بدلالة تركيز مستخلص نبات *C. olitorius*.

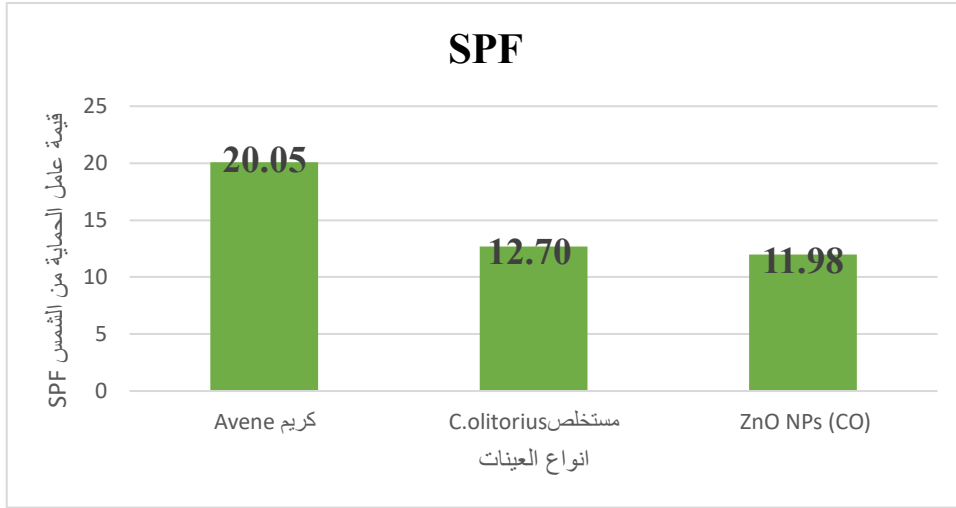
الجدول 7. II: النشاطية المضادة لانحلال كريات الدم الحمراء للمستخلص النباتي.

النشاطية المضادة لانحلال كريات الدم الحمراء	المستخلص النباتي
16.22567979 ug/ml \pm 506.1793835	

بناء على النتائج الموضحة في الرسم البياني لشكل (8)، يظهر مستخلص نبات *C. olitorius* علاقة خطية إيجابية قوية مع نسبة انحلال كريات الدم الحمراء، حيث بلغ معامل التحديد ($R^2 = 0.9481$) ما يعني أن 94.81% من التباين في الانحلال يمكن تفسيره بتركيز المستخلص. وتشير المعادلة الخطية ($y = 0.0648x + 18.251$) إلى أن كل زيادة بمقدار وحدة واحدة في تركيز المستخلص تقابلها زيادة قدرها 0.0648 وحدة في نسبة انحلال الكريات. تدل هذه النتائج على أن لمستخلص الملوخية نشاطا انحلاليا واضحا تجاه كريات الدم الحمراء، كما تظهره قيم (الجدول 7) من المحتمل أن يرجع هذا إلى وجود مركبات

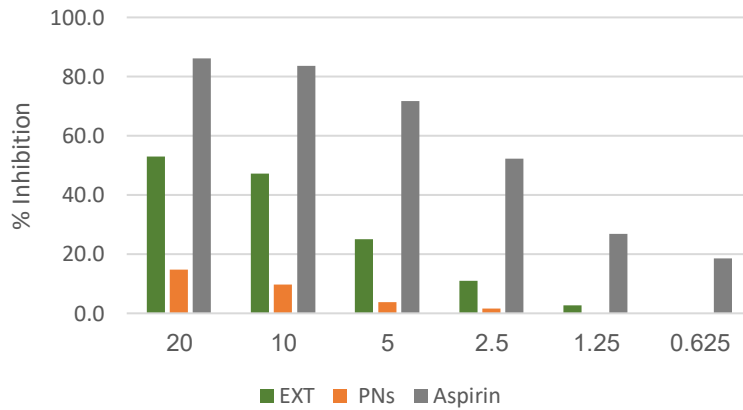
نشطة بيولوجيا كالصابونينات أو المركبات الفينولية. وتظهر البيانات تزايدا تدريجيا في فعالية الانحلال مع ارتفاع التركيز، مما يبرز وجود علاقة واضحة بين الجرعة والاستجابة.

3.5.1 اختبار النشاط الضوئي الوقائي لمستخلص نبات: *C.olitorius*



الشكل 9.II: قيم عامل الحماية من الشمس للمستخلص وجسيمات أكسيد الزنك النانوية وكريم Avene. توضح نتائج (الشكل 9) اختبار النشاط الوقائي من أشعة الشمس (SPF) أن مستخلص نبات *C.olitorius* يمتلك قدرة ملحوظة على الحماية من الأشعة فوق البنفسجية، حيث سجل قيمة SPF بلغت 12.70، وهو رقم واعد مقارنة بالكريم التجاري Avene الذي استخدم كمرجع وبلغت قيمته 20.06. كما أظهرت الجسيمات النانوية لأكسيد الزنك المحضرة باستخدام المستخلص النباتي (ZnO NPs CO) قيمة قريبة بلغت 11.99، مما يدل على أن المستخلص النباتي يمكن ان يكون مكونا طبيعيا واعد في منتجات الوقاية من الشمس، مع إمكانية تحسين فعاليته مستقبلا.

4.5.1 اختبار المضاد لالتهابات:



الشكل 10.II: مقارنة فعالية مستخلص وجسيمات النانوية على نشاط المضاد للالتهاب لنبات

C.olitorius

الجدول 8.II: النشاطية المضادة للالتهابات للمستخلص وجسيمات أكسيد الزنك النانوية لنبات

C.olitorius

النشاطية المضادة للالتهابات	المستخلص النباتي
1.931±0.520	جسيمات أكسيد الزنك النانوية
2.234±0.114	

تم تقييم النشاط المضاد للالتهاب لمستخلص *C.olitorius* باستخدام اختبار تثبيط الزلال (Protein Denaturation Inhibition Assay)، وتمت مقارنة فعاليته مع جسيمات نانوية محضرة منه (PNS) ومع الأسبيرين كمضاد التهاب قياسي. تم اختبار مختلف التراكيز: 0.625، 1.25، 2.5، 5، 10، 20 ملغ/مل، وقياس النسبة المئوية لتثبيط الالتهاب (% Inhibition) في كل حالة. كما هو موضح في الشكل (10)، أظهر مستخلص الملوخية (EXT) فعالية مضادة للالتهاب تعتمد على التركيز، حيث بلغت أعلى نسبة تثبيط عند التركيز 20 ملغ/مل بقيمة تقارب 54%، ثم انخفضت تدريجياً مع تقليل التركيز إلى أن بلغت حوالي 5% عند 1.25 ملغ/مل ولم تسجل فعالية تذكر عند 0.625 ملغ/مل. أما الجسيمات النانوية (PNS) فقد أظهرت فعالية ضعيفة جداً في جميع التراكيز مقارنة بالمستخلص الخام، كما يوضحه قيم (الجدول 8) وهو ما قد ينسب إلى خصائصها الكيميائية المختلفة أو عدم تحسين خواصها البيولوجية بعد التعديل النانوي. في المقابل، سجل الأسبيرين نسب تثبيط عالية في جميع التراكيز المختبرة، حيث بلغ التثبيط أكثر من 80% عند التراكيز الأعلى، مما يؤكد فاعليته كمضاد التهاب مرجعي. على الرغم من أن فعالية المستخلص كانت أقل من الأسبيرين، إلا أن النتائج تشير إلى امتلاك *C.olitorius* لخواص مضادة للالتهاب ملحوظة، خصوصاً في التراكيز المرتفعة، وهو ما يدعم إمكانية استخدامه كمصدر طبيعي واعد للمركبات المضادة للالتهاب.

5.5.1. النشاطية المضادة للبكتيريا:

الجدول 9.II: نتائج الفعالية المضادة للبكتيريا لمستخلص وجسيمات أكسيد الزنك النانوية لنبات

C.olitorius.

البكتيريا	قطر التثبيط للمستخلص	قطر تثبيط جسيمات أكسيد الزنك النانوية
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (Pa)	1±0	0.83± 0.04
<i>Bacillus subtilis</i> (Bs)	1.9± 0.8	1.76± 2.14
<i>Klebsiella pneumoniae</i> (Kp)	0.85± 0.1	0.8± 0
<i>Dimethyl sulfoxide</i> (DMSO)	0.78± 0.02	0.75±0.03

أظهرت نتائج الجدول (9) أن كلا من المستخلص النباتي وجسيمات أكسيد الزنك النانوية يمتلكان نشاطا مضادا للبكتيريا بدرجات متفاوتة، حيث كان أعلى نشاط ضد *Bacillus subtilis* بقطر تثبيط بلغ 0.8 ± 1.9 ملم) للمستخلص و 1.76 ± 2.14 ملم) لجسيمات ZnO، مما يدل على فعالية ملحوظة رغم التشتت العالي في النتائج. في المقابل أبدى كل من *Pseudomonas aeruginosa* و *Klebsiella pneumoniae* مقاومة نسبية، حيث كانت أقطار التثبيط منخفضة نسبيا ولم تتجاوز 1 ملم. كما تبين أن المذيب (DMSO) تأثيرا طفيفا، مما يبرز أن النشاط المثبط يعود فعليا للمستخلص والجسيمات النانوية. بشكل عام، تفوق المستخلص على ZnO في بعض الحالات، إلا أن الفعالية كانت محدودة وتفاوتت حسب نوع البكتيريا.

6.5.1. اختبار نشاطية تثبيط إنزيم التيروسيناز:

بناء على النتائج المعروضة في الرسم البياني (الشكل 11)، يبين مستخلص نبات *C.olitorius* فعالية عالية في تثبيط إنزيم التيروسيناز بشكل يعتمد على التركيز. عند التركيز الأعلى (800 مجم/مل) حقق المستخلص أقصى تثبيط بنسبة تقارب 67%، وهو معدل مرتفع مقارنة بالمرجع فيتامين C الذي سجل حوالي 54% عند نفس التركيز.

تظهر البيانات انخفاضا تدريجيا في فعالية التثبيط مع تقليل التركيز، حيث انخفضت النسبة إلى 55% و 15% و 12% عند التراكيز 400 و 200 و 100 مجم/مل على التوالي. هذا السلوك يشير إلى وجود علاقة طردية بين تركيز المستخلص وقدرته على تثبيط الإنزيم، مما يدل على احتواء مستخلص الملوخية على مركبات فعالة مثل الفينولات والفلافونويدات. تفوق أداء مستخلص *C.olitorius* على فيتامين C في

التراكيز العالية يجعله مرشحا واعداد تطبيقات مكافحة فرط التصبغ في صناعة مستحضرات التجميل والأدوية. النتائج تؤكد الإمكانيات العلاجية لهذا النبات كمثبط طبيعي وآمن لإنزيم التيروسيناز المسؤول عن إنتاج الميلانين.

2. المناقشة:

يعد مردود الاستخلاص معيارا أساسيا لتقييم فعالية المذيب المستخدم وتقنية الاستخلاص المعتمدة، حيث تم في هذه الدراسة اعتماد الميثانول كمذيب لاستخلاص المركبات النشطة من نبات *C. olitorius* فكانت نسبة المردود المتحصل عليه هو 18.4% وهي نسبة جيدة مقارنة بدراسة أجراها Oyeyemi وآخرون (2021) تم استخدام الميثانول لاستخلاص المركبات النشطة من أوراق *C. olitorius* ، حيث بلغ مردود الاستخلاص 8.5%. هذا المردود يعد أقل من المردود الذي تم الحصول عليه في دراستنا، مما يشير إلى فعالية أعلى لطريقة الاستخلاص المستخدمة في بحثنا (Oyeyemi et al., 2021). وفي هذا الإطار، أظهرت دراسات سابقة تأثير نوع المذيب على مردود الاستخلاص، حيث بينت أن المذيبات القطبية كالإيثانول والميثانول تعزز من كفاءة الاستخلاص مقارنة بغير القطبية، مما يرجح أن المردود المرتفع (18.4%) ناتج عن استخدام مذيب قطبي أو مزيج مذيبات، (Dhanani et al., 2017). إذ إن التركيب الكيميائي للنباتات الغنية بالفينولات والفلافونويدات غالبا ما تظهر مردود استخلاص أعلى نظرا لذوبانية هذه المركبات في معظم المذيبات العضوية (Das et al., 2011).

أوضحت نتائج الكشف الكيميائي لمستخلص أوراق *C. olitorius* وجود مجموعة متنوعة من المركبات الثانوية ذات الأهمية البيولوجية. تم الكشف عن الفلافونويدات من خلال تفاعل إيجابي مع كاشف كلوريد الألمنيوم، مما أدى إلى ظهور لون أحمر برتقالي، وهو ما يتوافق مع نتائج دراسة والتي أكدت وجود الفلافونويدات باستخدام طريقة كلوريد الألمنيوم. كما أظهرت التانينات تفاعلا إيجابيا مع كاشف الحديد الثلاثي، مما أدى إلى تكون راسب بني (Patil & Jain, 2017). وهو ما تم توثيقه في دراسة Airaodion وآخرون (2019) التي أشارت إلى وجود الفلويديات في مستخلص *C. olitorius*. أما الستيريديات والتربينات، فقد تم الكشف عنها من خلال تفاعل إيجابي مع كاشف Liebermann-Burchard ، مما أدى إلى تكوّن تكتلات أو ترسيب جزئي (Airaodion et al., 2019) تتفق هذه النتائج مع الدراسات السابقة التي أكدت وجود هذه المركبات في *C. olitorius*، مما يعزز من الفرضية التي تنص على أن نبات *C. olitorius* تحتوي على مركبات فعالة بيولوجيا يمكن أن تسهم في التطبيقات الصيدلانية والوقائية، مثل ما أشار إليه أيضا Atli وآخرون (2024) في دراستهم التي أكدت وجود التانينات في أوراق الملوخية. بالإضافة إلى ذلك، تم الكشف عن الفلويديات من خلال تفاعل إيجابي مع كاشف Mayer ، مما أدى إلى ظهور لون أخضر مسود (Atli et al., 2024)

تشير النتائج الطيفية المحصلة إلى أن المستخلص الكحولي لنبات *C. olitorius* غني بالمركبات الفينولية، الفلافونويدات، والتانينات، وهي مركبات نباتية ثانوية تتميز بفعاليتها البيولوجية العالية، خاصة كمضادات أكسدة طبيعية، وقد بلغ محتوى الفينولات الكلية في المستخلص $0.047 \pm 1.079 \mu\text{g GAE/ml}$ ، استنادا إلى المنحنى القياسي لحمض الغاليك ($y = 0.0294x + 0.0744, R^2 = 0.9987$)، مما يدل على دقة وموثوقية التحليل الطيفي المستخدم. هذا المحتوى المرتفع من الفينولات يعكس كفاءتها للنشاط المضاد للأكسدة في هذا النبات، ويرجع ذلك إلى قدرة الفينولات على تثبيط تكوين الجذور الحرة وتحبيدها قبل أن تحدث أضرارا في الخلايا الحيوية (Zhou et al., 2020¹) كما تلعب الفينولات دورا محوريا في حماية الخلايا من التأثيرات السمية للضغوط التأكسدية المزمنة، مما يجعلها مركبات واعدة في الوقاية من العديد من الأمراض المزمنة المرتبطة بالإجهاد التأكسدي، مثل أمراض القلب والسرطان (Zhou et al., 2016). عند تحليل محتوى الفلافونويدات الكلية، أظهرت النتائج أنها بلغت قيمة مقاربة للفينولات باستخدام المنحنى القياسي للكيرسيتين ($y = 0.0645x + 0.0256, R^2 = 0.9992$) وهو ما يدعم الفرضية القائلة بأن نبات *C. olitorius* يعد مصدرا غنيا بالفلافونويدات ذات الفعالية البيولوجية. وتتمتع هذه المركبات بقدرة عالية على التفاعل مع الأنواع النشطة من الأوكسجين والنيتروجين، مما يسهم في منع الأكسدة المفرطة للمركبات الخلوية الحيوية، مثل البروتينات، الدهون، والحمض النووي إضافة إلى ذلك، تظهر الفلافونويدات خصائص مضادة للالتهاب ومضادة للتكاثر المرضي للخلايا، مما يعزز من دورها الوقائي والعلاجي، لا سيما في التداخل مع مسارات التأثير الخلوي المرتبطة بحدوث الالتهاب المزمن والتسرب (Kumar & Pandey, 2013) اما بالنسبة لمحتوى التانينات في المستخلص النباتي لل *C. olitorius* فقد بلغ في المستخلص $0.374 \pm 0.257 \mu\text{g GAE/ml}$ ، وفقا للمنحنى القياسي لمركب الكاتيشين ($y = 0.5228x + 0.0013, R^2 = 0.9994$) يبدو معتدلا مقارنة بالفينولات الكلية والفلافونويدات، إلا أن هذا المركب يلعب دورا مهما في تعزيز الفعالية الحيوية الكلية للمستخلص. فقد أظهرت الدراسات أن مستخلص أوراق *C. olitorius* يحتوي على نسبة معتبرة من التانينات، بلغت حوالي 6.01 ملغ مكافئ الكاتيشين / غ من الوزن الجاف في المستخلص الإيثانولي. إضافة إلى ذلك تظهر مستخلصات أوراق نبات *C. olitorius* فعالية مضادة للأكسدة تثبيط للجذور الحرة باستخدام اختبار DppH^{\bullet} ، وهو ما يشير إلى مساهمة التانينات، جنبا إلى جنب مع الفينولات والفلافونويدات، في تعزيز النشاط المضاد للأكسدة (Hussien et al., 2017). يدل هذا التأثير على قدرة التانينات في تكوين معقدات مستقرة مع البروتينات والمعادن، مما يقلل من عمليات الأكسدة غير المرغوب فيها ويحافظ على استقرار المركبات النشطة الأخرى (Patil & Jain, 2017). كما أن للتانينات دورا معروفا في حماية الخلايا من التأثير الضار للجذور الحرة، ودعم وظائف الأغشية الخلوية، إضافة إلى تعزيز الاستجابات المناعية الطبيعية، ما يجعلها عنصرا داعما ومهما في التكوين العام للفعالية البيولوجية للمستخلص.

اثبتت نتائج تحليل FTIR للعينة وجود عصابة امتصاص قوية في النطاق $500-1400\text{ cm}^{-1}$ ، وهي سمة مميزة لرابطة Zn-O ، مما يدل على تكوين أكسيد الزنك (ZnO) على سبيل المثال، في دراسة نشرت في مجلة (c) Physica Status Solidi ، تم تسجيل قمم امتصاص عند 437 و 505 cm^{-1} ، حيث تعود القمة عند 437 cm^{-1} إلى نمط E2 في هيكل ZnO السداسي، بينما ترتبط القمة عند 505 cm^{-1} بنقص الأكسجين أو عيوب في البنية البلورية (Xiong et al., 2006). عدم وجود قمم امتصاص إضافية في الطيف، خصوصا في مناطق المجموعات الوظيفية العضوية مثل O-H أو C-H أو C=O ، يشير بوضوح إلى نقاء العينة وخلوها من الشوائب أو البقايا العضوية. في دراسة أخرى، أظهر تحليل FTIR لعينة ZnO نقية قمة عند 475 cm^{-1} دون ظهور قمم عند 1600 cm^{-1} ، مما يؤكد غياب المجموعات الوظيفية العضوية مثل الكربونيل أو الهيدروكسيل على سطح الجسيمات النانوية (Boughrara et al., 2022). عند مقارنة هذه النتائج بدراسات سابقة، يتبين أن العديد من طرق التخليق الأخرى، خاصة تلك التي تعتمد على مستخلصات نباتية، تظهر عادة قمم إضافية تعود لبقايا المركبات الحيوية. على سبيل المثال، في دراسة نشرت في مجلة RSC Advances ، تم تسجيل قمم عند 1399 و 1617 cm^{-1} تعود لمجموعات الكربوكسيل والنترات، مما يشير إلى وجود ملوثات عضوية متبقية. بينما تظهر نتائج هذه الدراسة الحالية طيفا نقيا وخاليا من تلك البصمات، مما يبرز فعالية طريقة التحضير المستخدمة في إنتاج ZnO عالي النقاء، ويجعلها مناسبة لتطبيقات تتطلب درجة نقاء عالية مثل الاستخدامات الطبية والتجميلية (Sharbatdaran & Janbazi, 2024)

تشير نتائج تحليل حيود الأشعة السينية (XRD) لجسيمات أكسيد الزنك النانوية المستخلصة من نبات *C. olitorius* إلى نمط حيود يحتوي على قمم حادة وعالية الشدة ضمن النطاق 2θ بين 30° و 80° ، مما يدل على طبيعة بلورية واضحة للجسيمات، وهي خاصية أساسية تؤكد تكوين بنية بلورية منتظمة. القمم المحددة عند حوالي 31.7° ، 34.4° ، و 36.2° ، والمتوافقة مع المستويات البلورية (100) ، (002) ، و (101) لأكسيد الزنك سداسي الشكل (Wurtzite ZnO) حسب بطاقة JCPDS رقم 36-1451 ، تعزز من هذا التفسير وتدل على أن البنية البلورية الناتجة مطابقة تماما للبنية المرجعية (Abdullah et al., 2023) يرجع هذا النجاح في التخليق الحيوي إلى دور المستخلص النباتي كمادة مخنزلة ومثبتة طبيعية، حيث أظهرت عدة دراسات أن المركبات الفينولية والفلافونويدات في المستخلصات النباتية تساهم بشكل فعال في استقرار الجسيمات النانوية (Tiwari et al., 2024). بالإضافة إلى ذلك، فإن غياب أي قمم تشير إلى شوائب يعكس نقاء الطور البلوري للجسيمات، وهو ما يعتبر مؤشرا هاما على جودة التخليق. وقد دعمت دراسات سابقة هذه النتائج، إذ أظهرت أن جسيمات ZnO النانوية المحضرة بطرق التخليق الأخضر تمتلك بلورية عالية ونقاء جيدا، مما يجعلها مناسبة لتطبيقات متنوعة مثل المستحضرات الصيدلانية والمجالات البيئية (Baazaoui et al., 2021). إن جودة البنية البلورية العالية والنقاء الذي أظهرته نتائج XRD

يعززان إمكانيات هذه الجسيمات لاستخدامها بفعالية في التطبيقات الصناعية والطبية (Ramesh et al., 2015). وفقاً لما أظهرته قراءات XRD ، تتكوّن جسيمات أكسيد الزنك المحضّرة باستخدام مستخلص نباتي من بنية بلورية سداسية (Hexagonal Wurtzite) تطابق كامل لبطاقة JCPDS 36-1451 ، مع قمم واضحة عند زوايا 2θ في مستويات (100)، (002)، (101)، وغيرها. هذا التطابق يتماشى مع نتائج دراسة (Ramesh et al., 2015) ، التي أظهرت طيف XRD مطابق لبنية Wurtzite الجذرية في جسيمات ZnO المحضرة باستخدام مستخلص *Moringa oleifera* ، مما يؤكد صحة التحليل البلوري الخاص بهذه الدراسة (Ramesh et al., 2015). أظهرت الدراسة أن القمة عند المستوى (101) تمتلك أعلى كثافة في الطيف، ما يشير إلى توجه بلوري مفضل بـمحور c ، وهي سمة تتكرر في حالات تخليق ZnO الأخضر، مثل التحضير المستند إلى *Aloe vera* أظهر تحليل (Wu et al., 2024) باستخدام الطيف البلوري أن التوجه البلوري (101) في ZnO الناتج عن *Aloe vera* يرافقه نسبة انحراف ضئيلة من النقاء البلوري، ما يعزز تفسيري على نحو تجميعي موثوق (Wu et al., 2024). تمت باستخدام معادلة شيرر تقديرات لحجم البلورات (≈ 15 nm) ضمن النطاق النانوي، وهو ما يظهر توافقاً مع النتائج في بحث (Wu et al., 2024) ، حيث تم الحصول على أحجام بلورية تتراوح بين 20-30 nm ، مما يدعم تحليل الحجم الناتج من طيف XRD (Wu et al., 2024) عدم ظهور قمم غير متوقعة في الطيف يعد مؤشراً على نقاء عالي وانعدام أطوار ثانوية، وهذا الأمر اتضح في دراسة (Rashid et al., 2024) التي استخدمت *Aloe vera* لتخليق جسيمات ZnO دون شوائب بلورية، مما يدعم مصداقية جودة العينة في هذه الدراسة (Rashid et al., 2024).

بينت نتائج ان لمستخلص نبات *C.olitorius* نشاطا مضادا للأكسدة قويا بلغت قيمته ب $55.41 \pm$ 3.44% باستخدام اختبار $DppH\cdot$ ، كما أظهرت دراسة أن مستخلصات أوراق *C.olitorius* نشاطا مضادا للأكسدة ملحوظا، ينسب إلى محتواها الغني بالمركبات الفينولية والفلافونويدات. في دراسة استخدمت تقنية الاستخلاص بالموجات فوق الصوتية، تم تحديد محتوى الفينولات الكلي بـ 343.10 ± 3.05 ملغ مكافئ حمض الغاليك لكل 10 غ من المادة الجافة، مع قيمة IC_{50} بلغت 1.08 ± 68.89 ميكروغرام/مل باستخدام اختبار $DPPH\cdot$ ، مما يشير إلى فعالية عالية في تحييد الجذور الحرة (Alara et al., 2023). علاوة على ذلك، أظهرت دراسة أخرى أن المعالجة الحرارية لأوراق *C.olitorius*، مثل التبخير، يمكن أن تزيد من محتواها من المركبات الفينولية والفلافونويدات، مما يعزز من نشاطها المضاد للأكسدة. على سبيل المثال، أظهرت العينات المطهية على البخار أعلى محتوى من الفينولات (18.89 ملغ مكافئ حمض الغاليك/غرام) والفلافونويدات (78.42 ملغ مكافئ كيرسيتين/غرام)، مع نشاط مضاد للأكسدة بلغ 122.23 ميكرومول مكافئ/Trolox غرام باستخدام اختبار $DPPH\cdot$ (Ncube et al., 2022). تعود هذه الفعالية إلى وجود مركبات فينولية وفلافونويدات متعددة، مثل الكيرسيتين والكاتيشين، التي تساهم في تثبيط الجذور الحرة.

كما أن وجود مجموعات الهيدروكسيل في هذه المركبات يمكن أن يفسر قدرتها العالية على التبرع بالإلكترونات وتحييد الجذور الحرة، مما يعزز من خصائصها المضادة للأكسدة (Abdel-Razek et al., 2022).

تظهر نتائج دراسة حديثة أن مستخلص نبات *C. olitorius* يمتلك نشاطا انحلاليا ملحوظا تجاه كريات الدم الحمراء، حيث أظهرت العلاقة الخطية القوية ($R^2 = 0.9481$) أن 94.81% من التباين في نسبة الانحلال يمكن تفسيره بتركيز المستخلص، ما يدل على وجود علاقة جرعة-استجابة واضحة. بينت دراسة هذا التأثير يمكن تفسيره بوجود مركبات نشطة بيولوجيا مثل الصابونينات، المعروفة بقدرتها على التأثير في سلامة الغشاء الخلوي والتسبب في الانحلال عبر التفاعل مع الكوليسترول في غشاء كريات الدم الحمراء (Ukpa et al., 2024) كما وضحت المركبات الفينولية ومضادات الأكسدة الموجودة في المستخلص، مثل الفلافونويدات، قد تساهم أيضا في زيادة النفاذية الغشائية، مما يعزز من الانحلال (Atli et al., 2024) وقد أكدت دراسة حديثة أن مستخلص أوراق *C. olitorius* يحتوي على مزيج غني من المركبات النباتية الفعالة، بما فيها الصابونينات والفينولات، والتي أظهرت تأثيرات بيولوجية متعددة، من بينها النشاط الانحلالي (Pholoma et al., 2024) وتشير دراسة أخرى إلى أن لهذا المستخلص آثار سامة محتملة على الخلايا بتركيزات عالية، مما يستدعي تقييم السلامة قبل الاستخدام الدوائي (Ugwu et al., 2024). تبرز هذه النتائج أهمية مستخلص *C. olitorius* كمصدر طبيعي لمركبات قد تمتلك تطبيقات دوائية محتملة

أظهرت نتائج اختبار عامل الحماية من الشمس (SPF) أن مستخلص نبات *C. olitorius* يمتلك قدرة واعدة على امتصاص الأشعة فوق البنفسجية، إذ سجل قيمة SPF بلغت 12.70، وهي قيمة مشجعة عند مقارنتها بالكريم التجاري "Avene" الذي بلغ 20.06. كما أظهرت الجسيمات النانوية لأكسيد الزنك المحضرة باستخدام هذا المستخلص النباتي (*ZnO NPs C. olitorius*) قدرة مشابهة بقيمة 11.99، مما يشير إلى فعالية هذا المستخلص كمكون طبيعي في مستحضرات الوقاية من الشمس. وقد دعم ذلك ما أظهرته هذه الدراسة التي بينت أن أوراق *C. olitorius* تحتوي على مركبات فينولية ومواد مضادة للأكسدة تساهم في حماية الجلد من الأضرار الناتجة عن الأشعة فوق البنفسجية (Kumari et al., 2019) وفي السياق ذاته تبين أن مستخلص هذا النبات يعزز ترطيب البشرة ويحسن وظيفة الحاجز الجلدي، مما يزيد من قيمته المضافة في المنتجات الموضعية (Yokoyama et al., 2014)، كذلك بينت نتائج دراسة حديثة أن التخليق الأخضر للجسيمات النانوية *ZnO* باستخدام مستخلص *C. olitorius* ينتج عنه جسيمات فعالة في الامتصاص الطيفي للأشعة فوق البنفسجية، مما يجعل من هذا النهج خيارا بديلا وآمنا للمركبات الكيميائية التقليدية في مستحضرات الوقاية من الشمس (Kpega et al., 2023).

تبين أن لمستخلص *C. olitorius* فعالية مضادة للالتهاب تعتمد على التركيز، حيث بلغت أعلى نسبة تثبيط للزلال في اختبار تثبيط البروتين (Protein Denaturation Inhibition Assay) نحو 54 عند تركيز 20 ملغ/مل، وإنخفضت تدريجياً مع تقليل التركيز حتى وصلت إلى حوالي 5 عند 1.25 ملغ/مل، دون تسجيل فعالية تذكر عند 0.625 ملغ/مل مما يدل على أن التأثير المضاد للالتهاب يرتبط بشكل مباشر بالجرعة بينما أظهرت الدراسات الحديثة أن مستخلص أوراق *C. olitorius* يتمتع بفعالية ملحوظة كمضاد للالتهاب، حيث أظهرت تجارب على نماذج حيوانية أنه قادر على خفض مؤشرات الالتهاب وتقليل الإجهاد التأكسدي بشكل واضح. فعند استخدام المستخلص بتركيزات مرتفعة، لوحظ انخفاض كبير في التورم الناجم عن الالتهاب، مع قدرة واضحة على تثبيط إنزيمات مثل COX و LOX. هذه النتائج تدل على وجود علاقة طردية بين الجرعة والفعالية المضادة للالتهاب، مما يبرز إمكانات الملوخية كمصدر طبيعي للعلاج ضد الالتهابات (Abdel-Razek et al., 2022). في المقابل، تشير نتائج دراسة أجريت عام 2023 إلى أن المستخلص الخام لأوراق *C. olitorius* كان أكثر فعالية من الجسيمات النانوية المحضرة منها، والتي أظهرت انخفاضاً واضحاً في التأثير البيولوجي. ويعتقد أن التحضير النانوي قد يؤدي إلى تغيير في البنية الكيميائية أو فقدان بعض المركبات النشطة مما يضعف من خصائصه المضادة للالتهاب (Mokgalaboni & Phoswa, 2023) من جهة أخرى، وجد أن مستخلص *C. olitorius* لا يضاهي فعالية الأدوية القياسية مثل الأسبيرين، الذي تجاوزت فعاليته 80% في اختبارات تثبيط الزلال. ورغم ذلك، فإن مستخلص *C. olitorius* أظهر تأثيراً ملحوظاً عند التراكيز العالية، مما يدعم استخدامه كمكمل نباتي له خصائص علاجية واعدة (Ukpai et al., 2024). وترجع هذه الفعالية إلى وجود مركبات نشطة مثل الفلافونويدات، التربينويدات، والبوليفينولات التي تعمل كمضادات أكسدة قوية وتثبط المسارات الالتهابية مثل NF-κB، ما يساهم في تقليل السيتوكينات الالتهابية TNF-α و IL-6 و IL-1β. وقد عززت هذه النتائج الفرضية القائلة بأن النباتات الطبية يمكن أن تكون بدائل فعالة للأدوية الاصطناعية، خاصة في الحالات المزمنة. (Ahmed et al., 2023)

بينت نتائج أن النشاط المضاد للبكتيريا لكل من مستخلص *C. olitorius* وجسيمات أكسيد الزنك النانوية (ZnO-NPs) سجلت أعلى فعالية ضد *Bacillus subtilis*، حيث بلغ قطر التثبيط (0.8 ± 1.9) ملم للمستخلص و (1.76 ± 2.14) ملم لـ ZnO-NPs مما يعكس توافقاً واضحاً مع هذه الدراسة التي أكدت قدرة الجسيمات النانوية المصنعة من مستخلص *C. olitorius* على إنتاج جسيمات كروية صغيرة بفعالية مضادة للبكتيريا موجبة الجرام من خلال توليد أنواع الأوكسجين التفاعلية ROS التي تدمر الجدار الخلوي للبكتيريا (Kpega et al., 2023) كما أفادت هذه الدراسة أن النشاط المضاد الملحوظ للمستخلص ضد *Streptococcus mutans* يوضح غنى أوراق *C. olitorius* بالمركبات النباتية مثل الفينولات والفلافونويدات، ما يعزز دورها كمضاد طبيعي فعال، رغم أن هذا التأثير كان محدوداً ضد البكتيريا سالبة

الجرام مثل *Pseudomonas aeruginosa* و *Klebsiella pneumoniae*، وهي نفس النتيجة التي لوحظت في الدراسة الحالية حيث لم تتجاوز أقطار التثبيط 1 ملم، مما يشير إلى مقاومة نسبية من هذه السلالات (Namwase et al., 2021) أما بالنسبة للفعالية الضعيفة التي أبدتها بعض السلالات الأخرى، فإنها تتناسب مع هذه الدراسة التي أوضحت أن مستخلص *C. olitorius* يمتلك فعالية محدودة نسبياً ضد البكتيريا سالبة الجرام، وهو ما قد يعزى إلى تركيب الجدار الخلوي الأكثر تعقيداً لهذه الأنواع. كما أن المذيب المستخدم (DMSO) لم يظهر فعالية ملحوظة، مما يدعم أن النشاط المضاد يعود فعلياً للمستخلصات والجسيمات وليس للمذيب (Khan et al., 2022)

تبين أن مستخلص نبات *C. olitorius* له فعالية واضحة في تثبيط إنزيم التيروسيناز بطريقة تعتمد على التركيز، حيث سجل أعلى نسبة تثبيط بلغت حوالي 67% عند تركيز 800 ملغ/مل، متفوقاً بذلك على فيتامين C الذي بلغ حوالي 54% عند نفس التركيز. وتناقضت فعالية التثبيط تدريجياً مع انخفاض التركيز، مما يعكس وجود علاقة طردية بين تركيز المستخلص والنشاط المثبط للإنزيم. يعود هذا التأثير إلى احتواء المستخلص على مركبات فينولية وفلافونويدية ذات خصائص مثبتة في تثبيط التيروسيناز، علماً أن هذه الدراسة لأول مرة تدرس بالنسبة لنبات *C. olitorius* لتثبيط إنزيم التيروسيناز حيث أن هذه المركبات ترتبط بالموقع النشط للإنزيم أو تمنع أكسدة الركائز بشكل فعال (El-Nashar et al., 2021) وقد أظهرت دراسة حديثة أن مستخلصات نباتية غنية بالفلافونويدات تظهر قدرة قوية على تثبيط إنزيم التيروسيناز مقارنة ببعض المثبطات الصناعية (Jakimiuk et al., 2022) كما بينت مراجعة منهجية أن الفلافونويدات تعد من بين أكثر المركبات الطبيعية أماناً وفعالية في مستحضرات تفتيح البشرة، لدورها في تثبيط الإنزيم وتنظيم إنتاج الميلانين (Obaid et al., 2021) وعليه، فإن مستخلص نبات *C. olitorius* يمكن أن يعتبر خياراً طبيعياً واعداداً في مجال مستحضرات التجميل والعلاج ضد فرط التصبغ الجلدي

خلاصة

خلاصة

كانت النباتات محل اهتمام الإنسان منذ القدم، حيث تؤكد منظمة الصحة العالمية أن حوالي 80 % من سكان العالم، خاصة في البلدان النامية، يعتمدون على النباتات من أجل الرعاية الصحية، وذلك لاحتوائها على مركبات فعالة طبيعية تختلف فيما بينها في البنية والتأثيرات البيولوجية وكذلك آليات التأثير. وفي السنوات الأخيرة ازداد البحث لتثمين النباتات المحلية، سواء كانت مزروعة أو تقليدية، واستغلالها في عدة مجالات حسب المواد التي تحتويها. لذلك ارتئنا إلى إجراء هذه الدراسة البيولوجية التي تهدف إلى تثمين أحد النباتات المزروعة والمستخدمة تقليدياً في بيئتنا المحلية (منطقة وادي سوف الواقعة في الجنوب الشرقي الجزائري)، ألا وهو نبات *Corchorus olitorius* وقد شملت هذه الدراسة أيضاً تحضير جسيمات أكسيد الزنك النانوية (ZnO-NPs) باستعمال المستخلص النباتي للملوخية وفق نهج التخليق الأخضر الصديق للبيئة، مع إجراء التحاليل الطيفية والبنوية اللازمة لتوصيف هذه الجسيمات، حيث استخدمت تقنية التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء (FTIR) لتحديد المجموعات الوظيفية المتدخلة في عملية التخليق، وتقنية حيود الأشعة السينية (XRD) لتحديد البنية البلورية للجسيمات النانوية، مما مكن من تأكيد نجاح عملية التخليق وإبراز خصائص الجسيمات المنتجة.

في هذا العمل، تم إجراء عملية استخلاص كحولي لنبات *Corchorus olitorius* باستعمال الميثانول بطريقة النقع البارد، كما تم استخدام هذا المستخلص النباتي لتحضير جسيمات أكسيد الزنك النانوية (ZnO-NPs) عبر التخليق الأخضر. وقد أتاح هذا النهج الحصول على مردود جيد من المركبات النشطة بيولوجياً، مما سمح بإجراء مختلف التحاليل الكيميائية والبيولوجية. تم الكشف عن وجود مركبات الأيض الثانوي، مع التقدير الكمي لكل من الفينولات والفلافونويدات والتانينات، حيث بلغت نسبة الفينولات الكلية في المستخلص الميثانولي حوالي 61.14 ± 0.53 مغ مكافئ حمض غاليك/غ من المادة الجافة، بينما قدرت الفلافونويدات بـ 88.67 ± 0.71 مغ مكافئ كيرسيتين، والتانينات بـ 47.54 ± 0.86 مغ مكافئ كاتيشين.

أما بخصوص توصيف الجسيمات النانوية المحضرة، فقد أظهرت نتائج التحليل بالأشعة تحت الحمراء (FTIR) وجود روابط Zn-O مميزة، في حين أكدت نتائج حيود الأشعة السينية (XRD) الطبيعة البلورية للجسيمات، وهو ما يعد مؤشراً واضحاً على نجاح التخليق الحيوي.

كما تم تقييم الفعالية البيولوجية لكل من المستخلص النباتي والجسيمات النانوية المستخلصة منه. حيث أظهر المستخلص نشاطاً مضاداً للأكسدة بلغت نسبته 55.41 ± 3.44 % وفق اختبار DPPH، بالإضافة إلى قدرة مثبتة للالتهاب تمثلت في نسبة تثبيط لألبومين البيض وصلت إلى 71.32 ± 1.38 %. أما فيما يخص اختبار انحلال كريات الدم الحمراء، فقد بينت النتائج أن المستخلص لا يحدث انحلالاً يذكر لكريات

الدم الحمراء ضمن التراكيز المختبرة، مما يدل على سلامته النسبية. وقد لوحظ أيضا نشاط وقائي ضد الأشعة فوق البنفسجية، حيث سجلت قيمة SPF بلغت 12.70، إلى جانب فعالية مثبطة لإنزيم التيروسيناز بنسبة 64.11%، وهي نتيجة تسجل لأول مرة حسب المعطيات المتوفرة عن نبات الملوخية.

وفيما يتعلق بالنشاط المضاد للبكتيريا، فقد اختبر كل من المستخلص والجسيمات النانوية ضد أربع سلالات بكتيرية، حيث لوحظت فعالية معتبرة خاصة ضد سلالة *Bacillus subtilis*، إذ بلغ قطر التثبيط في حالة المستخلص 0.8 ± 1.9 ملم، و 1.76 ± 2.14 ملم في حالة الجسيمات النانوية، بينما أظهرت السلالات الأخرى مقاومة نسبية، لا سيما *Pseudomonas aeruginosa* و *Klebsiella pneumoniae*. بناءً على ما سبق، يمكن الاستنتاج أن مستخلص *Corchorus olitorius* والجسيمات النانوية المحضرة منه يمتلكان خصائص بيولوجية متعددة الوظائف، تؤهلها ليكونا مكونين طبيعيين واعددين في التطبيقات التجميلية والوقائية. ومن هذا المنطلق، يوصى بتوسيع نطاق الدراسات نحو تجارب أكثر تخصصاً تشمل التقييم الحيوي والسريري، قصد اعتماد هذا النوع من المركبات ضمن الاستخدامات التجميلية أو الصيدلانية الآمنة مستقبلاً.

المراجع

المراجع:

المراجع العربية:

1. عبد الباسط، محمد. (2018). النباتات الطبية في الوطن العربي. الطبعة الأولى. القاهرة: دار المعارف.

المراجع الاجنبية:

1. Abdallah, H. M., Jaleel, G. A. A., Mohammed, H. S., Mahmoud, S. S., Yassin, N. A., el Din, A. G., Shaffie, N. M., & Bassyouni, F. A. (2020). Phytochemical screening, gas chromatography-mass spectrometry analysis, and antidiabetic effects of *Corchorus olitorius* leaves in rats. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences*, 8(A), 385-394.
2. Abdel-Razek, M. A., Abdelwahab, M. F., Abdelmohsen, U. R., & Hamed, A. N. (2022). Pharmacological and phytochemical biodiversity of *Corchorus olitorius*. *RSC advances*, 12(54), 35103-35114.
3. Abdelbaky, A. S., Mohamed, A. M., Sharaky, M., Mohamed, N. A., & Diab, Y. M. (2023). Green approach for the synthesis of ZnO nanoparticles using *Cymbopogon citratus* aqueous leaf extract: characterization and evaluation of their biological activities. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 10(1), 63.
4. Abdullah, J. A. A., Rosado, M. J., Guerrero, A., & Romero, A. (2023). Eco-friendly synthesis of ZnO-nanoparticles using *Phoenix dactylifera* L., polyphenols: physicochemical, microstructural, and functional assessment. *New Journal of Chemistry*, 47(9), 4409-4417.
5. Adebooye, O., & Opabode, J. (2004). Status of conservation of the indigenous leaf vegetables and fruits of Africa. *African Journal of Biotechnology*, 3(12), 700-705.
6. Adefegha, S. A. (2018). Functional foods and nutraceuticals as dietary intervention in chronic diseases; novel perspectives for health promotion and disease prevention. *Journal of dietary supplements*, 15(6), 977-1009.

7. Afokpe, P. M., Ologou, S., Kouiho, S. R., de Hoop, S. J., N'Danikou, S., Achigan-Dako, E. G., & Schranz, M. E. (2024). Unveiling genetic diversity in jute mallow (*Corchorus* spp.): morphological clustering reveals distinctive traits among accessions from Africa and Asia. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 1-23.
8. Afrin, S., Huang, J.-J., & Luo, Z.-Y. (2015). JA-mediated transcriptional regulation of secondary metabolism in medicinal plants. *Science Bulletin*, 60(12), 1062-1072.
9. Ahmed, A. M., Ibrahim, A. M., Yahia, R., Shady, N. H., Mahmoud, B. K., Abdelmohsen, U. R., & Fouad, M. A. (2023). Evaluation of the anti-infective potential of the seed endophytic fungi of *Corchorus olitorius* through metabolomics and molecular docking approach. *BMC microbiology*, 23(1), 355.
10. Ahmed, F. (2021). Nutraceutical potential of molokhia (*Corchorus olitorius* L.): A versatile green leafy vegetable. *Pharmacognosy Research*, 13(1).
11. Ahmed, Z. S., & Abozed, S. S. (2015). Functional and antioxidant properties of novel snack crackers incorporated with *Hibiscus sabdariffa* by-product. *Journal of advanced research*, 6(1), 79-87.
12. Ainsworth, E. A., & Gillespie, K. M. (2007). Estimation of total phenolic content and other oxidation substrates in plant tissues using Folin–Ciocalteu reagent. *Nature protocols*, 2(4), 875-877.
13. Al-Yousef, H. M., Alam, P., Khanam, Z., Amina, M., & Hassan, W. H. (2021). *Corchorus olitorius* aqueous extract attenuates quorum sensing-regulated virulence factor production and biofilm formation. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 11(2), 66-73.
14. Al Batran, R., Al-Bayat, F., Ameen Abdulla, M., Jamil Al-Obaidi, M. M., Hajrezaei, M., Hassandarvish, P., Fouad, M., Golbabapour, S., & Talaei, S. (2013). Retracted: Gastroprotective effects of *Corchorus olitorius* leaf

- extract against ethanol-induced gastric mucosal hemorrhagic lesions in rats. *Journal of Gastroenterology and Hepatology*, 28(8), 1321-1329.
15. ALABI, B. A. (2019). *PROTECTIVE EFFECTS OF CORCHORUS OLITORIUS LEAF EXTRACT AND FRACTIONS AGAINST ISOPROTERENOL-INDUCED ACUTE MYOCARDIAL INFARCTION IN WISTAR RATS*
 16. Alara, O. R., Abdurahman, N. H., & Ali, H. A. (2023). Optimization of microwave-enhanced extraction parameters to recover phenolic compounds and antioxidants from *Corchorus olitorius* leaves. *Chemical Papers*, 77(8), 4217-4233.
 17. Alshabi, A. M., Alkahtani, S. A., Shaikh, I. A., Orabi, M. A., Abdel-Wahab, B. A., Walbi, I. A., Habeeb, M. S., Khateeb, M. M., Hoskeri, J. H., & Shettar, A. K. (2022). Phytochemicals from *Corchorus olitorius* methanolic extract induce apoptotic cell death via activation of caspase-3, anti-Bcl-2 activity, and DNA degradation in breast and lung cancer cell lines. *Journal of King Saud University-Science*, 34(7), 102238.
 18. Apg, I. (2003). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. *Bot J Linn Soc*, 141, 399-436.
 19. Atlı, B., Öztinen, N., Ak-sakallı, E., Topalkara, R. B., & Koşar, M. (2024). Microscopic Evaluation and Qualitative Phytochemical Screening of *Corchorus olitorius* L.(Molokhia) Leaves. *EMU Journal of Pharmaceutical Sciences*, 7(3), 90-97.
 20. Azwanida, N. (2015). A review on the extraction methods use in medicinal plants, principle, strength and limitation. *Med aromat plants*, 4(196), 2167-0412.
 21. Baazaoui, N., Sghaier-Hammami, B., Hammami, S. B., Khefacha, R., Chaari, S., Elleuch, L., Messaoud, M., & Abdelly, C. (2021). A handbook guide to

- better use of nanoparticles in plants. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 52(4), 287-321.
22. Bala, N., Saha, S., Chakraborty, M., Maiti, M., Das, S., Basu, R., & Nandy, P. (2015). Green synthesis of zinc oxide nanoparticles using Hibiscus subdariffa leaf extract: effect of temperature on synthesis, anti-bacterial activity and anti-diabetic activity. *RSC advances*, 5(7), 4993-5003.
 23. Benor, S., Demissew, S., Hammer, K., & Blattner, F. R. (2012). Genetic diversity and relationships in *Corchorus olitorius* (Malvaceae s.l.) inferred from molecular and morphological data. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 59, 1125-1146.
 24. Benor, S., Fuchs, J., & Blattner, F. R. (2011). Genome size variation in *Corchorus olitorius* (Malvaceae s.l.) and its correlation with elevation and phenotypic traits. *Genome*, 54(7), 575-585.
 25. Biswas, A., Dey, S., Huang, S., Deng, Y., Birhanie, Z. M., Zhang, J., Akhter, D., Liu, L., & Li, D. (2022). A comprehensive review of *C. capsularis* and *C. olitorius*: a source of nutrition, essential phytoconstituents and pharmacological activities. *Antioxidants*, 11(7), 1358.
 26. Boizot, N., & Charpentier, J.-P. (2006). Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier. *Le Cahier des Techniques de l'INRA, In: Numéro spécial*, 79-82.
 27. Borokini, T. I., & Omotayo, F. O. (2012). Phytochemical and ethnobotanical study of some selected medicinal plants from Nigeria. *Journal of medicinal plants research*, 6(7), 1106-1118.
 28. Boughrara, N., Benzarti, Z., Khalfallah, A., Oliveira, J., Evaristo, M., & Cavaleiro, A. (2022). Thickness-dependent physical and nanomechanical properties of Al_xGa_{1-x}N thin films. *Materials Science in Semiconductor Processing*, 151, 107023.
 29. Boye, A., Barku, V., Amoateng, P., & Mbroh, L. (2014). Anti-nociceptive and antioxidant activities of an aqueous leaf extract of *Corchorus olitorius*

- L.(Tiliaceae). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 8(6), 2395-2406.
30. Bunaciu, A. A., UdrișTioiu, E. G., & Aboul-Enein, H. Y. (2015). X-ray diffraction: instrumentation and applications. *Critical reviews in analytical chemistry*, 45(4), 289-299.
31. Cacace, S., Schröder, G., Wehinger, E., Strack, D., Schmidt, J., & Schröder, J. (2003). A flavonol O-methyltransferase from *Catharanthus roseus* performing two sequential methylations. *Phytochemistry*, 62(2), 127-137.
32. Chaiya, P., Senarat, S., Phaechamud, T., & Narakornwit, W. (2022). In vitro anti-inflammatory activity using thermally inhibiting protein denaturation of egg albumin and antimicrobial activities of some organic solvents. *Materials Today: Proceedings*, 65, 2290-2295.
33. Chandra, S., Chatterjee, P., Dey, P., & Bhattacharya, S. (2012). Evaluation of in vitro anti-inflammatory activity of coffee against the denaturation of protein. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 2(1), S178-S180.
34. Cheynier, V., Comte, G., Davies, K. M., Lattanzio, V., & Martens, S. (2013). Plant phenolics: recent advances on their biosynthesis, genetics, and ecophysiology. *Plant physiology and biochemistry*, 72, 1-20.
35. Dahiru, M. M., Umar, A. S., Muhammad, M., Waziri, A. u. A., Fari, I. I., & Musa, Z. Y. (2024). Phytoconstituents, Fourier-Transform Infrared Characterization, and Antioxidant Potential of Ethyl Acetate Extract of *Corchorus olitorius* (Malvaceae). *Sciences of Phytochemistry*, 3(1), 1-10.
36. Dai, J., & Mumper, R. J. (2010). Plant phenolics: extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. *Molecules*, 15(10), 7313-7352.
37. Das, A., Rajkumar, V., & Dwivedi, D. (2011). Antioxidant effect of curry leaf (*Murraya koenigii*) powder on quality of ground and cooked goat meat. *International Food Research Journal*, 18(2).
38. Das, S., Bhati, V., Dewangan, B. P., Gangal, A., Mishra, G. P., Dikshit, H. K., & Pawar, P. A. M. (2024). Combining Fourier-transform infrared

- spectroscopy and multivariate analysis for chemotyping of cell wall composition in Mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wiczek). *Plant Methods*, 20(1), 135.
39. Dhanani, T., Shah, S., Gajbhiye, N., & Kumar, S. (2017). Effect of extraction methods on yield, phytochemical constituents and antioxidant activity of *Withania somnifera*. *Arabian journal of chemistry*, 10, S1193-S1199.
40. Dharmadeva, S., Galgamuwa, L. S., Prasadanie, C., & Kumarasinghe, N. (2018). In vitro anti-inflammatory activity of *Ficus racemosa* L. bark using albumin denaturation method. *AYU (An international quarterly journal of research in Ayurveda)*, 39(4), 239-242.
41. Djurišić, A. B., Chen, X., Leung, Y. H., & Ng, A. M. C. (2012). ZnO nanostructures: growth, properties and applications. *Journal of Materials Chemistry*, 22(14), 6526-6535.
42. Dutra, E. A., Oliveira, D. A. G. d. C., Kedor-Hackmann, E. R. M., & Santoro, M. I. R. M. (2004). Determination of sun protection factor (SPF) of sunscreens by ultraviolet spectrophotometry. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*, 40, 381-385.
43. Ebrahimzadeh, M. A., Nabavi, S. F., Nabavi, S. M., & Eslami, B. (2010). Antihemolytic and antioxidant activities of *Allium paradoxum*. *Central European Journal of Biology*, 5, 338-345.
44. Edeoga, H. O., Okwu, D., & Mbaebie, B. (2005). Phytochemical constituents of some Nigerian medicinal plants. *African Journal of Biotechnology*, 4(7), 685-688.
45. Eguá, M. O., Etuk, E. U., Bello, S. O., & Hassan, S. W. (2013). Anti-diabetic activity of ethanolic seed extract of *Corchorus olitorius*. *International Journal of Sciences: Basic and Applied Research*, 12(1), 8-21.
46. El-Nashar, H. A., El-Din, M. I. G., Hritcu, L., & Eldahshan, O. A. (2021). Insights on the inhibitory power of flavonoids on tyrosinase activity: A survey from 2016 to 2021. *Molecules*, 26(24), 7546.

47. Elias, G., & Rao, M. (1988). Inhibition of albumin denaturation and antiinflammatory activity of dehydrozingerone and its analogs. *Indian Journal of Experimental Biology*, 26(7), 540-542.
48. Evans, W. C. (2009). *Trease and Evans' pharmacognosy*. Elsevier Health Sciences.
49. Farrelly, A. (2023). *Quantifying the antioxidant potential of various plants* [Dublin City University].
50. Goldstein, J. I., Newbury, D. E., Michael, J. R., Ritchie, N. W., Scott, J. H. J., & Joy, D. C. (2017). *Scanning electron microscopy and X-ray microanalysis*. springer.
51. Gomaa, A. A., El-Sers, D. A., Al-Zokeim, N. I., & Gomaa, M. A. (2019). Amelioration of experimental metabolic syndrome induced in rats by orlistat and Corchorus olitorius leaf extract; role of adipo/cytokines. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 71(2), 281-291.
52. Güçlü-Üstündağ, Ö., & Mazza, G. (2007). Saponins: properties, applications and processing. *Critical reviews in food science and nutrition*, 47(3), 231-258.
53. Gyuzeleva, D., Batsalova, T., Dzhambazov, B., Teneva, I., Mladenova, T., Mladenov, R., Stoyanov, P., Todorov, K., Moten, D., & Apostolova, D. (2024). Assessment of the biological activity of Marrubium friwaldskyanum Boiss.(Lamiaceae). *Heliyon*, 10(11).
54. Handoussa, H., Hanafi, R., Eddiasty, I., El-Gendy, M., El Khatib, A., Linscheid, M., Mahran, L., & Ayoub, N. (2013). Anti-inflammatory and cytotoxic activities of dietary phenolics isolated from Corchorus olitorius and Vitis vinifera. *Journal of functional foods*, 5(3), 1204-1216.
55. Harborne, A. (1998). *Phytochemical methods a guide to modern techniques of plant analysis*. springer science & business media.

56. Hartmann, T. (2007). From waste products to ecochemicals: fifty years research of plant secondary metabolism. *Phytochemistry*, 68(22-24), 2831-2846.
57. Hasan, H. T., & Kadhim, E. J. (2018a). Phytochemical investigation of *Corchorus olitorius* L. leaves cultivated in Iraq and it's in vitro antiviral activity. *Iraqi Journal of Pharmaceutical Sciences (P-ISSN 1683-3597 E-ISSN 2521-3512)*, 115-122.
58. Hasan, H. T., & Kadhim, E. J. (2018b). Phytochemical investigation of leaves and seeds of *Corchorus olitorius* L. Cultivated in Iraq. *Asian J. Pharm. Clin. Res*, 11, 408-417.
59. Helaly, A., Mady, E., Omar, G., & Craker, L. (2021). Identification of four *Molokhia* (*Corchorus olitorius* L.) genotypes by molecular markers. *Journal of Plant Production*, 12(9), 999-1005.
60. Hussain, M. S., Fareed, S., Ansari, S., Rahman, M. A., Ahmad, I. Z., & Saeed, M. (2012). Current approaches toward production of secondary plant metabolites. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*, 4(1), 10-20.
61. Hussien, N. M., Labib, S., El-Massry, R., & Hefnawy, H. (2017). Phytochemical studies and antioxidant activity of leaves extracts of *Corchorus olitorius* L.(*Molokhia*). *Zagazig Journal of Agricultural Research*, 44(6), 2231-2239.
62. IDRIS, S., Yisa, J., & Ndamitso, M. (2009). Nutritional composition of *Corchorus olitorius* leaves.
63. Iqbal, E., Salim, K. A., & Lim, L. B. (2015). Phytochemical screening, total phenolics and antioxidant activities of bark and leaf extracts of *Goniothalamus velutinus* (Airy Shaw) from Brunei Darussalam. *Journal of King Saud University-Science*, 27(3), 224-232.
64. Islam, M. M. (2013). Biochemistry, medicinal and food values of jute (*Corchorus capsularis* L. and *C. olitorius* L.) leaf: a review. *Int J Enhanc Res Sci Technol Eng*, 2(11), 135-144.

65. Ismail, E. H., Saqer, A. M., Assirey, E., Naqvi, A., & Okasha, R. M. (2018). Successful green synthesis of gold nanoparticles using a *Corchorus olitorius* extract and their antiproliferative effect in cancer cells. *International Journal of Molecular Sciences*, *19*(9), 2612.
66. Jakimiuk, K., Sari, S., Milewski, R., Supuran, C. T., Şöhretoğlu, D., & Tomczyk, M. (2022). Flavonoids as tyrosinase inhibitors in in silico and in vitro models: Basic framework of SAR using a statistical modelling approach. *Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry*, *37*(1), 427-436.
67. Jeevanandam, J., Barhoum, A., Chan, Y. S., Dufresne, A., & Danquah, M. K. (2018). Review on nanoparticles and nanostructured materials: history, sources, toxicity and regulations. *Beilstein journal of nanotechnology*, *9*(1), 1050-1074.
68. Jiang, J., Pi, J., & Cai, J. (2018). The advancing of zinc oxide nanoparticles for biomedical applications. *Bioinorganic chemistry and applications*, *2018*(1), 1062562.
69. Kabera, J. N., Semana, E., Mussa, A. R., & He, X. (2014). Plant secondary metabolites: biosynthesis, classification, function and pharmacological properties. *J. Pharm. Pharmacol*, *2*(7), 377-392.
70. Kedare, S. B., & Singh, R. (2011). Genesis and development of DPPH method of antioxidant assay. *Journal of food science and technology*, *48*, 412-422.
71. Khan, I., Saeed, K., & Khan, I. (2019). Nanoparticles: Properties, applications and toxicities. *Arabian journal of chemistry*, *12*(7), 908-931.
72. Khan, M. I., Akhtar, J., & Ahmad, M. (2022). Pharmacognostic studies and antibacterial activity of *Corchorus olitorius* L. leaf. *Pharmacognosy Research*, *14*(4).
73. Khatami, M., Alijani, H. Q., Heli, H., & Sharifi, I. (2018). Rectangular shaped zinc oxide nanoparticles: Green synthesis by *Stevia* and its biomedical efficiency. *Ceramics International*, *44*(13), 15596-15602.

74. Kołodziejczak-Radzimska, A., & Jesionowski, T. (2014). Zinc oxide—from synthesis to application: a review. *Materials*, 7(4), 2833-2881.
75. Kpega, T. C., Habila, J. D., Okon, I. E., & Ekwumemgbo, P. A. (2023). Green synthesis and characterization of zinc oxide nanoparticles using *Corchorus olitorius* leaf extract. *Aceh International Journal of Science and Technology*, 12(3), 358-367.
76. Kumar, A., & Dixit, C. K. (2017). Methods for characterization of nanoparticles. In *Advances in nanomedicine for the delivery of therapeutic nucleic acids* (pp. 43-58). Elsevier.
77. Kumar, N., & Goel, N. (2019). Phenolic acids: Natural versatile molecules with promising therapeutic applications. *Biotechnology reports*, 24, e00370.
78. Kumar, S., & Pandey, A. K. (2013). Chemistry and biological activities of flavonoids: an overview. *The scientific world journal*, 2013(1), 162750.
79. Kumari, N., Choudhary, S. B., Sharma, H. K., Singh, B. K., & Kumar, A. A. (2019). Health-promoting properties of *Corchorus* leaves: A review. *Journal of Herbal Medicine*, 15, 100240.
80. Lee, K., Park, J. H., Jo, S. M., Park, Y., & Kang, T. J. (2023). *Corchorus olitorius* ethanolic extract has anti-inflammatory and wound healing effects in vitro. *Natural Product Sciences*, 29(4), 291-296.
81. Li ChiaJung, L. C., Huang ShangYu, H. S., Wu MengYu, W. M., Chen YuChing, C. Y., Tsang ShihFang, T. S., Chyuan JongHo, C. J., & Hsu HsueYin, H. H. (2012). Induction of apoptosis by ethanolic extract of *Corchorus olitorius* leaf in human hepatocellular carcinoma (HepG2) cells via a mitochondria-dependent pathway.
82. Liao, Y., Li, Z., Zhou, Q., Sheng, M., Qu, Q., Shi, Y., Yang, J., Lv, L., Dai, X., & Shi, X. (2021). Saponin surfactants used in drug delivery systems: A new application for natural medicine components. *International journal of pharmaceutics*, 603, 120709.

83. Lugasi, A. (2003). The role of antioxidant phytonutrients in the prevention of diseases. *Acta biologica szegediensis*, 47(1-4), 119-125.
84. Mesli, F., Ghalem, M., Daoud, I., & Ghalem, S. (2022). Potential inhibitors of angiotensin converting enzyme 2 receptor of COVID-19 by *Corchorus olitorius* Linn using docking, molecular dynamics, conceptual DFT investigation and pharmacophore mapping. *Journal of Biomolecular Structure and Dynamics*, 40(16), 7311-7323.
85. Mokgalaboni, K., & Phoswa, W. N. (2023). *Corchorus olitorius* extract exhibit anti-hyperglycemic and anti-inflammatory properties in rodent models of obesity and diabetes mellitus. *Frontiers in nutrition*, 10, 1099880.
86. Momtaz, S., Mapunya, B., Houghton, P., Edgerly, C., Hussein, A., Naidoo, S., & Lall, N. (2008). Tyrosinase inhibition by extracts and constituents of *Sideroxylon inerme* L. stem bark, used in South Africa for skin lightening. *Journal of ethnopharmacology*, 119(3), 507-512.
87. Mouas, T. N., Kabouche, Z., Benabid, N., & Bendal, M. (2021). Investigations on bioactive compounds and in vitro biological potent of *Corchorus olitorius*. L from Algerian cultivar. Proceedings,
88. Nagajyothi, P. C., Cha, S. J., Yang, I. J., Sreekanth, T., Kim, K. J., & Shin, H. M. (2015). Antioxidant and anti-inflammatory activities of zinc oxide nanoparticles synthesized using *Polygala tenuifolia* root extract. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 146, 10-17.
89. Namwase, H., Najjuka, F., & Bbosa, G. (2021). Anti-bacterial activity of *Corchorus olitorius* L. and *Acmella caulirhiza* Del. on *Streptococcus mutans*, a cariogenic bacterium. *African Health Sciences*, 21(4), 1685-1691.
90. Ncube, B., Dlamini, B., & Beswa, D. (2022). Effect of common cooking and drying methods on phytochemical and antioxidant properties of *Corchorus olitorius* identified using liquid chromatography-mass spectrometry (LC-MS). *Molecules*, 27(24), 9052.

91. Ndukwe, J., Okaka, A. N., Enemor, V. H. A., Ogbodo, U. C., & Ezeobi, P. U. Nutritional Compositions and In-vivo Antioxidant Effect of Corchorus olitorius Ethanol Leaf Extract in CCl₄-induced Oxidative Stress in Wistar Rats.
92. Newman, D. J., & Cragg, G. M. (2020). Natural products as sources of new drugs over the nearly four decades from 01/1981 to 09/2019. *Journal of natural products*, 83(3), 770-803.
93. Obaid, R. J., Mughal, E. U., Naeem, N., Sadiq, A., Alsantali, R. I., Jassas, R. S., Moussa, Z., & Ahmed, S. A. (2021). Natural and synthetic flavonoid derivatives as new potential tyrosinase inhibitors: A systematic review. *RSC advances*, 11(36), 22159-22198.
94. Oboh, G., Ademiluyi, A. O., Akinyemi, A. J., Henle, T., Saliu, J. A., & Schwarzenbolz, U. (2012). Inhibitory effect of polyphenol-rich extracts of jute leaf (*Corchorus olitorius*) on key enzyme linked to type 2 diabetes (α -amylase and α -glucosidase) and hypertension (angiotensin I converting) in vitro. *Journal of functional foods*, 4(2), 450-458.
95. Oh, S., & Kim, D.-Y. (2022). Characterization, antioxidant activities, and functional properties of mucilage extracted from corchorus olitorius L. *Polymers*, 14(12), 2488.
96. Orieko, D., Ohaeri, O. C., Ijeh, I. I., & Ijioma, S. N. (2020). Gastrointestinal and uterine smooth muscles relaxant and anti-inflammatory effects of *Corchorus olitorius* leaf extract in laboratory animal models. *Journal of ethnopharmacology*, 247, 112224.
97. Osawaru, M., Ogwu, M., Chime, A., & Amorighoye, A. (2012). Morphological evaluation and protein profiling of three accessions of Nigerian *Corchorus* Linn. species. *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences*, 5(1), 26-32.
98. Osbourn, A. E., & Lanzotti, V. (2009). *Plant-derived natural products* (Vol. 200). Springer.

99. Oyedele, D., Asonugho, C., & Awotoye, O. (2006). Heavy metals in soil and accumulation by edible vegetables after phosphate fertilizer application. *Electron. J. Environ. Agric. Food Chem*, 5(4), 1446-1453.
100. Oyeyemi, M. O., Modupe, S., & Ajani, O. (2021). Comparative Effects of Methanol and Aqueous Extracts of *Corchorus olitorius* plant on haematology and some reproductive indices of male wistar rats. *Nigerian Journal of Physiological Sciences*, 36(2), 227-236.
101. Ozdenefe, M. S., Muhammed, A., Suer, K., Guler, E., Aysun, H., & Takci, M. (2018). Determination of antimicrobial activity of *Corchorus olitorius* leaf extracts. *Cyprus J Med Sci*, 3(3), 159-163.
102. Panche, A. N., Diwan, A. D., & Chandra, S. R. (2016). Flavonoids: an overview. *Journal of nutritional science*, 5, e47.
103. Parmenter, B. H., Thompson, A. S., Bondonno, N. P., Jennings, A., Murray, K., Perez-Cornago, A., Hodgson, J. M., Tresserra-Rimbau, A., Kühn, T., & Cassidy, A. (2025). High diversity of dietary flavonoid intake is associated with a lower risk of all-cause mortality and major chronic diseases. *Nature Food*, 1-13.
104. Patil, D., & Jain, A. P. (2017). Extraction, qualitative and quantitative determination of secondary metabolites of *Corchorus olitorius*. *Chemical reagents*.
105. Patra, B., Schluttenhofer, C., Wu, Y., Pattanaik, S., & Yuan, L. (2013). Transcriptional regulation of secondary metabolite biosynthesis in plants. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Gene Regulatory Mechanisms*, 1829(11), 1236-1247.
106. Pavarini, D. P., Pavarini, S. P., Niehues, M., & Lopes, N. P. (2012). Exogenous influences on plant secondary metabolite levels. *Animal Feed Science and Technology*, 176(1-4), 5-16.
107. Pholoma, S. B., Haki, G., Malambane, G., Tshwenyane, S., & Adjetey, J. (2024). *Corchorus olitorius*: A Promising Medicinal Plant in Southern Africa

- and Effects of Growing Conditions on Its Bioactive Compounds—A Review. *Journal of Biosciences and Medicines*, 12(6), 255-274.
108. Pichersky, E., & Gang, D. R. (2000). Genetics and biochemistry of secondary metabolites in plants: an evolutionary perspective. *Trends in plant science*, 5(10), 439-445.
109. Pichersky, E., & Raguso, R. A. (2018). Why do plants produce so many terpenoid compounds? *New Phytologist*, 220(3), 692-702.
110. Raghunath, A., & Perumal, E. (2017). Metal oxide nanoparticles as antimicrobial agents: a promise for the future. *International journal of antimicrobial agents*, 49(2), 137-152.
111. Ramesh, M., Anbuvaran, M., & Viruthagiri, G. (2015). Green synthesis of ZnO nanoparticles using *Solanum nigrum* leaf extract and their antibacterial activity. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 136, 864-870.
112. Rao, M. D., & Gautam, P. (2016). Synthesis and characterization of ZnO nanoflowers using *Chlamydomonas reinhardtii*: A green approach. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 35(4), 1020-1026.
113. Rashid, M. H., Sujoy, S. I., Rahman, M. S., & Haque, M. J. (2024). Aloe vera assisted green synthesis of Ag and Cu co-doped ZnO nanoparticles and a comprehensive analysis of their structural, morphological, optical, electrical and antibacterial properties. *Heliyon*, 10(3).
114. Santos-Buelga, C., & Scalbert, A. (2000). Proanthocyanidins and tannin-like compounds—nature, occurrence, dietary intake and effects on nutrition and health. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80(7), 1094-1117.
115. Schippers, R. R. (2000). *African indigenous vegetables: an overview of the cultivated species*. Natural Resources Institute/ACP-EU Technical Centre for Agricultural and
116. Shady, N. H., Altemani, A. H., Altemani, F. H., Maher, S. A., Elrehany, M. A., Saber, E. A., Badawi, A. M., El-Mordy, F. M. A., Mohamed, N. M., &

- Abourehab, M. A. (2022). The potential of corchorus olitorius seeds buccal films for treatment of recurrent minor aphthous ulcerations in human volunteers. *Molecules*, 27(20), 7020.
117. Sharbatdaran, M., & Janbazi, M. (2024). Effect of temperature on the structure, catalyst and magnetic properties of un-doped zinc oxide nanoparticles: Experimental and DFT calculation. *RSC advances*, 14(42), 31153-31164.
118. Sienkiewicz-Porzucek, A., Sulpice, R., Osorio, S., Krahnert, I., Leisse, A., Urbanczyk-Wochniak, E., Hodges, M., Fernie, A. R., & Nunes-Nesi, A. (2010). Mild reductions in mitochondrial NAD-dependent isocitrate dehydrogenase activity result in altered nitrate assimilation and pigmentation but do not impact growth. *Molecular Plant*, 3(1), 156-173.
119. Singh, P., Kim, Y.-J., Zhang, D., & Yang, D.-C. (2016). Biological synthesis of nanoparticles from plants and microorganisms. *Trends in biotechnology*, 34(7), 588-599.
120. Singh, R. P., Shukla, V. K., Yadav, R. S., Sharma, P. K., Singh, P. K., & Pandey, A. C. (2011). Biological approach of zinc oxide nanoparticles formation and its characterization. *Adv. Mater. Lett*, 2(4), 313-317.
121. Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventós, R. M. (1999). [14] Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. In *Methods in enzymology* (Vol. 299, pp. 152-178). Elsevier.
122. Sirelkhatim, A., Mahmud, S., Seeni, A., Kaus, N. H. M., Ann, L. C., Bakhori, S. K. M., Hasan, H., & Mohamad, D. (2015). Review on zinc oxide nanoparticles: antibacterial activity and toxicity mechanism. *Nano-micro letters*, 7, 219-242.
123. Smeriglio, A., Barreca, D., Bellocco, E., & Trombetta, D. (2017). Proanthocyanidins and hydrolysable tannins: occurrence, dietary intake and

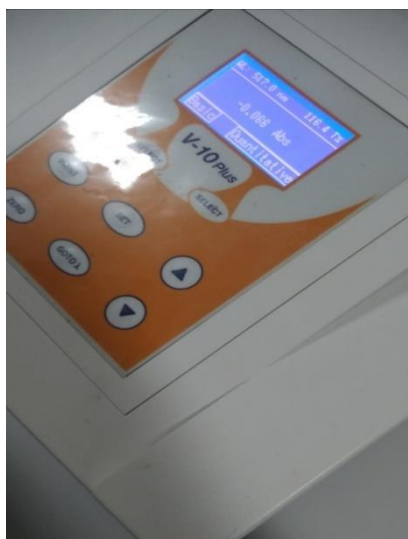
- pharmacological effects. *British journal of pharmacology*, 174(11), 1244-1262.
124. Soykut, G., Guvenir, M., Susever, S., Becer, E., Çalış, I., & Suer, K. (2017). Antibacterial and antifungal effects of *Corchorus olitorius* L. leaf extracts on ten standard strains. *Journal of Biotechnology*, 256, S100.
125. Stuart, B. H. (2004). *Infrared spectroscopy: fundamentals and applications*. John Wiley & Sons.
126. Sultana, B., Anwar, F., & Ashraf, M. (2009). Effect of extraction solvent/technique on the antioxidant activity of selected medicinal plant extracts. *Molecules*, 14(6), 2167-2180.
127. Sultana, S., Lawag, I. L., Lim, L. Y., Foster, K. J., & Locher, C. (2024). A Critical Exploration of the Total Flavonoid Content Assay for Honey. *Methods and protocols*, 7(6), 95.
128. Tholl, D. (2015). Biosynthesis and biological functions of terpenoids in plants. *Biotechnology of isoprenoids*, 63-106.
129. Tiwari, A. K., Jha, S., Tripathi, S. K., Shukla, R., Awasthi, R. R., Bhardwaj, A. K., Singh, A. K., & Dikshit, A. (2024). Spectroscopic investigations of green synthesized zinc oxide nanoparticles (ZnO NPs): antioxidant and antibacterial activity. *Discover Applied Sciences*, 6(8), 399.
130. Tosoc, J. P. S., Nuñez, O. M., Sudha, T., Darwish, N. H., & Mousa, S. A. (2021). Anticancer effects of the *Corchorus olitorius* aqueous extract and its bioactive compounds on human cancer cell lines. *Molecules*, 26(19), 6033.
131. Ugwu, N. I., Uche, C. L., Airaodion, A. I., Ogbenna, A. A., Chikezie, K., Okite, U. P., Jibiro, P., Agu, F. U., Oladele, F. C., & Abali, I. O. (2024). Impact of *Corchorus olitorius* Leaf Extract on Potassium Bromate-Induced Haematological Parameters Derangement in Rats. *Tropical Journal of Natural Product Research*, 8(7).
132. Ukpai, O. M., Ijioma, S. N., Kanu, K., Orieko, D., Chinedu-Ndukwe, P. A., Ugwuanyi, K. C., & Ugbogu, E. A. (2024). Phytochemical composition,

- toxicological profiling and effect on pup birth weight of *Corchorus olitorius* leaf extract in rats: Implications for fetal macrosomia control. *Journal of ethnopharmacology*, 319, 117170.
133. Ullah, A., Munir, S., Badshah, S. L., Khan, N., Ghani, L., Poulson, B. G., Emwas, A.-H., & Jaremko, M. (2020). Important flavonoids and their role as a therapeutic agent. *Molecules*, 25(22), 5243.
134. Valério, A., & Morelhao, S. L. (2019). Usage of Scherrer's formula in X-ray diffraction analysis of size distribution in systems of monocrystalline nanoparticles. *arXiv preprint arXiv:1911.00701*.
135. Wink, M. (2003). Evolution of secondary metabolites from an ecological and molecular phylogenetic perspective. *Phytochemistry*, 64(1), 3-19.
136. Wu, C., Zhang, T., Ji, B., Chou, Y., & Du, X. (2024). Green synthesis of zinc oxide nanoparticles using Aloe vera leaf extract and evaluation of the antimicrobial and antioxidant properties of the ZnO/regenerated cellulose film. *Cellulose*, 31(8), 4849-4864.
137. Xiong, G., Pal, U., Serrano, J., Ucer, K., & Williams, R. (2006). Photoluminescence and FTIR study of ZnO nanoparticles: the impurity and defect perspective. *physica status solidi c*, 3(10), 3577-3581.
138. Yadav, R., & Agarwala, M. (2011). Phytochemical analysis of some medicinal plants. *Journal of phytology*, 3(12).
139. Yakoub, A. R. B., Abdehedi, O., Jridi, M., Elfalleh, W., Nasri, M., & Ferchichi, A. (2018). Flavonoids, phenols, antioxidant, and antimicrobial activities in various extracts from Tossa jute leave (*Corchorus olitorus* L.). *Industrial Crops and Products*, 118, 206-213.
140. Yan YeongYu, Y. Y., Wang YueWen, W. Y., Chen SuLin, C. S., Zhuang ShuRu, Z. S., & Wang ChinKun, W. C. (2013). Anti-inflammatory effects of phenolic crude extracts from five fractions of *Corchorus olitorius* L.

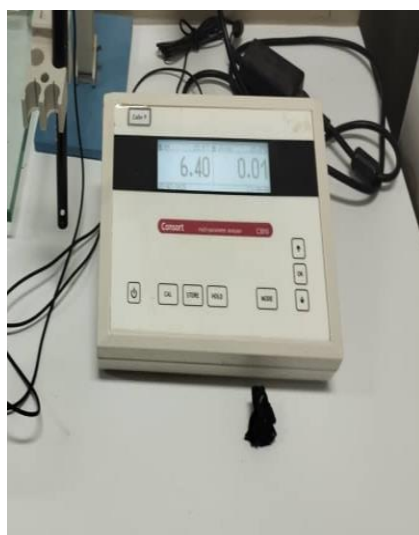
141. Yang, L., Wen, K.-S., Ruan, X., Zhao, Y.-X., Wei, F., & Wang, Q. (2018). Response of plant secondary metabolites to environmental factors. *Molecules*, 23(4), 762.
142. Yokoyama, S., Hiramoto, K., Fujikawa, T., Kondo, H., Konishi, N., Sudo, S., Iwashima, M., & Ooi, K. (2014). Skin hydrating effects of *Corchorus olitorius* extract in a mouse model of atopic dermatitis. *Journal of Cosmetics, Dermatological Sciences and Applications*, 4(1), 1-6.
143. Yücelşengün, İ., & Gargı, A. (2020). Comparative study of total phenolic contents, antioxidant and antimicrobial activities of different extracts of *Corchorus olitorius* L. growing in North Cyprus. *Biological Diversity and Conservation*, 13(3), 298-304.
144. Zakaria, Z., Safarul, M., Valsala, R., Sulaiman, M., Fatimah, C., Somchit, M., & Mat Jais, A. (2005). The influences of temperature and naloxone on the antinociceptive activity of *Corchorus olitorius* L. in mice. *Naunyn-Schmiedeberg's archives of pharmacology*, 372, 55-62.
145. Zeghichi, S., Kallithraka, S., & Simopoulos, A. P. (2003). Nutritional composition of molokhia (*Corchorus olitorius*) and stamnagathi (*Cichorium spinosum*). *World review of nutrition and dietetics*, 91, 1-21.
146. Zhou, Y., Zheng, J., Li, Y., Xu, D.-P., Li, S., Chen, Y.-M., & Li, H.-B. (2016). Natural polyphenols for prevention and treatment of cancer. *Nutrients*, 8(8), 515.
147. Ziegler, J., & Facchini, P. J. (2008). Alkaloid biosynthesis: metabolism and trafficking. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 59(1), 735-769.

الملاحق

الملحق رقم (01): بعض الصور للأجهزة المستعملة



UV-Visible Spectrophotometer



PH Meter



Precision Balance



Thermostat Water Bath



Centrifuge



Four in a wheel



Water Bath



Rotary evaporator



Incubator