التخليق الحيوي لأكسيد الزنك النانوي باستخدام مستخلص قشور الرمان ومقارنته بالطريقة الكيميائية

إعداد

المهندسة : مروه الشيخ خلف

مشرف أساسي مشرف مشارك

أ.د.م محمد هلال د. تماره شهرلي

التخليق الحيوي لأكسيد الزنك النانوي باستخدام مستخلص قشور الرمان ومقارنته بالطريقة الكيميائية

الملخص

يعد أكسيد الزنك النانوي (ZnO NPs) من المواد النانوية ذات الأهمية الكبيرة في التطبيقات الحيوية والصناعية لما يمتلكه من خصائص فيزيائية وكيميائية مميزة. هدفت هذه الدراسة إلى تحضير جسيمات أكسيد الزنك النانوي بطريقتين مختلفتين، هما التخليق الحيوي باستخدام المستخلص المائي لقشور الرمان، والطريقة الكيميائية باستخدام هيدروكسيد الصوديوم، مع إجراء مقارنة بين الطريقتين من حيث المردود وأبعاد الجسيمات النانوية. استُخدم في التخليق الحيوي المستخلص المائي لقشور الرمان كعامل

اختزال وتثبيت، وتمت دراسة تأثير تركيز نترات الزنك ودرجة حرارة التفاعل على شكل وحجم الجسيمات الناتجة. أما في التحضير الكيميائي، فتم استخدام هيدروكسيد الصوديوم كعامل مختزل مع نترات الزنك المائية. وُصّفت الجسيمات النانوية المحضرة باستخدام مطيافية الأشعة فوق البنفسجية–المرئية (UV–Vis)، والمجهر الإلكتروني الماسح (SEM)، ومطيافية الأشعة تحت الحمراء (FT–IR). أظهرت نتائج المجهر الإلكتروني الماسح (SEM) أن الجسيمات النانوية المحضرة حيوياً كانت كروية الشكل وبأبعاد أصغر مقارنة بالطريقة الكيميائية حيث تراوحت أبعادها بين (17–30) نانومتر، بينما تراوحت أبعاد الجسيمات النانوية المحضرة كيميائياً بين (24–48) نانومتر، كما بينت النتائج أن التركيز المتوسط لنترات الزنك وارتفاع درجة الحرارة ضمن مجال محدد يسهمان في تقليل أبعاد الجسيمات النانوية، إضافة إلى تحقيق مردود أعلى بالطريقة الحيوية.

الكلمات المفتاحية

جسيمات أكسيد الزنك النانوي، التخليق الحيوي، التحضير الكيميائي، قشور الرمان، SEM، تقنية النانو.

Biosynthesis of Zinc Oxide Nanoparticles Using Pomegranate Peel Extract and Comparison with the Chemical Method

Abstract

Zinc oxide nanoparticles (ZnO NPs) are nanomaterials of great importance in biological and industrial applications due to their distinctive physical and chemical properties. This study aimed to prepare zinc oxide nanoparticles using two different methods: biosynthesis, using an aqueous extract of pomegranate peels, and the chemical method, using sodium hydroxide, while comparing the two methods in terms of yield and nanoparticle dimensions. In the biosynthesis method, the aqueous extract of pomegranate peels was used as a reducing and stabilizing agent, and the effects of zinc nitrate concentration and reaction temperature on the shape and size of the resulting particles were studied. As for the chemical preparation method, sodium hydroxide was used as a reducing agent with aqueous zinc nitrate. The prepared nanoparticles were characterized using Ultraviolet-Visible spectroscopy (UV-Vis), Scanning Electron Microscopy (SEM), and Fourier-Transform Infrared spectroscopy (FT-IR).The results of Scanning Electron Microscopy (SEM) showed that the biosynthesized nanoparticles were spherical in shape and smaller in size compared to those from the chemical method, with dimensions ranging from (17-30) nanometers, while the chemically prepared nanoparticles ranged from (24-48) nanometers. The results also indicated that moderate zinc nitrate concentration and elevated temperature within a specific range contribute to reducing nanoparticle dimensions, in addition to achieving a higher yield with the biological method.

Keywords

Zinc oxide nanoparticles, Biosynthesis, Chemical preparation, Pomegranate peels, SEM, Nanotechnology.

1-المقدمة

شهدت الهندسة الكيميائية في السنوات الأخيرة اهتماماً متزايداً بتقنية النانو و المواد النانوية نظراً للخصائص الفريدة التي تمتلكها المواد النانوية مقارنة بالمواد ذات الحجم الماكروي . الأمر الذي فتح أفاقاً واسعة لتطبيقاتها في المجالات الطبية و الزراعية والبيئية والصناعية. ومن بين هذه المواد يحتل أكسيد الزنك النانوي مكانة متميزة بسبب خصائصه الكهروضوئية والكيميائية والحيوية.[1,2]

أعتمدت الطرق التقليدية في تحضير الجسيمات النانوية على الأساليب الفيزيائية و الكيميائية إلا أن هذه الطرق تعاني من عدة سلبيات مثل استهلاك الطاقة العالية واستخدام مواد كيميائية سامة. لذلك برزت الطريقة الحيوية (الخضراء) كبديل آمن وصديق للبيئة ، حيث تعتمد على مستخلصات نباتية تحتوي على مركبات فعالة قادرة على اختزال الأملاح المعدنية وتثبيت الجسيمات النانوية .[3,4]

لعل أبرز ما يميز نبات الرمان ، والعامل الذي أثار انتباه العلماء والباحثين ، احتوائه على العديد من المركبات النباتية الطبيعية ذات التأثيرات الصحية النافعة والتي تم تحديد وتقدير العشرات منها في مختلف أجزاء الرمان كالعصير والورق و القشور، والتي تشمل عديدات الفينول Polyphenols فضلاً عن الأحماض العضوية Organic acids الكثيرة. وتتميز الكثير من هذه المركبات النباتية بخصائص مضادة للأكسدة ومقاومة للجذور الحرة المسببة للكثير من الأمراض الخطيرة. [5, 6]

يظهر الجدول(1) التالي النسبة المئوية للمكونات الكيميائية للمستخلص الخام لقشور الرمان وتختلف نسبة تواجد المواد الفعالة حسب نوع الثمار والرمان ومكان تواجده وفترة نموه (نضجه)، وتسهم هذه المواد بدور مهم في إرجاع الأملاح المعدنية و إنتاج جسيمات نانوية بطرائق سهلة وسريعة و آمنة بيئياً.[7]

الجدول (1) : النسبة المئوية للمكونات الكيميائية للمستخلص الخام لقشور الرمان

المادة الفعالة	القلويدات	الصابونيات	التانينات	الفينولات	الفلافونيدات
%	0.79	2.6	14.7	0.88	0.45

يُعد أكسيد الزنك النانوي من أكثر المواد أهمية في تقنيات النانو والتطبيقات النانوية المتقدمة، وذلك بسبب خصائصه المميزة مثل الخصائص الكهروضوئية، والكهرومغناطيسية وخصائص أشباه

الموصلات . وبفضل هذه الخصائص ، يستعمل على نطاق واسع في العديد من المجالات، مثل شاشات العرض المسطحة، والخلايا الشمسية ،و الأجهزة الكهربائية والضوئية، إضافة إلى تطبيقاته في المجالات الحيوية والطبية.[8]

تعد جسيمات أكسيد الزنك النانوي من المواد الفعالة كمضادات للبكتيريا، نظراً لكونها مادة نانوية معدنية ذات نشاط حيوي مرتفع ، مما يجعلها تدخل في تركيب بعض الأدوية المستخدمة لعلاج الأمراض البكتيرية . وتستخدم هذه الجسيمات أيضاً في التطبيقات الكيميائية كمحفزات وفي المجالات الغذائية لتحسين جودة المنتجات . وقد تم تصنيف أكسيد الزنك على أنه مادة آمنة من قبل منظمة الصحة العالمية (WHO) ، ويستخدم في صناعة المستحضرات الطبية والتجميلية ،نظراً لقدرته العالية على الامتصاص وفعاليته وانتقائيته في التطبيقات المختلفة .[9].

2-أهداف البحث

1- التخليق الحيوي لجسيمات أكسيد الزنك النانوي باستخدام مستخلص قشور الرمان، وتحديد الشروط الأفضل (درجة حرارة التفاعل و تركيز نترات الزنك ونترات الفضة) .

2- تحضير جسيمات أكسيد الزنك النانوي بالطريقة الكيميائية انطلاقاً من هيدروكسيد الصوديوم.

3- توصيف الجسيمات المحضرة باستخدام تقنيات UV-Vis و SEM و FT-IR.

4- المقارنة بين الطريقتين الحيوية والكيميائية من حيث الكفاءة و أبعاد الجسيمات.

5-مبررات البحث

نظراً لندرة الدراسات التي استعرضت التخليق الحيوي لجسيمات أكسيد الزنك النانوي باستخدام المستخلص المائي لقشور الرمان ، وعدم تحديد الشروط الأفضل للتخليق، وبالتزامن مع التوسع في زراعة الرمان في سوريا ، تبرز أهمية استثماره مخلفاته في إنتاج جسيمات نانوية اقتصادية وصديقة للبيئة بوصفها بديلاً مستداماً للطريقة الكيميائية التقليدية.

4-المواد وطرائق البحث

4-1 المواد المستخدمة

أُستخدمت مجموعة من المواد الكيميائية ذات نقاوة عالية ، إضافة إلى مواد نباتية محلية المصدر وذلك وفق ماهو موضح في الجدول (2):

الجدول (2) : المواد الكيميائية المستخدمة

المادة	المصدر	النقاوة
هيدروكسيد الصوديوم	Belgium	**98-100.1%**
كلوريد الحديد	England	**99%**
إيتانول	معمل سكر حمص	**95%**
دي ميتيل سلفوكسيد	SRL-India	**99.5%**
نترات الزنك سداسية الماء	Merck	**99%**
قشور الرمان	Syria-Homs	-
ماء مقطر	جامعة حمص	-

4-2 الأجهزة والأدوات المستخدمة

أُستخدمت الأجهزة والأدوات التالية لإنجاز التحاليل و التجارب المطلوبة :

1. جهاز التحليل الطيفي للأشعة فوق البنفسجية -المرئية (UV-Vis)-قسم الهندسة الكيميائية-جامعة حمص-سوريا.

2. جهاز التحليل الطيفي للأشعة تحت الحمراء (FT-IR)- قسم الكيمياء - جامعة دمشق - سوريا.

3. المجهر الإكتروني الماسح (SEM) - هيئة الطاقة الذرية-دمشق- سوريا .

4. ميزان إلكتروني حساس بدقة (0.001 gr).

5. فرن تجفيف كهربائي (°C 250 – 0).

6. مرمدة تكليس (°C 1100 – 0).

7. مقياس pH .

8. أدوات زجاجية مثل: أرلينات و أسطوانة مدرجة و بياشر.

9. سخانة كهربائية مع محرك مغناطيسي .

10. هاون و مثقلة و المناخل .

4-3 طريقة العمل

4-3-1 جمع العينات:

جُمعت قشور الرمان خلال شهر آب سنة 2024 من المنطقة الشرقية لمدينة الرستن ، حيث اختيرت ثمار ناضجة وخالية من الإصابات الظاهرية لضمان جودة المادة النباتية المستخدمة .

4-3-2 تحضير مسحوق قشور الرمان:

غُسلت قشور الرمان جيداً بالماء ، لإزالة الشوائب والأتربة العالقة ،ثم بالماء المقطر. بعد ذلك ، جُففت القشور في الظل عند درجة حرارة الغرفة بعيداً عن الضوء، بهدف تقليل الرطوبة في النبات، والحفاظ على المواد الفعالة. بعد اكتمال التجفيف، طُحنت القشور باستخدام هاون للحصول على مسحوق ناعم . ثم أُجري تصنيف حبيبي باستخدام المناخل لتحديد القطر الوسطي للجسيمات ($\overline{D}_{50}$)،حيث تراوح قطرها المتوسط من0.5–0.9 mm، مما يسهم في تحسين كفاءة الاستخلاص .

4-3-3 تخليق جسيمات أكسيد الزنك النانوي حيوياً باستخدام مستخلص قشور الرمان:

تم اصطناع جسيمات أكسيد الزنك النانوي باستخدام المستخلص المائي لقشور الرمان وفق الخطوات التالية:

أولاً : استخلاص المواد الفعالة من قشور الرمان:

وُزن 50 gr من مسحوق قشور الرمان. ثُم أضيف ألى 300 ml ماء مقطر بنسبة (6/1). سُخن المزيج عند درجة حرارة (65±1) □ لمدة 15 دقيقة مع التحريك، ثم ترك ليبرد ، وبعد ذلك رُشح باستخدام قمع بوخنر وورق ترشيح. حُفظ المستخلص المائي الناتج لاستخدامه في عمليات التخليق الحيوي.

ثانياً : تخليق جسيمات أكسيد الزنك النانوي حيوياً باستخدام مستخلص قشور الرمان:

تم تحضير جسيمات أكسيد الزنك النانوي حيوياً باستخدام المستخلص المائي لقشور الرمان، مع دراسة تأثير كل من تركيز نترات الزنك ودرجة حرارة التفاعل .

1. دراسة تأثير تركيز نترات الزنك عند ثبات درجة الحرارة

أُضيف 5 ml من محلول نترات الزنك بتراكيز مختلفة(0.02 M , 0.01 , 0.005) إلى 127 ml من إلى المستخلص النباتي ، ثم حُرك المزيج عند درجة حرارة□ 65±1 لمدة 20 دقيقة ضمن حمام مائي . لوحظ تغير لون المزيج إلى الأصفر الفاتح ، مما يشير إلى بدء تشكل الجسيمات النانوية .جُمع الناتج وجفف في فرن عند درجة حرارة 65 □ لمدة 24 ساعة ، ثُم كُلس عند 500 □ لمدة ساعتين للحصول على مسحوق أكسيد الزنك النانوي ، بلغ المردود على التوالي (41% , 52% , 75%) ، حيث انخفض المردود مع زيادة تركيز نترات الزنك.

يبين الشكل (1) التالي مراحل اصطناع جسيمات أكسيد الزنك النانوي حيوياً .

الشكل(1): مراحل اصطناع جسيمات أكسيد الزنك النانوي حيويا

دُرست العينات السابقة باستخدام المجهر الإلكتروني الماسح (SEM) ، وُجد أن التركيز 0.01M من نترات الزنك هو الذي أعطى أفضل أبعاد نانوية لجسيمات أكسيد الزنك النانوي .

2. دراسة تأثير درجة الحرارة عند ثبات تركيز نترات الزنك :

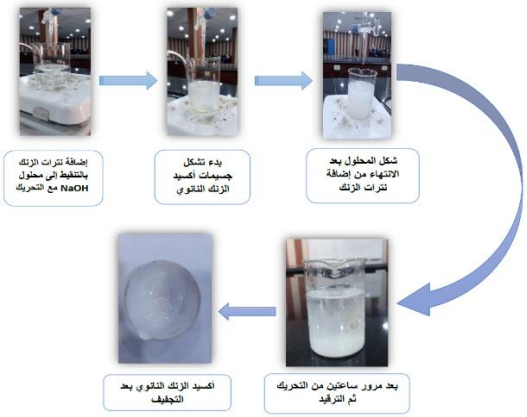
لمعرفة تأثير درجة الحرارة على الأبعاد النانوية ثُبت تركيز نترات الزنك عند 0.01 M و أُجريت التجارب عند درجتي حرارة (□1±75) و(□1±85) مع اتباع الخطوات السابقة نفسها ، بلغ المردود (45% , 46%) على التوالي ، حيف ازداد المردود برفع درجة الحرارة.

تم تقييم تأثير التركيز ودرجة الحرارة على أبعاد الجسيمات النانوية والمردود النهائي.

- تم التأكيد الأولي على تشكل جسيمات أكسيد الزنك النانوي من خلال ملاحظة التغيرات في لون وسط التفاعل ، حيث تغير لون المستخلص إلى الأصفر الفاتح. وقد أشار الباحثون إلى أن هذا التغير في اللون مؤشر أولي لتشكل الجسيمات النانوية.[3]

ثالثاً : تحضير جسيمات أكسيد الزنك النانوي كيميائياً :

حُل 3 gr من نترات الزنك سداسية الماء (0.01 M) في 100 ml من الماء مقطر ، كما حُلَ 0.8 gr من هيدروكسيد الصوديوم (0.2M) في 100 ml من الماء المقطر.أُضيف محلول نترات الزنك بالتنقيط إلى محلول هيدروكسيد الصوديوم مع التحريك المستمر ، و استمر التفاعل لمدة لساعتين. بعد ذلك ، تُرك المزيج للترقيد ، ثم غُسل الراسب عدة مرات بالماء المقطر للتخلص من الشوارد المتبقية. جُفف الناتج عند درجة حرارة □105 حتى ثبات الوزن. ثم حُفظ في أوعية محكمة لإجراء عمليات التوصيف ، بلغ المردود 25%. يبين الشكل (2) مراحل تحضير جسيمات أكسيد الزنك النانوي كيميائياً.



الشكل(2): مراحل تحضير جسيمات أكسيد الزنك النانوي كيميائياً

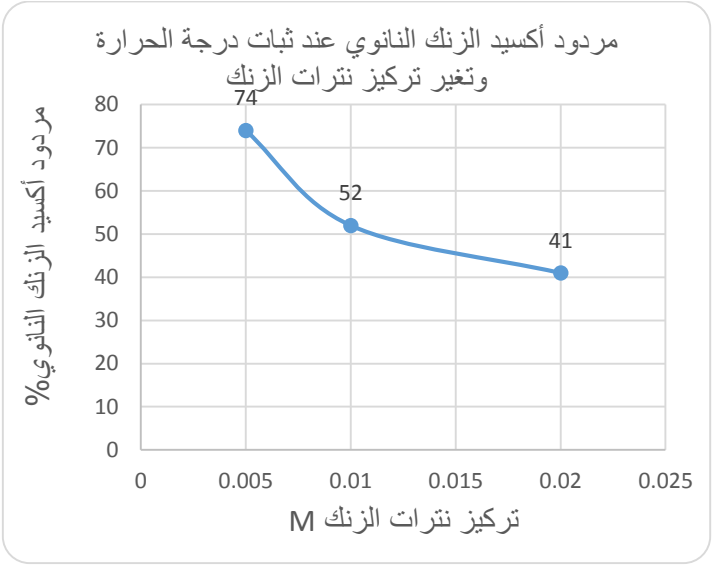
العلاقة بين المردود والشروط التجريبية

يبين الجدول (2) مردود جسيمات أكسيد الزنك النانوي المحضر عند مختلف الشروط التجريبية :

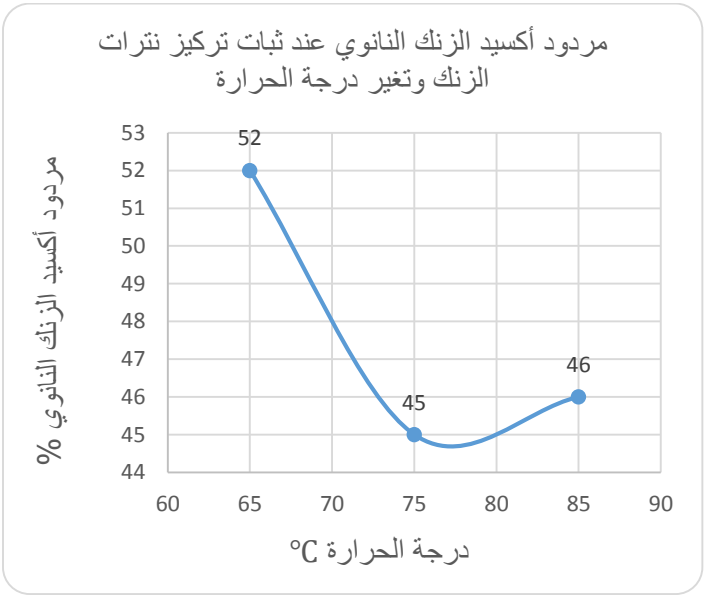
الجدول (2) : مردود جسيمات أكسيد الزنك النانوي المحضر حيوياً وكيميائياً

رقم العينة	تركيز نترات الزنك المائية M	درجة الحرارة□	المردود%
1 (حيوي)	0.005	□65	74
2 (حيوي)	0.01	□65	52
3 (حيوي)	0.02	□65	41
4 (حيوي)	0.01	□75	45
5 (حيوي)	0.01	□85	46
كيميائي	0.01	درجة حرارة المخبر	25

يبين المخطط (1) انخفاض المردود بزيادة تركيز نترات الزنك ، ويعزى ذلك إلى إشباع المحلول بنترات الزنك وعدم اكتمال الترسيب .كما يوضح المخطط (2) تأثير درجة الحرارة في المردود ، حيث لوحظ تحسن نسبي عند درجات الحرارة المرتفعة □ 85 ، يُعزى ذلك إلى تأثير درجة الحرارة في سرعة التفاعل والترسيب.



المخطط (1) : العلاقة بين مردود جسيمات أكسيد الزنك النانوي وتركيز نترات الزنك.



المخطط (2) : العلاقة بين مردود جسيمات أكسيد الزنك النانوي و درجة الحرارة

5-النتائج والمناقشة:

5-1 الكشف الكيفي عن المركبات الفعالة في مستخلص قشور الرمان

أُجريت اختبارات الكشف الكيفي عن بعض المركبات الثانوية الفعالة في المستخلص المائي لقشور الرمان ، والتي تلعب دوراً مهماً كعوامل اختزال وتثبيت خلال عملية التخليق الحيوي.

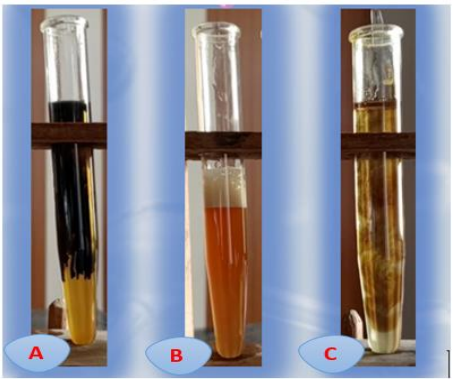
A. الكشف عن الفينولات: تمت إضافة محلول كلوريد الحديد بتركيز 5% إلى عينة من المستخلص ، لوحظ تشكل لون داكن مائل للأسود مما يدل على وجود المركبات الفينولية القادرة على اختزال أيونات الزنك.[10]

B. الكشف عن الصابونينات (اختبار الرغوة): عند رج المستخلص المائي مع الماء تشكلت رغوة ثابتة استمرت لمدة تقارب، نصف ساعة، وهي نتيجة إيجابية تشير إلى وجود الصابونينات.[11]

C. الكشف عن الفلافونويدات : عند إضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه 5% إلى المستخلص ، لُوحظ ظهور لون برتقالي ، مما يؤكد وجود الفلافونيدات ذات الفعالية الاختزالية.[12]

تشير هذه النتائج إلى غنى مستخلص قشور الرمان بالمركبات النباتية الفعالة ، مما يفسر كفاءته العالية في التخليق الحيوي لجسيمات أكسيد الزنك النانوي .

ويوضح الشكل (3) اختبارات الكشف الكيفي عن المركبات الفعالة في مستخلص قشور الرمان .



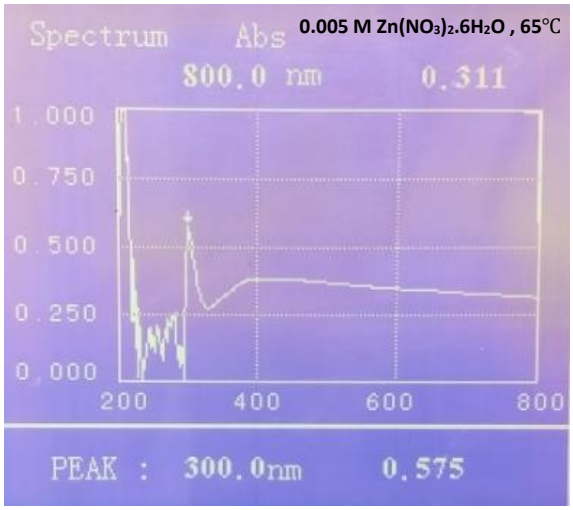
الشكل (3): اختبارات الكشف الكيفي عن المركبات الفعالة في مستخلص قشور الرمان

A: الكشف عن الفينولات ، B: الكشف عن الصابونينات ، C: الكشف عن الفلافونيدات

2-5 نتائج مطيافية الاشعة المرئية – فوق البنفسجية (UV-vis):

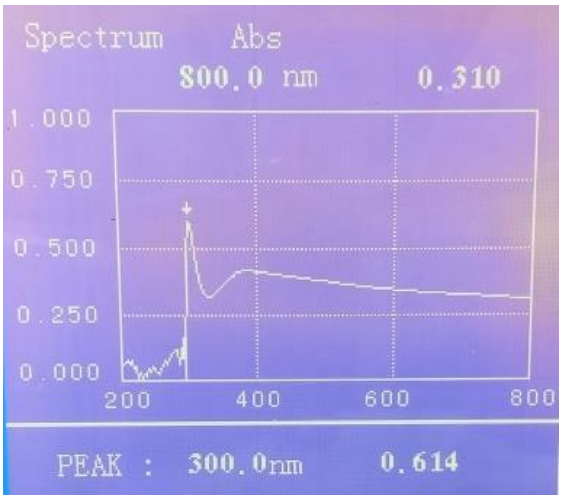
سُجلت أطياف الامتصاص لجسيمات أكسيد الزنك النانوي المحضر حيوياً وكيميائياً باستخدام مذيب ثنائي متيل سلفوكسيد(DMSO) ، وذلك بهدف التأكد من تشكل الجسيمات النانوية .

توضح الأشكال (4 و 5 و 6) تأثير التركيز على طيف الامتصاص في منطقتي الاشعة فوق البنفسجية –المرئية (UV–vis) لجسيمات أكسيد الزنك النانوي المحضر حيوياً للعينات (1 و2 و 3) ، والأشكال (7 و 8) تأثير درجة الحرارة على طيف الامتصاص في منطقتي الاشعة فوق البنفسجية –المرئية (UV–vis) لجسيمات أكسيد الزنك النانوي المحضر حيوياً للعينات (5 و 6). كما يوضح الشكل (9) طيف الامتصاص في منطقتي الاشعة فوق البنفسجية –المرئية (UV-vis) لجسيمات أكسيد الزنك النانوي المحضر كيميائياً .

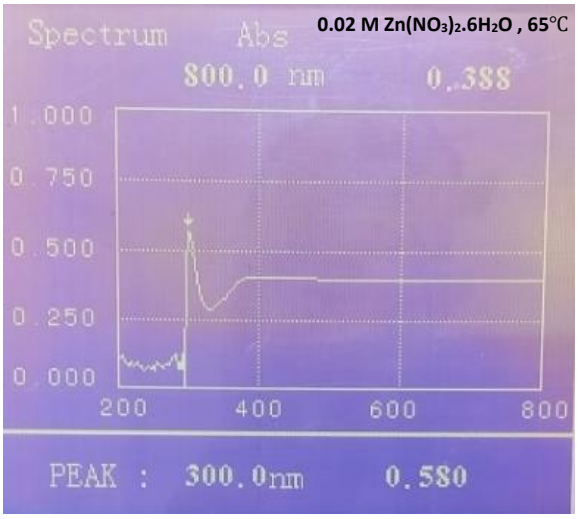


الشكل (4): طيف الأشعة المرئية وفوق البنفسجية لجسيمات أكسيد الزنك النانوي العينة (1)

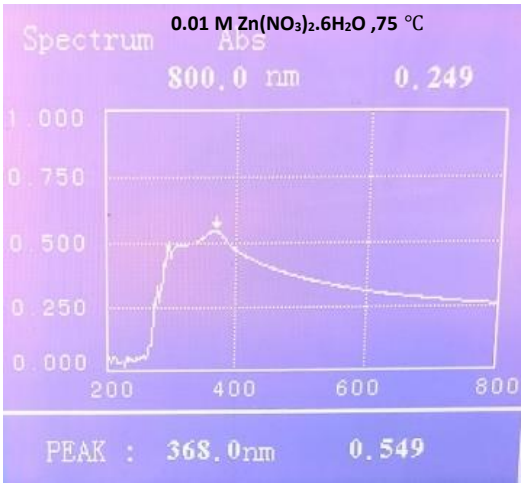
0.01 M $Zn(NO_3)_2.6H_2O$, 65℃



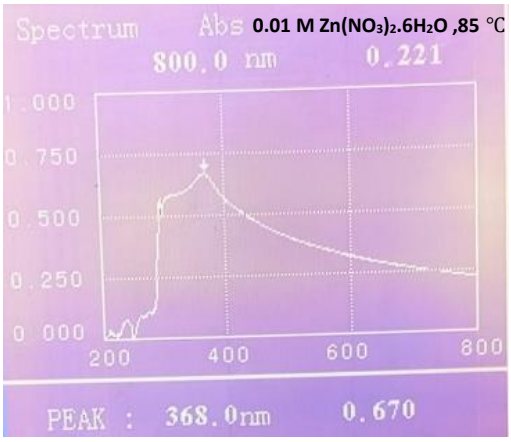
الشكل (5): طيف الأشعة المرئية وفوق البنفسجية لجسيمات أكسيد الزنك النانوي العينة (2)



الشكل (6): طيف الأشعة المرئية وفوق البنفسجية لجسيمات أكسيد الزنك النانوي العينة (3)



الشكل (7): طيف الأشعة المرئية وفوق البنفسجية لجسيمات أكسيد الزنك النانوي العينة (5)



الشكل (8): طيف الأشعة المرئية وفوق البنفسجية لجسيمات أكسيد الزنك النانوي العينة (6)

أظهرت أطياف العينات المحضرة حيوياً قمم امتصاص مميزة في المجال من(300–370 nm)

وهي قمم تتوافق مع القيم المرجعية لجسيمات أكسيد الزنك النانوي ، مما يدل على نجاح عملية التخليق الحيوي .[13] [14]

ونشاهد على الشكل (9) طيف الامتصاص في منطقتي الاشعة فوق البنفسجية –المرئية (UV–vis) للجسيمات النانوية المحضرة كيميائياً عند طول موجة 300nm .

الشكل (9): طيف الأشعة المرئية وفوق البنفسجية لجسيمات أكسيد الزنك النانوي المحضر كيميائياً

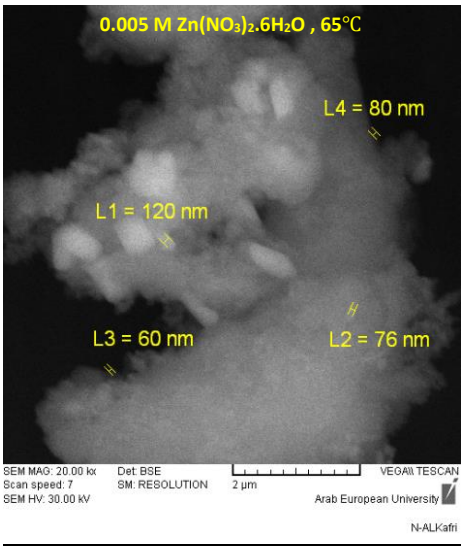
يعزى الاختلاف في مواضع قمم الامتصاص إلى اختلاف أبعاد الجسيمات النانوية ، حيث يؤثر حجم الجسيم بشكل مباشر في سلوك الامتصاص الطيفي نتيجة ظاهرة التأثير الكمي.[1]

3-5 نتائج المجهر الالكتروني الماسح (SEM):

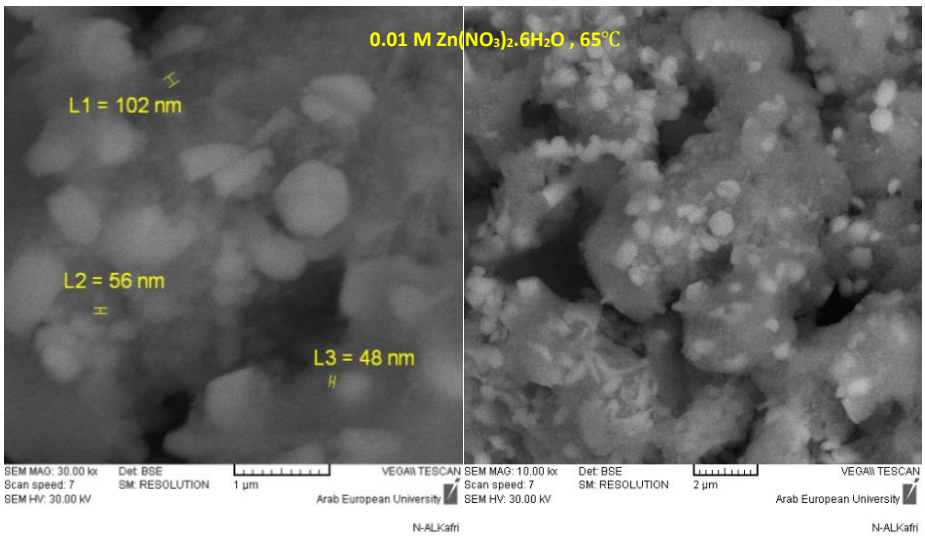
بهدف الحصول على صور مجهرية لجسيمات أكسيد الزنك المحضر والتحقق من تجانس المادة، حيث يتم قياس ومطابقة الأبعاد النانوية لجسيمات أكسيد الزنك المُحضّرة، وذلك بوضع قطرة من المعلق على شبكة نحاسية مغطاة بالكربون وتركت حتى تجف تماماً، ثم فحصت بالمجهر الالكتروني الماسح.

أظهرت صور SEM للجسيمات المحضرة حيوياً الأشكال (10 و 11 و 12) عند تراكيز مختلفة من نترات الزنك أن الجسيمات ذات شكل كروي تقريباً مع وجود تكتل بسيط ، و لُوحظ أن التركيز 0.01 M أعطى جسيمات أصغر و أكثر تجانساً مقارنة بالتراكيز المنخفضة أو المرتفعة . يُعزى ذلك إلى أن التراكيز العالية تؤدي إلى إشباع وسط التفاعل من نترات الزنك ، مما

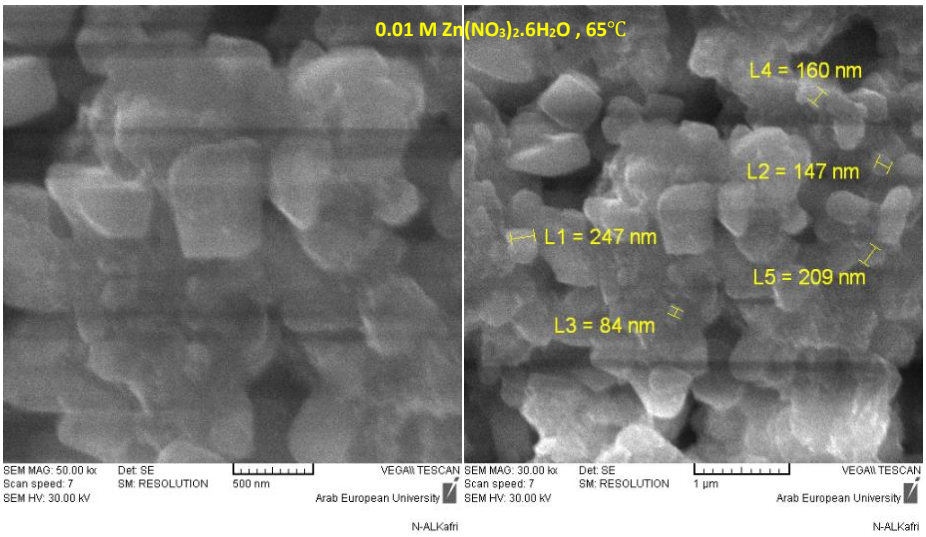
يخل التوازن بين تشكل النوى ومعدل تطورها ، الأمر الذي يعزز التكتل ويؤدي إلى تكون جسيمات نانوية أكبر وأقل تجانساً.



الشكل (10): صورة المجهر الماسح الالكتروني لسطح أكسيد الزنك النانوي المحضر حيوياً (60−120nm)



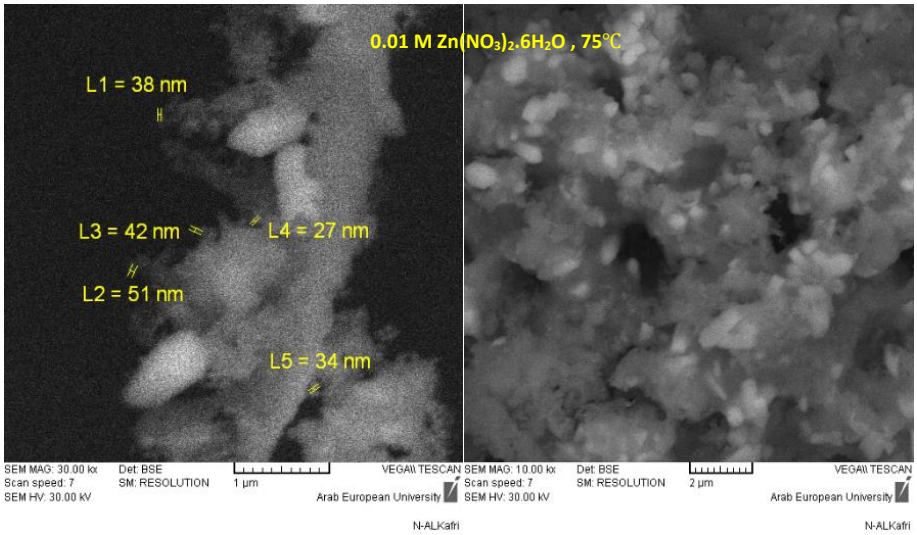
الشكل (11): صورة المجهر الماسح الالكتروني لسطح أكسيد الزنك النانوي المحضر حيوياً (48−102nm)



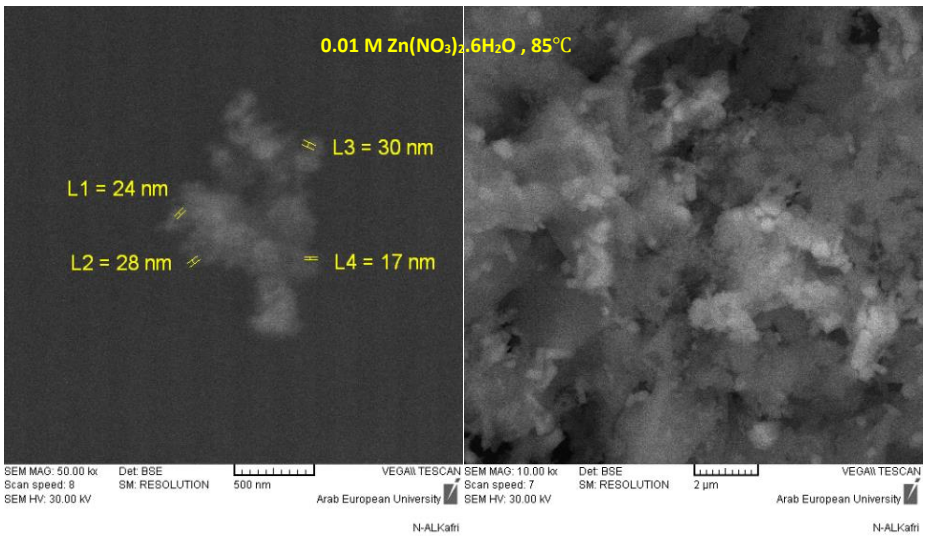
الشكل (12): صورة المجهر الماسح الالكتروني لسطح أكسيد الزنك النانوي المحضر حيوياً (84-247nm)

أظهرت صور SEM للجسيمات المحضرة حيوياً الأشكال _(13 و 14) عند ثبات تركيز نترات الزنك 0.01 M وزيادة درجة الحرارة من 65 إلى 85 انخفاضاً ملحوظاً في أبعاد الجسيمات النانوية ، حيث أدت درجة الحرارة الأعلى إلى زيادة سرعة التفاعل ومعدل الترسيب . تشير هذه النتائج إلى أن درجة الحرارة عامل حاسم في التحكم بأبعاد الجسيمات النانوية .

بينما الزيادة في درجة الحرارة فوق 85 تؤدي إلى تحلل المركبات الفعالة المسؤولة عن اختزال و استقرار الجسيمات ، وكذلك انخفاض المردود ،مما يسبب تكتل الجسيمات وتطورها .[15].

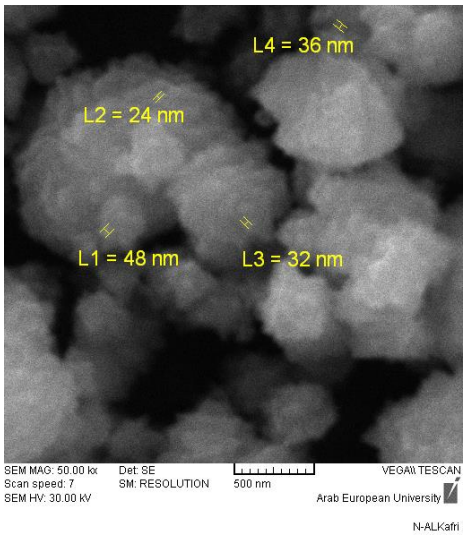


الشكل (13): صورة المجهر الماسح الالكتروني لسطح أكسيد الزنك النانوي المحضر حيوياً (27–51nm)



الشكل (14): صورة المجهر الماسح الالكتروني لسطح أكسيد الزنك النانوي المحضر حيوياً (17–30nm)

أظهرت صور SEM أن الجسيمات المحضرة حيوياً كانت أصغر حجماً وأكثر انتظاماً مقارنة بالجسيمات المحضرة كيميائياً الشكل (15)، حيث تراوحت أبعاد الجسيمات الحيوية بين (17–30nm) ، في حين تراوحت أبعاد الجسيمات الكيميائية بين (24 - 48 nm) .يُعزى ذلك إلى وجود غلاف عضوي ناتج عن المركبات النباتية في التخليق الحيوي ، والذي يحد من تكتل الجسيمات ويزيد من استقرارها.[7]



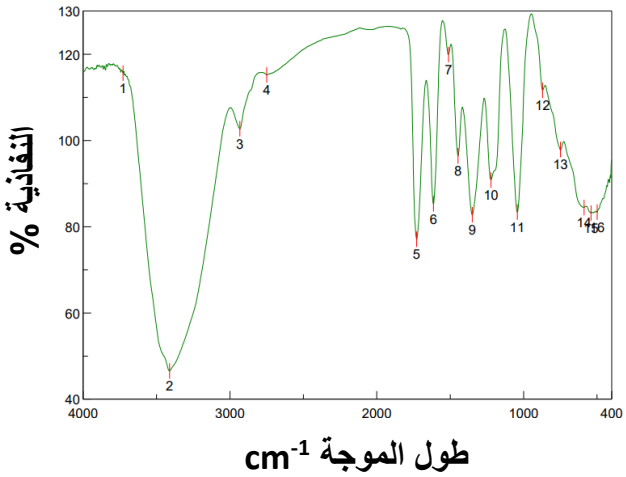
الشكل (15): صورة المجهر الماسح الالكتروني لسطح أكسيد الزنك النانوي المحضر كيميائياً (24 - 48 nm)

4-5 نتائج مطيافية الاشعة تحت الحمراء (FT-IR) :

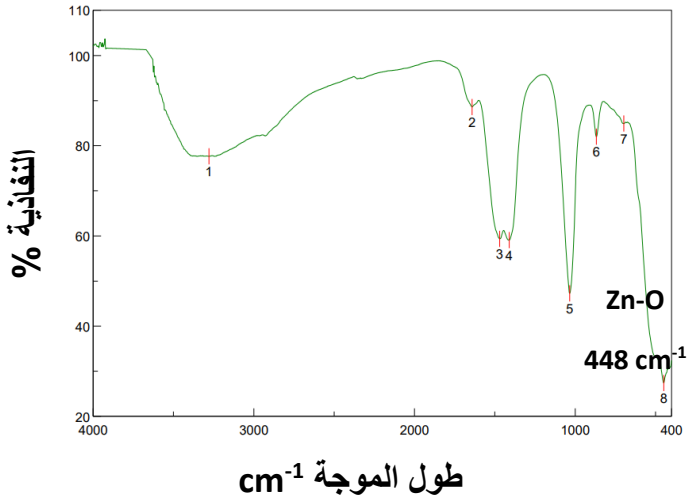
تم اجراء مسح طيفي باستخدام جهاز الاشعة تحت الحمراء لمستخلص قشور الرمان و جسيمات أكسيد الزنك النانوي حيوياً و كيميائياً ضمن المجال $600 - 4000 cm^{-1}$.

أظهرت أطياف (FT-IR) لمستخلص قشور الرمان الشكل (16) نطاقات امتصاص عريضة في المجال ($3200–3600\ cm^{-1}$) تعود إلى اهتزازات مجموعات الهيدروكسيل ، مما يدل على غنى المستخلص بالمركبات الفينولية والتانينات القادرة على لعب دور مزدوج كعوامل اختزال وتثبيت . كما أظهرت أطياف جسيمات أكسيد الزنك النانوي المحضر حيوياً وكيميائياً الأشكال (17 و18) على التوالي نطاق امتصاص واضح في المجال

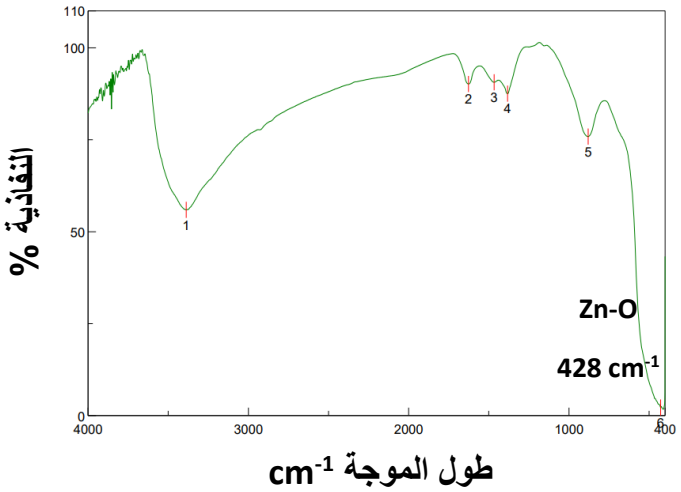
($400–500\ cm^{-1}$) ينسب إلى اهتزاز رابطة Zn–O ، مما يؤكد تكون جسيمات أكسيد الزنك النانوي. ويلاحظ أن التخليق الحيوي يتميز بوجود غلاف عضوي على سطح الجسيمات، مما يمنحها استقراراً أعلى وخصائص سطحية محسنة ، في المقابل يتميز التحضير الكيميائي بإنتاج جسيمات أكثر نقاوة من الناحية السطحية لكنه يفتقر إلى عوامل التثبيت الحيوية الصديقة للبيئة التي تمنع تكتله وبالتالي يكون أقل استقرارً.



الشكل (16): طيف الأشعة تحت الحمراء لمستخلص قشور الرمان



الشكل (17): طيف الأشعة تحت الحمراء لأكسيد الزنك النانوي المحضر حيوياً



الشكل (18): طيف الأشعة تحت الحمراء لأكسيد الزنك النانوي المحضر كيميائياً

7- الاستنتاجات والتوصيات

الاستنتاجات

من خلال النتائج التجريبية والتحاليل الطيفية والمورفولوجية التي أجريت في هذا البحث يُمكن التوصل للاستنتاجات التالية :

1- تم تحضير جسيمات أكسيد الزنك الحيوي والكيميائي النانوي بنجاح و إثبات تشكل الجسيمات النانوية في كلتا الطريقتين .

2- أظهرت نتائج مطيافية UV-Vis وجود قمم امتصاص مميزة في المجال

(300-370 nm)، مما يؤكد تشكل جسيمات أكسيد الزنك النانوية.

3- بينت صور المجهر الإلكتروني الماسح (SEM) أن الجسيمات المحضرة حيوياً تمتلك:

- ✓ أبعاداً أصغر
- ✓ شكلاً كروياً أكثر انتظاماً
- ✓ تكتلاً أقل مقارنة بالجسيمات المحضرة بالطريقة الكيميائية .

4- تراوحت أبعاد الجسيمات النانوية المحضرة حيوياً بين(17-30nm) ، في حين تراوحت أبعاد الجسيمات المحضرة كيميائياً بين(24 - 48 nm) .

5- لوحظ أن تركيز نترات الزنك (0.01 M) ودرجة الحرارة المرتفعة 85 □ يحققان توازناً مناسباً بين عدد النوى المتشكلة ونمو الجسيمات ، مما يؤدي إلى تحسين الخصائص النانوية .

6- من حيث المردود . حققت الطريقة الحيوية مردوداً أعلى(52 %) مقارنة بالطريقة الكيميائية (25%) عند استخدام التركيز نفسه من نترات الزنك .

7- أظهرت نتائج FT-IR وجود نطاقات امتصاص تعود إلى رابطة Zn-O ، مما يؤكد تشكل أكسيد الزنك النانوي ، إضافة إلى وجود مجموعات وظيفية عضوية في العينات المحضرة حيوياً ، ساهمت في استقرار الجسيمات .

التوصيات

استناداً إلى نتائج البحث ، يوصى بما يلي :

1- توسيع الدراسة لاستخدام مستخلصات نباتية أخرى ومقارنة كفاءتها في التخليق الحيوي لجسيمات أكسيد الزنك النانوي .

2- دراسة تأثير عوامل إضافية قد تؤثر على أبعاد الجسيمات مثل : $\bar{t}$, pH , ω , و نوع المذيب.

3- إجراء اختبارات تطبيقية لجسيمات أكسيد الزنك النانوي المحضرة حيوياً في مجالات :

- المعالجة البيئية
- التطبيقات الطبية والصيدلانية.

4- استخدام تقنيات توصيف إضافية مثل حيود الأشعة السينية (XRD) والمجهر الإلكتروني النافذ(TEM) للحصول على معلومات أدق حول البنية البلورية والحجم الحقيقي للجسيمات النانوية.

5- تشجيع اعتماد التخليق الحيوي في الأبحاث المستقبلية كونه طريقة مستدامة واقتصادية ومتوافقة مع مبادئ هندسة العمليات الخضراء .

المراجع

1. Sepideh, K.B., Kamyar, Sh., Dayang, R., Binti, A.B. & Zurina ,Z.A. (2014) . Stirring Time Effect of Silver Nanoparticles Prepared in Glutathione Mediated by Green Method . Chemistry Central Journal , .8, p.11.

2. Singh, P., Kim Y.-J., Zhang, D. & Yang, D.-C. (2016) .Biological synthesis of nanoparticals from plants and microorganisms. Trends in biotechnology ,34,pp. 588-599 .

3. Abdelmigid, H. M., Hussien, N. A., Alyamani, A. A. Morsi , M.M., AlSufyani, N. M. & Kadi, H. A.2022. Green Synthesis of Zinc Oxide Nanoparticles Using Pomegranate Fruit Peel and Solid Coffee Grounds vs. Chemical Method of Synthesis, with Their Biocompatibility and Antibacterial Properties Investigation. Mcules, 27,p.1236.
4. NADAROĞLU, .H., GÜNGÖR ,A .A. & ince, S .(2017). Synthesis of Nanoparticles by Green Synthesis Method. International Journal of Innovative Research and Reviews .1(1),pp. 6-9 .
5. Husain, W. M. & Araak, J. K. (2019). Green Synthesis of Zinc Oxide Nanoparticles from (Punica granatum L) Pomegranate Aqueous Peel Extract. The Iraqi Journal of Veterinary Medicine, 43 (2),pp. 6-16 **.**
6. Sreekumar, S. Sithul, H., Muraleedharan, P . Azeez, J . M. & Sreeharshan , S .(2014).Pomegranate Fruit as a Rich Source of Biologically Active Compounds . BioMed Research International . Article ID 686921, 12 pages .

7. حميد ،أشواق طالب ، فرحان ، حماد نواف ، تركي ،أحمد محمد.2009 .الفعالية التثبيطية لمستخلصات قشور الرمان Punica granatum تجاه البكتريا المرضية المعزولة من الأمعاء والمعدة في الإنسان . مجلة جامعة الأنبار للعلوم الصرفة . ، 3 (2)، :ص. 52-56 .
8. السلطاني، حسين صبحي علوان. 2021. تخليق وتشخيص مكونة نانوية من الفضة و أكسيد الزنك ودراسة تطبيقاتها الدوائية. جامعة كربلاء. العراق.
9. Abdulsattar, M.A. 2015. Capped ZnO (3, 0) nanotubes as building blocks of bare and H passivated wurtzite ZnO nanocrystals. Superlattices and Microstructures. 85, pp.:813-819.

10. Ikigai, H., Nakae, T., Hara, Y., & Shimamura, T. (1993). Bactericidal catechins damage the lipid bilayer. Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Biomembranes, 1147(1), pp.132-136.
11. Parekh J, Karathia N, Chanda S (2006). Screening of some traditionally used medicinal plants for potential antibacterial activity. Indian J.Pharm. Sci. 68(6),pp.832-834.
12. El Hazimi, H . (1995). Les produits Naturelles . Universite du Roi Saoud , Djada .
13. Narendra Kumar , H.K. Chandra Mohana , N. Nuthan. B.R. Ramesha , K.P. Rakshith, D. (2019). Phyto mediated synthesis of zinc oxide nanoparticles using aqueous plant extract of Ocimum americanum and evaluation of its bioactivity. SN Applied Scinces A SPRINGER NATURE journal . 1,p.651 .
14. Dulta, K . , Agceli , G K . , Chauhan , P. , Jasrotia , R. , & Chauhan , P.K. (2020) . Ecofriendly Synthesis of Zinc Oxide Nanoparticles by Carica papaya Leaf Extract and Their Applications . Journal of Cluster Science , Article173229 .
15. Mutukwa, D., Taziwa, R., & Khostseng, L.E. , (2022). A review of the Green Synthesis of ZnO Nanoparticles Utilising Southern African Indigenous Medicinal Plants. Nanomaterials ,12(19),3456.