



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة الشهيد حمه لخضر - الوادي

كلية التكنولوجيا

مذكرة نهاية الدراسة لنيل شهادة

ماستر أكاديمي

ميدان : التكنولوجيا

شعبة: هندسة الطرائق

تخصص: هندسة كيميائية

من إعداد الطالبات:

خلوط رميصاء

تومي رجاء

بوزغاية نور الهدى

الموضوع

توليف جسيمات النانوية باستخدام مستخلص نبات الحاد

نوقشت في: 2024/06 /

أمام لجنة المناقشة:

جامعة الوادي	رئيسا	أستاذ مساعد (ب)	د. أمينة ثابت
جامعة الوادي	مناقش	أستاذ مساعد (ب)	د. سميرة زغود
جامعة الوادي	مشرف	أستاذ محاضر (أ)	د. محمد العربي بن عمر
جامعة الوادي	مساعد مشرف	أستاذ متعاقد	د. إلهام بن عمر

الموسم الجامعي: 2024/2023

الشكر والبرهان

الحمد لله الذي أنار لنا درب العلم والمعرفة وأعاننا على أداء هذا الواجب ووفقنا في إنجاز هذا العمل فما كان ليتم الا بفضلته وتوفيقه فأشكره شكرا عظيما يليق بجلال وجهه وعظيم سلطانه.

نتقدم بأسمى عبارات الشكر والتقدير والامتنان إلى الأستاذ المشرف " د. محمد العربي بن عمر " على جميل اشرافه في إنجاز هذا العمل والارشادات والأستاذة مساعدة المشرفة " د. إلهام بن عمر " على كل توجيهاتها وبذلها من جهد كبير في مختلف مراحل إعداد هذه المذكرة وعلى نقدها وملاحظاتها المنهجية الأصيلة وندعو الله أن ييسر لها بعلمها طريقا إلى الجنة.

كما نتقدم بجزيل الشكر وعظيم الإمتنان إلى " د. العائز الحفناوي"، والأستاذ " الأطرش نبيل"، على مساعدتنا على إتمام عملنا التطبيقي

إلى الأستاذ " طليبة علي" على مساعدته لنا في العمل التطبيقي

الإهداء

الحمد لله حمداً وشكراً وامتناناً، ما كنت لأفعل هذا لولا فضل الله فالحمد لله على
البدء والختام.

ها أنا اليوم أهدي نجاتي إلى كل من سعى معي لإتمام هذه المسيرة.

إلى الذي علمني أن الدنيا كفاح وسلاحها العلم والمعرفة، إلى من أحمل اسمه بكل
افتخار إلى أعظم وأعز رجل في الكون "أبي الغالي" أدامه الله لي.

إلى ملاكي في الحياة من ساندتني في صلاتها ودعائها، إلى من سهرت الليالي تنير
دربي إلى معنى الحب والحنان، إلى أروع امرأة في الوجود "أمي الغالية" حفظها الله.

إلى جسر المحبة والعطاء مصدر قوتي "أختي" إلى من رزقتهم بهم سداً

"إخوتي"

إلى أصدقائي وأحبتي وكل من دعمني ورافقتني ووقف بجانبي.

إلى كل من كان له الفضل في تعليمي منذ بداية مسيرتي إلى النهاية.



رهطاء

الإهداء

أهدي هذا العمل الذي أسأل الله أن يتقبله خالداً إلي من شجعني على المثابرة
طوال عمري وكان له الفضل الكبير في الوصول إلي ما أنا عليه اليوم إلي الرجل الأبرز في
حياتي "والدي العزيز" اطال الله في عمره إلي من بها اخلو وارتكز، إلي القلب المعطاء
وكان دماغها وتشجيعها المستمر أثرا في وصولي إلي هنا "أمي الغالية" حفظها الله لي إلي
من كان لهم بالغ الأثر في الكثير من العقبات والصعاب والذين بذلوا جهدا في

مساعدتي و كانوا السند الدائم لي "إخواني وأخواتي "

إلي أسرتي وأصدقائي وزملائي وأساتذتي

إلي كل من ساهم ولو بحرفه في حياتي الدراسية.



رجاء

الإهداء

أهدي ثمرة جهدي هذا إلى

من ربنتني وأنارت دربي وأمانتني بالصلوات والدعوات إلى من لا يمكن للكلمات
أن توفي حقها إلى من حملتني وهنا على وهن

♥ أمي الغالية حفظها الله ♥

من عمل بك في سبيلي وعلمني معنى الكفاح إلى ما أنا عليه

♥ أبي الكريم أدامه الله لي ♥

إلى من أقاسمهم أحزاني وأفراحني وإخوتي وأخواتي

إلى جميع أصدقائي الذين ساروا معي هذا الدرب

إلى الذين بذلوا كل جهد وعطاء أساتذتي الكرام

إلى جميع من أعزهم وذكرهم قلبي ونسأهم قلبي.



نور الهدى

الرمز	المعنى
A	الامتصاصية
α	معامل الامتصاص
CNTs	الأنابيب النانوية الكربونية
C ₆₀	جزيء مكون من 60 ذرة كربون
C°	درجة الحرارة
C _e	التركيز الفوري
C ₀	التركيز الاولي
C	تركيز العينة
cm	وحدة السنتيمتر
cm ⁻¹	وحدة سنتيمتر ⁻¹
1D	طبقات نانوية احادية البعد
2D	أنابيب نانوية ثنائية البعد
3D	أنابيب نانوية ثنائية البعد
DRX	انحراف الأشعة السينية
d	المسافة
D	متوسط حجم البلورة
E _g	فجوة الطاقة
FTIR	مطيافية الأشعة تحت الحمراء
hν	طاقة الضوء
I	شدة الضوء المنقول بواسطة محلول العينة
I ₀	شدة الضوء الساقط
k	معامل Scherer
KBr	بروميد البوتاسيوم
Log	اللوغاريتم
l	طول مسار العينة
mm	مليمتر
MRI	تقنية التصوير بالرنين المغناطيسي
mol	المول
mg	ملغرام

قائمة الرموز

وحدة قياس الحجم	ml
دقيقة	min
نانومتر	nm
ثابت	n
الجسيمات النانوية	NPs
هيدروكسيد الصوديوم	NaOH
هيدروكسيل	OH
النفاذية	T
ثلاثي ايثانول امين	TEA
المطيافية فوق البنفسجية والمرئية	UV-vis
اسيتات الزنك المجففة	Zno
بيتا	β
تيتا	θ
الطول الموجي	λ
معامل الامتصاص المولي	ε
نسبة المئوية	%
درجة الزاوية	$^{\circ}$

الصفحة	الشكل
الفصل الأول: عموميات على النبات الحاد. <i>Cornulaca monacantha Del.</i>	
7	الشكل I.1 رسم تخطيطي للأجزاء المهمة للعائلة الرمرامية
8	الشكل I.2 توضح الخريطة الإنتشار الجغرافي النباتات العائلة الرمرامية في العالم
9	الشكل I.3 صور مختلف أجزاء للنبات الحاد <i>Cornulaca monacantha Del.</i>
11	الشكل I.4 رسم تخطيطي لنبات <i>Cornulaca monacantha Del.</i>
12	الشكل I.5 التوزيع الجغرافي للنبات الحاد <i>Cornulaca monacantha Del.</i>
الفصل الثاني: عموميات على الجسيمات النانوية	
20	الشكل II.1 تصنيف المواد النانوية
20	الشكل II.2 أنواع المواد النانوية من حيث الأبعاد والشكل
21	الشكل II.3 النقاط الكمية
21	الشكل II.4 الفولورين
22	الشكل II.5 الكرات النانوية
23	الشكل II.6 الجسيمات النانوية
23	الشكل II.7 الأنابيب النانوية
24	الشكل II.8 الألياف النانوية
25	الشكل II.9 الأسلاك النانوية
27	الشكل II.10 طرق توليف مختلفة لتحضير الجسيمات النانوية المعدنية
28	الشكل II.11 تحضير الجسيمات النانوية بالليزر في المحلول
29	الشكل II.12 رسم تخطيطي لمراحل مختلفة من عملية sol-gel من السلائف الى الهلام
الفصل الثالث : الجزء العملي / النتائج والمناقشة	
39	الشكل III.1 نبات الحاد
42	الشكل III.2 مسحوق نبات الحاد

قائمة الأشكال

43	مستخلص نبات الحاد	الشكل 3.III
44	تشكل جسيمات أكسيد الزنك النانوية: (a) قبل تشكل، (b) بعد التشكل.	الشكل 4.III
44	جسيمات أكسيد الزنك النانوية بعد الحرق	الشكل 5. III
45	مخطط يوضح طريقة العمل لتوليف أكسيد الزنك النانوية بواسطة مستخلص نبات الحاد	الشكل 6.III
50	الصيغة الكيميائية لصبغة أزرق الميثيلين	الشكل 7.III
51	منحنى أطيايف UV-Vis و فجوة الطاقة الضوئية ل ZnO NPs (a,b)	الشكل 8.III
52	أطيايف FTIR ل ZnO NPs المصنعة من <i>Cornulaca monacantha Del.</i>	الشكل 9.III
53	أطيايف DRX ل ZnO NPs المصنعة من <i>Cornulaca monacantha Del.</i>	الشكل 10.III
54	تأثير الوقت على تفاعل على تحلل صبغة أزرق الميثيلين (a) ZnO NPs نسبة تحلل صبغة أزرق الميثيلين (b) ZnO NPs	الشكل 11.III

قائمة الجداول

قائمة الجداول		
الصفحة	الجدول	
الفصل الأول		
10	التصنيف النباتي لنبات الحاد. <i>Cornulaca monacantha Del</i>	الجدول (1.I)
الفصل الثالث		
40	يوضح المواد المستعملة في خطوات العمل..	الجدول (1.III)

الصفحة	العنوان
	الإهداء
	شكر و عرفان
	قائمة الرموز
	قائمة الأشكال
	قائمة الجداول
	الفهرس
2	المقدمة العامة
	الجزء النظري
	الفصل الأول: عموميات على نبات الحاد
6	1.I. عموميات حول العائلة الرمرامية <i>Chenopodiceae</i>
6	1.1.I. تعريف العائلة الرمرامية <i>Chenopodiaceae</i>
6	2.1.I. الوصف النباتي للعائلة الرمرامية (<i>Chenopodiaceae</i>)
7	3.1.I. التوزيع الجغرافي للعائلة الرمرامية
8	2.I. النبات الحاد <i>Cornulaca monacantha Del.</i>
8	1.2.I. تعريف نبات الحاد <i>Cornulaca monacantha Del.</i>
9	2.2.I. تسميات النبات الحاد
9	3.2.I. تصنيف النبات الحاد
10	4.2. I. الوصف النباتي للنبات الحاد <i>Cornulaca monacantha Del.</i>
11	5.2.I. التوزيع الجغرافي لنبات الحاد
12	6.2.I. استعمالات نبات الحاد <i>Cornulaca monacantha Del.</i>
13	خاتمة الفصل
14	مراجع الفصل الأول
	الفصل الثاني: عموميات على الجسيمات النانوية

18	1.II. المواد النانوية
18	1.1.II. تاريخها
19	2.1.II. تعريفها
20	2. II. أشكال المواد النانوية
21	1.2.II. النقاط الكمية
21	2.2.II. الفولورين
22	3.2.II. الكرات النانوية
22	4.2.II. الجسيمات النانوية
22	5.2.II. الأتابيب النانوية
24	6.2.II. الألياف النانوية
24	7.2.II. المركبات النانوية
25	8.2.II. الأسلاك النانوية
25	3.II. تصنيف المواد النانوية
25	1.3.II. الجسيمات النانوية العضوية
25	1.1.3.II. الدهون
26	2.1.3.II. الجسيمات النانوية القائمة على البوليمير
26	3.1.3.II. الأتابيب النانوية الكربونية (CNTs)
26	الجسيمات النانوية غير العضوية
26	4.II. الخواص الفيزيائية للمواد النانوية

26	1.4.II. الخواص المغناطيسية
25	2.4.II. الخواص البصرية(الضوئية)
27	5. II. طرق توليف الجسيمات النانوية
28	1.5.II. الطرق الفيزيائية
28	1.1.5.II. الاستئصال بالليزر
28	2.1.5.II. تخليق البلازما (synthèse plasmatique)
29	2.5.II. الطرق الكيميائية
29	1.2.5.II. طريقة Sol-gel
30	2.2.5.II. الطريقة الحرارية المائية
30	3.5. II. الطرق البيولوجية
30	1.3.5.II. التخليق الحيوي (باستخدام الكائنات الحية الدقيقة)
31	2.3.5.II. التخليق بالمستخلصات النباتية
31	3.3.5.II. تحضير الجزيئات الحيوية كقوالب
31	6.II. التقنيات المستخدمة في تشخيص المواد النانوية
32	7.II. تطبيقات المواد النانوية
32	1.7.II. مجال الكيمياء والبيئة
33	2.7.II. مجال الغذاء
33	3.7.II. مجال الالكترونات
33	4.7.II. مجال الصناعات النسيجية
34	5.7.II. مجال تقنية المياه

34	6.7.II مجال الفضاء
34	خاتمة الفصل
35	مراجع الفصل الثاني
	الفصل الثالث: الجزء العملي/النتائج والمناقشة
40	1.III. المواد والأدوات والأجهزة المستعملة
40	1.1.III. المواد الكيميائية
41	2.1.III. الأدوات
41	3.1.III. الأجهزة
41	2.III. المادة النباتية
41	1.2.III. تجميع وتحضير النباتات
42	2.2.III. الطحن
42	3.III. خطوات العمل
42	1.3.III. تحضير المستخلص المائي لنبذة
43	2.3.III. تحضير جسيمات أكسيد الزنك النانوية
45	4.III. تقنيات التوصيف
45	1.4.III. مطياف الأشعة فوق البنفسجية(Uv-visible spectrophotometer, (visible
47	2.4.III. مطيافية الأشعة تحت الحمراء Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR)
48	3.4.III. حيود الأشعة السينية (DRX , X-ray Diffraction)
48	4.4.III. دراسة فعالية إزالة الملوث من وسط مائي

50	1.4.4.III. تجربة إزالة الصبغة أزرق الميثيلين من مياه المستعلة(التحفيز الضوئي)
51	5.III. النتائج والمناقشة
51	1.5.III. توصيف جسيمات النانوية
51	1.1.5.III. مطياف الإمتصاص المرئي والأشعة فوق البنفسجية
52	2.1.5.III. جهاز "فوربييه" لتحويل طيف الأشعة تحت الحمراء
52	3.1.5.III. حيود الأشعة السينية (DRX)
53	2.5.III. إزالة صبغة أزرق الميثيلين
55	خلاصة الفصل
56	مراجع الفصل الثالث
57	الخاتمة العامة

الله أكبر

تكنولوجيا النانو مصطلح يطلق على العلم الذي يعنى بهندسة المواد والتحكم فيها على مستوى وحدة النانومتر، حيث يتراوح حجم الجسيمات ما بين 1 إلى 100 نانومتر، تمثل هذه النطاقات الصغيرة فرصة لتغيير خصائص المواد بشكل جذري، مما يجعلها مثالية تعتمد لتطبيقات مختلفة^[1,2].

تزايدت الأبحاث وانشغل الباحثون من كل المجالات بهذه التقنية في الآونة الأخيرة ، ويمكن تعريف مصطلح النانو Nano بأنه مشتق أساسا من كلمة نانو Nano اليونانية والتي تعنى القزم وتستعمل للدلالة على واحد من المليار من المتر وتتميز المواد النانوية بخصائص ميكانيكية وحرارية وكيميائية وحيوية وخصائص أخرى مختلفة عن المواد الأساسية المكونة لها بسبب مساحتها السطحية الكبيرة الى نسبة الحجم وتأثير الكم^[1,3].

استخدمت عدة طرق في توليف الجسيمات النانوية منها: الطرق الكيميائية، والفيزيائية الا أن هذه الطرق تعد مكلفة وسامة للبيئة وصحة الإنسان، لذا التجأ الباحثين إلى إيجاد طرق حيوية بسيطة وغير مكلفة وصديقة للبيئة ولا تضر بصحة الإنسان تعتمد على الموارد الطبيعية مثل المستخلصات النباتية وأنواع من الكائنات الحية الدقيقة مثل البكتيريا والفطريات وبوليمرات لصنع جسيمات نانوية معدنية مثل الفضة و الزنك والمغنسيوم وغيرها^[4,5].

اكتسبت الطرق الجديدة لتخليق الجسيمات النانوية المعدنية اهتمامًا كبيرًا من العديد من الباحثين، عادة ما يتم تطبيق الطرق الكيميائية والفيزيائية للحصول على الجسيمات النانوية المعدنية ومع تقاوم المشكلات البيئية وأثرها على صحة الإنسان، وأصبح التركيز على الطرق الخضراء لتحضير الجسيمات النانوية المعدنية ضرورة قصوى^[6].

تم التحضير الحيوي للجسيمات النانوية باستخدام نواتج أيض الكائنات الحية الدقيقة، مثل الفيروسات، البكتيريا، الفطريات الشعاعية، والفطريات الحقيقية بما في ذلك الخمائر والطحالب، بالإضافة إلى المستخلصات النباتية، وتحتوي هذه المصادر على مركبات عضوية، مثل الفلافونويدات، الأحماض

الأمينية، الأحماض الكربوكسيلية، الكيتونات، الفينولات، والبروتينات، وتلعب هذه المركبات دورًا مهمًا في إرجاع الأملاح المعدنية وإنتاج الجسيمات النانوية بطرق سهلة وسريعة وآمنة بيئيًا¹⁷¹.

تهدف هذه الدراسة إلى التصنيع الأخضر لبعض الأكاسيد النانوية المعدنية وتطبيقاتها في معالجة المياه، لذلك تم تقسيم العمل في هذه الدراسة إلى ثلاثة فصول.

- **الفصل الأول:** تمحور حول عموميات على النبات الحاد . *Cornulaca monacantha Del* ، حيث تعرفنا عليه وعلى عائلته وتسمياته وتصنيفه وأماكن تواجده واستعمالاته في العديد من المجالات.

- **الفصل الثاني:** عموميات على الجسيمات النانوية حيث تم التعرف على تاريخ النانو والى أشكالها وتصنيفها وطرق توليفها وأهم تطبيقاتها.

- **الفصل الثالث:** الجزء العملي والنتائج والمناقشة تم في هذا الفصل تحضير جسيمات أكسيد الزنك وتأكيد بنيته بطرق التحليل الطيفية وتم أيضا مناقشة النتائج المتحصل عليها.

ختاما وفي الخلاصة العامة حول هذه الدراسة تعرض مدى تحقيق الأهداف المرجوة من الدراسة وذلك من خلال النتائج المتحصل عليها.

مراجع المقدمة العامة

- [1] S. Bayda, M. Adeel, T. Tuccinardi, M. Cordani, and F. Rizzolio, "The history of nanoscience and nanotechnology: from chemical–physical applications to nanomedicine," *Molecules*, vol. 25, p. 112, 2019.
- [2] J. Hulla, S. Sahu, and A. Hayes, "Nanotechnology: History and future," *Human & experimental toxicology*, vol. 34, pp. 1318-1321, 2015.
- [3] S. Ranjan, N. Dasgupta, A. R. Chakraborty, S. Melvin Samuel, C. Ramalingam, R. Shanker, *et al.*, "Nanoscience and nanotechnologies in food industries: opportunities and research trends," *Journal of nanoparticle research*, vol. 16, pp. 1-23, 2014.
- [4] M. S. Samuel, M. Ravikumar, A. John J, E. Selvarajan, H. Patel, P. S. Chander, *et al.*, "A review on green synthesis of nanoparticles and their diverse biomedical and environmental applications," *Catalysts*, vol. 12, p. 459, 2022.
- [5] A. A. Alhamad, S. Zeghoud, I. B. Amor, A. Zaater, A. B. Amor, A. Aouadif, *et al.*, "AA short review of nanomaterials: synthesis methods, properties, and applications," *Algerian Journal of Chemical Engineering AJCE*, vol. 1, pp. 01-07, 2023.
- [6] P. Szczyglewska, A. Feliczak-Guzik, and I. Nowak, "Nanotechnology–General Aspects: A Chemical Reduction Approach to the Synthesis of Nanoparticles," *Molecules*, vol. 28, p. 4932, 2023.
- [7] S. Zeghoud, H. Hemmami, B. B. Seghir, I. B. Amor, I. Kouadri, A. Rebiai, *et al.*, "A review on biogenic green synthesis of ZnO nanoparticles by plant biomass and their applications," *Materials Today Communications*, vol. 33, p. 104747, 2022.

النفوس والأولاد

يعتبر النبات الحاد *Cornulaca monacantha Del.* التابع للعائلة الرمرامية *chenopodiaceae* أحد النباتات البرية الذي يتميز بالكثير من الخصائص المرفولوجية والفسولوجية مكنته في العيش والإنتشار في البيئات القاحلة، تتمثل هذه الخصائص في تحول أوراقه إلى أشواك التقليل من النتح والقدرة على تخزين المياه، كما أنه يعد من النباتات المتحملة للملوحة [1] إضافة إلى تحمل الحرارة والجفاف إذ يكون كثير الانتشار والنمو في فصل الصيف [2].

1.I. عموميات حول العائلة الرمرامية *Chenopodiaceae* :

1.1.I. تعريف العائلة الرمرامية *Chenopodiaceae* :

هي فصيلة نباتية تابعة للرتبة القرنفلية (Caryophyllales) من النباتات الملحية، لذلك تتميز بكثرة في الصحاري المالحة وقرب المستنقعات والاهوار، كما يمكن أن تنمو في المناطق القاحلة، و تتميز بأن معظم نباتاتها عبارة عن أعشاب حولية أو معمرة، نادرا ما تكون شجيرات أو أشجار [3].

تضم العائلة الرمرامية حوالي 114 جنس، و 1400 نوعا، وتعرف نباتات هذه العائلة بأزهارها عديمة البتلات كما تتميز أيضا بوجود أنواع يمكن زرعها مثل الشمندر السبانخ والسلق وأنواع أخرى تنبت في الصحاري، يوجد في الجزائر 75 جنس من عائلة *Chenopodiaceae* [4,5].

2.1.I. الوصف النباتي للعائلة الرمرامية (*Chenopodiaceae*) :

تتميز نباتات هذه العائلة بجذور وتدية ذات امتدادات عميقة في التربة و أوراق بسيطة متبادلة؛ غالبا تكون عسارية أو غضة، عديمة الأذينات، والأزهار صغيرة الحجم، منتظمة ثنائية الجنس غالبا، وقد تكون وحيدة الجنس كما في السبانخ (*Spinacia*) تتجمع في نورات غير واضحة تشبه السنبله، أو في نورات محدودة الغلاف الزهري بسيط مكون من خمسة قطع (بتلات) منفصلة أو ملتحة القواعد يعرف بالغلاف الزهري كأسى المظهر (*sepaloid perianth*) ، الطلع خماسي الأسدية التي تتوضع عادة بشكل حر مقابل للبتلات، المدقة مكونة من كرتلتين أو ثلاث كرايل ذات مبيض علوي أو محيطي أحيانا كما في

جنس Beta، وهو وحيد المسكن ذو وضع مشيمي قاعدي أو جداري و الثمرة بندقة أو فقيرة، كروية أو بيضوية أو جرابية البذور أندوسبرمية ذات جنين معكوف أو حلزوني [7,6] كما هو موضح في الشكل (1.I).



الشكل (1.I) : رسم تخطيطي للأجزاء المهمة للعائلة الرمرامية [8,6].

3.1.I. التوزيع الجغرافي للعائلة الرمرامية :

تشمل هذه العائلة تقريبا على 100 جنس و 1000 نوع، حيث تنمو النباتات البرية بشكل رئيسي في المناخات الجافة أو الشبه جافة، منتشرة في جميع أنحاء العالم بتحديد في المناطق الجافة والملحية كما هو موضح في الشكل (2.I) ، حيث تتواجد بكثرة في الصحراء الشمالية بنسبة 20/1 [9] ، و تتواجد أيضا في البحر الأبيض المتوسط الصحراء الشرق الأوسط السهول والصحاري في آسيا الوسطى وجنوب إفريقيا

واستراليا^[10]، تحتوي هذه العائلة على العديد من الأنواع النباتية التي تتميز بعضها بالمواد الطبيعية، من أهم هذه الأنواع النباتية نذكر منها نبات الغبيثاء، نبات الضمران، نبات الباقل، نبات الحاد .



الشكل (2.I) : توضح الخريطة الانتشار الجغرافي للنباتات العائلة الرمامية في العالم ^[11] .

2.I. النبات الحاد . *Cornulaca monacantha* Del. :

1.2.I. تعريف نبات الحاد . *Cornulaca monacantha* Del. :

نبات الحاد *Cornulaca monacantha* Del. أو الحاد كما يعرف في دول الخليج، هو نبات بري صحراوي يزهر من بداية الصيف حتى فصل الخريف ينتشر بشكل واسع وينمو في معظم المناطق، مثل ما يوضحه **الشكل (3.I)** حيث نجده في العروق والصحن؛ كما يمكن أن ينمو قرب الترب المالحة، ويعتبر غذاء أساسيا لعدة حيوانات صحراوية خاصة الجمال ويعتبر من النباتات المقاومة لدرجات الحرارة العالية والجفاف؛ وله دور مهم في تثبيت التربة والرمال ^[7] .



الشكل (3.I) : صور مختلف أجزاء للنبات الحاد. *Cornulaca monacantha* Del. [12,2,1].

2.2.I. تسميات النبات الحاد :

إن اختلاف تسميات النوع *Cornulaca monacantha* Del. يرجع لاختلاف أماكن تواجده حول

العالم واختلاف اللغات واللهجات العديدة، حيث يأخذ هذا النوع النباتي عدة أسماء :

✚ التسمية العربية: الحاذ، الحاد و السليج [7].

✚ التسمية الطارقية Tahara [13].

3.2.I. تصنيف النبات الحاد :

ينتمي نبات *Cornulaca monacantha* Del. للعائلة الرمرامية والتي تنقسم للعديد من الاجناس

والأنواع النباتية حيث يوضح الجدول (1.I) التصنيف النباتي لنبات الحاد :

الجدول (1.I) : التصنيف النباتي لنبات الحاد. *Cornulaca monacantha Del.* [14].

Taxonomy			التصنيف
Kingdom	Plantae	نباتية	المملكة
Phylum	Tracheophyta	نباتات وعائية	الشعبة
Division	Angiospermae	مغطاة البذور (زهريّة)	القسم
Class	Dicotyledonae	ثنائيات الفلقة	الطائفة
Subclass	Caryphlladae	الكاريوفليديات	تحت الطائفة
Order	Caryphyllales	القرنفليات	الرتبة
Family	Chenopodiaceae	الرمرامية	العائلة
Gender	<	/	الجنس
Specie	<i>Cornulaca monacantha Del.</i>	الحاد	النوع

4.2.I. الوصف النباتي للنبات الحاد . *Cornulaca monacantha Del.*

نبات الحاد هو عبارة عن جنبيات برية خشبية معمرة، يصل طولها إلى المتر [2]، ملساء مليئة بالأشواك [1]، وتتميز بساق قائمة خشبية كثيرة النفرع من الأسفل البالغة منها ذات قلف مشقق خضراء وشاحبة اللون [2،15،16].

الحاد ذو أوراق صغيرة متبادلة، جالسة مثلية الشكل، منحنية للخارج [2،7،17]، و تبدأ بقاعدة عريضة تحتضن الساق وتنتهي بشوكة حادة [18] مكسوة بالزغب عند الربط، الأزهار صغيرة، خنثى إبطية، تتجمع في نورة مكونة من 3 إلى 5 أزهار [1،16،19]، محاطة بكتلة صوفية أو عليها شعيرات صوفية وبرية، كثيفة على الأفرع العلوية والقنابات ذات أطرف شوكية الغلاف الزهري مكون من 5 سبلات تنتهي إحداها بريشة إبرية [2]، أما الطلع فيتألف من 5 أسدية و 5 حوامل أسدية ويكون المتاع مؤلف من كربلتين

ملتحمتين ، الثمرة جافة [19.18] بيضاوية الشكل، فقيرة لمساء ذات بذور عمودية و تكون مزودة بشعيرات [12] كما في الشكل (4.I) .

الإزهار يكون من بداية فصل الصيف حتى فصل الخريف [7.1] .



الشكل (4.I) : رسم تخطيطي لنبات *Cornulaca monacantha* Del.

5.2.I. التوزيع الجغرافي لنبات الحاد :

✚ في الجزائر: ينتشر في الصحراء الشمالية بجزأياها الشرقي والغربي وكذلك في الصحراء الوسطى وصول إلى الهقار ونادر الوجود في الصحراء الغربية [16.17.18] ، ينمو بشكل واسع في معظم مناطق وادي سوف كما يمكن أن تجده قرب التربة المالحة [7] .

✚ عربيا ينتشر في المناطق الصحراوية العربية [20.7] أهمها: البحرين الكويت عمان قطر السعودية اليمن الجزائر ليبيا ومصر [1.2.16] .

عالميا يتواجد في صحاري شمال افريقيا وغربها، شبه الجزيرة العربية، جنوب غربي آسيا حتى الباكستان وبعض مناطق عمان وإيران [16.2] يوضح ذلك الشكل (5.I) :



الشكل (5.I) : التوزيع الجغرافي للنبات الحاد. *Cornulaca monacantha* Del. [12]

6.2.I. استعمالات نبات الحاد. *Cornulaca monacantha* Del. :

للنبات الحاد استعمالات كثيرة في العديد من النواحي نذكر منها:

من الناحية الطبية: تستعمل أوراق وأغصان نبات الحاد عن طريق النقع، أو كشاي في علاج بعض

أمراض الكبد [21] واليرقان كما أن له تأثير مطهر [22].

من الناحية الصيدلانية: لا توجد أي معلومات حول استعمالات النبات في هذا المجال مع التأكد من

عدم تسميته [16].

من الناحية الغذائية: يعتبر نبات الحاد مصدرا مهما لغذاء العديد من الحيوانات الصحراوية خصوصا

الجمال إذ يمكنها من زيادة إنتاج الحليب [20.1].

من الناحية البيئية: يعتبر نبات الحاد من النباتات المقاومة للحرارة والجفاف إذ يلعب دورا مهما في

تثبيت التربة والرمال [7].

خاتمة الفصل:

تم في هذا الفصل التطرق الى عموميات حول نباتات العائلة الرامرامية من بينها نبات الحاد، من ناحية تعريفه وتصنيفه وتوزيعه الجغرافي واستعمالات هذا النبات في علاج بعض الأمراض مثل: أمراض الكبد واليرقان.

مراجع الفصل الأول:

مراجع بالعربية:

- [1] فوزي محمد كريم ، عبد الله الدخيل ، النباتات المحتملة للملوحة في دولة الامارات العربية المتحدة المركز الدولي للزراعة الملحية الامارات العربية المتحدة، ص: 70، 2013.
- [2] الخطيب قواس محمد داغستاني بن حمد العلوي سالم بن سالم الفارسي خلدان، الدليل الحقل المصور للنباتات البرية في سلطنة عمان. دائرة الاعلام التنموي، وزارة الزراعة والثروة السمكية، سلطنة عمان، ص: 69 ، 2015.
- [3] شنقارة والعايش، مساهمة في دراسة تأثير المناخ المحلي على المحتوى الفينولي والنشاطية المضادة للاكسدة لنبات الحاد/*Cornulaca monacantha Del* النامي في منطقة وادي سوف. مذكرة لنيل شهادة ماستر أكاديمي جامعة الشهيد حمه لخضر-الوادي، الجزائر، ص:15، 2018.
- [4] خطاف عبد الكريم، فصل وتحديد نواتج الأيض الثانوي *Salsolatetragona Del* chenopodiaceae. مذكرة لنيل شهادة الماجستير، جامعة منتوري، قسنطينة، ص:120، 2011.
- [5] برير و بحير، تأثير طرق الاستخلاص على المحتوى الكمي العدييات الفينول و الفلافونويدات ، مذكرة لنيل شهادة ماستر اكاديمي، *Anabasis articulata*. نبات النشاطية البيولوجية مستخلص جامعة الشهيد حمه لخضر-الوادي، الجزائر، ص: 47، 45، 44، 10، 35، 6، 5، 2018.
- [6] محمد علي الموسوي، علم تصنيف النبات الطبعة الاولى، دار الكتب للطباعة والنشر، بغداد العراق. ص: 227 ، 1987.
- [7] حليس يوسف، الموسوعة النباتية لمنطقة سوف مطبعة الوليد، الوادي، ص : 92، 2007.
- [8] عبد الفتاح، بدر تصنيف النباتات الزهرية الطبعة الأولى، دار الأندلس للنشر والتوزيع، المملكة العربية السعودية ودراسة الفعالية المضادة للأكسدة لنبته، ص: 210 - 211، 2006.

[14] محمد علي احمد، تصنيف الكائنات الحية: مملكة النبات الناشر: دار المعارف، القاهرة، مصر، ص:30 ، 2003.

[18] بابا عيسى فريد، بابا عيسى جوناي، محمد خير جمعة، موسوعة النباتات المفيدة، توزيع مكتبة ابن النفيس، دمشق، سوريا، (2002). ص: 334.

[20] محمد محمود، ضرفاوي محمد، عبد العظيم عبد المجيد، زيدان علي، أبو عفيفة خالد عبد الرحيم ، دراسة حول النباتات الرعوية الواعدة في الموطن العربي المنظمة العربية للتنمية الزراعية الخرطوم، جمهورية السودان، ص:58، 2006.

مراجع بالفرنسية:

[9] OZENDA P Flore et végétation du Sahara. 3ème édition, Paris.édition ,p: 622 Cnrs, 1991.

[10] BOUZGHAIA B Etude phytochimique de la plant *Bassia muricata* diplôme de magister, université El Haj Lakhdar, BATNA ,P:11 ,2009.

[11] Cherrada, N., Elkhalifa Chems, A., Gheraissa, N., Zaater, A., Benamor, B., Ghania, A , & Teferi Asres , Antidiabetic medicinal plants from the Chenopodiaceae family: a comprehensive overview. International Journal of Food Properties, 194-213 , 2024.

[12] PALICI I. F; Valorisation des activités Biologiques de certaines espèces végétales Sahariennes Nord-Africaines. Thèse de Doctorat, Université de Bordeaux, p: 44, 59 , 2016.

[13] AMER. M.A.; DAWIDAR, A.M.; FAYEZ, M.B. Constituents of local plants. XVII. The triterpenoid constituents of *Cornulaca monacantha* . *Planta Med* , p: 289 ,1974 .

[15] BATTANDIER J. A; Flora de l'Algérie. Typographic adolphe. Jourdan, Paris, librairie F. Savy , p: 767 , 1888.

[16] BENHOUHOU S; A guide to medicinal plants in North Africa. IUCN Centre for Mediterranean Cooperation, Malaga, Spain , p: 85 , 2005.

[17] CHEHMA A: Catalogue des plantes spontanées du Sahara septentrional Algérien Laboratoire de recherche :< Protection des écosystèmes en zones Arides .et semi-Arides>, Université Kasdi Merbah, Ouargla, p : 63 , 2006.

[19] QUEZEL P., SANTA S; Nouvelle flora d'Algérie et des régions désertiques méridionales. Edition du centre national de la recherche scientifique, tome 01, Paris, France , p :298 , 1962.

[21] ASHOUR M.A.ALSUWAYT B. biological evaluation of *Cornulaca monacantha* Del. International journal of pharmaceutical and phytopharmacological Research (EIJPPR).vol 9 no ,p71.75 , 2019.

[22] OULD EL HADJ M.D.HADJ- MAHAMMED M.ZABEIROU H.CHEHMA A. importance des plantes spontanées médicinales dans la pharmacopée traditionnelle de la région de Ouargla (Sahara septentrional est algérien). sciences et technologie. université Mentouri Constantine. vol20 p73.78 ,2003.

الفصل الثاني

في

برز مصطلح علوم وتقنيات النانو في بدايات القرن الحادي والعشرين^[1] حيث تحتل تقنية النانو اليوم صدارة الإهتمامات العلمية والبحثية في مراكز البحث والجامعات في أنحاء^[2] حيث تزيد عدد الشركات العالمية التي تعمل في المجال إلى حوالي 2000 شركة تبذل أعمالها في مجال المواد الخام النانوية، التكنولوجيا الحيوية الطبية، علوم الأحيائية، الأجهزة والخدمات التي تعود بتطورات جديدة في الإلكترونيات، والاتصالات والتقنية الحيوية وفي علوم الطب والمياه والبحث البيئي وغيرها من صناعة السيارات، مستحضرات تجميل، البناء، الأجهزة المنزلية، الطاقة والزراعة^[3].

1.II. المواد النانوية:

1.1.II. تاريخها:

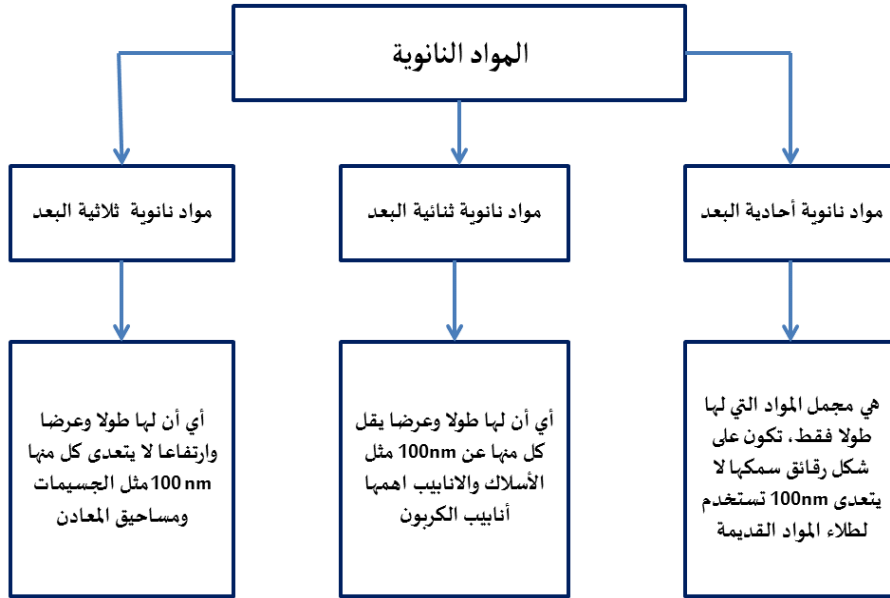
لا يمكن تحديد عصر أو حقبة معينة لبروز تقنية النانو ولكن من الواضح أن من أوائل الناس الذين استخدموا هذه التقنية هم صانعي الزجاج في العصور الوسطى، حيث كانوا يستخدمون حبيبات الذهب النانوية الغروية للتلوين؛ وفي العصر الحديث ظهرت بحوث ودراسات عديدة حول مفهوم تقنية النانو وتصنيع موادها، ففي عام 1959 تحدث العالم الفيزيائي المشهور ريتشارد فيمان إلى الجمعية الفيزيائية الأمريكية في محاضراته الشهيرة بعنوان (هناك مساحة واسعة في الأسفل) قائلاً بأن المادة عند مستويات صغيرة للغاية بعدد قليل من الذرات تتصرف بشكل مختلف عن حالته عندما تكون بالحجم المحسوس، وعند هذه المستويات تتغير كثير من المفاهيم الفيزيائية وقبل هذه المحاضرة وبالرغم من وجود أبحاث قليلة على مواد بمستوى النانو وإن كانت لم تسمى بهذا الاسم في تلك الفترة، فقد تمكن العالم ألهير من تسجيل مشاهداته للسيلكون الاسفنجي (*Silicium poreux*) عام 1956^[4].

وقد ظهر مسمى تقنية النانو عام 1979 عبر تعريف البروفسور تانيقوشي Tanigoshi في ورقته العلمية المنشور في مؤتمر الجمعية اليابانية للهندسة الدقيقة حيث قال (أن تقنية النانو تركز على عمليات فصل، واندماج، وإعادة تشكيل المواد بواسطة ذرة واحدة أو جزئ) في أوائل 1980 كان هناك اهتمام خاص بإعداد جزيئات صغيرة جدا من أشباه الموصلات بهدف تصميم أنظمة إلكترونية مصغرة، لقد أدت

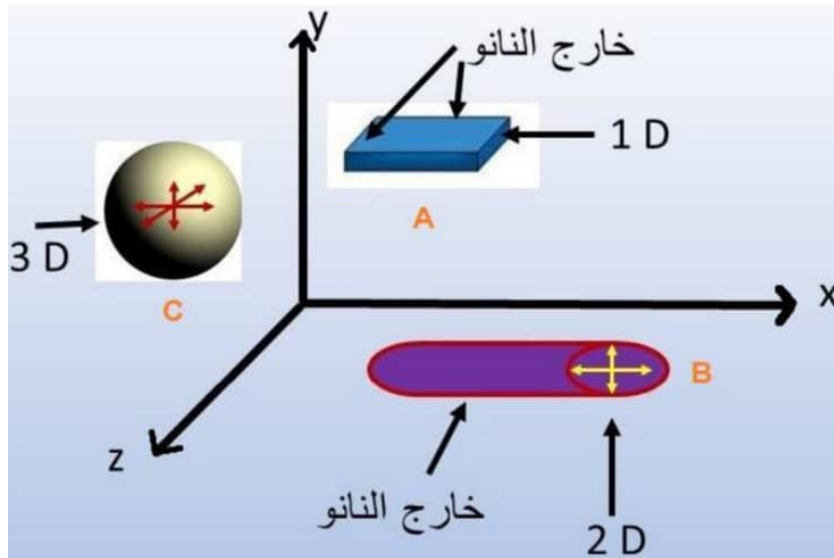
تقنيات التطوير التي طورها العالم افروست اكيروف (Avroost Ikimov) في مجال نمو البلورات إلى إتقان نمو البلورات النانوية شبه الموصلة في المصفوفات الزجاجية، منذ 1990 تم إجراء العديد من الدراسات من قبل الباحثين والفيزيائيين والكيميائيين من أجل فهم العلاقة بين الحجم والخصائص الفيزيائية والكيميائية للجسيمات النانوية [4, 5].

2.1.II. تعريفها:

تكنولوجيا النانو هي العلم الذي يهتم بدراسة معالجة المادة على المقياس الذري والجزيئي تهتم تكنولوجيا النانو بابتكار تقنيات ووسائل جديدة تقاس أبعادها بالنانومتر وهو جزء من الألف من الميكرو متر أي جزء من المليون من الميليمتر [3] يمكن القول أن المواد النانوية هي تلك الفئة المتميزة من المواد المتقدمة التي يمكن إنتاجها بحيث تتراوح مقاييس أبعادها أو أبعاد حبيباتها الداخلية بين 1 نانومتر و 100 نانومتر وقد أدى صغر هذه المواد أن تختلف صفاتها عن المواد الأكبر حجما (أكبر من 100 نانومتر) وتعد هذه المواد هي مواد البناء للقرن الحادي والعشرين وركن مهم من أركان تكنولوجيايات هذا القرن، وتتنوع المواد النانوية من حيث المصدر وتختلف باختلاف نسبها، كان تكون مواد عضوية أو غير عضوية طبيعية أو مخلفة (مصنعة) وتتخذ المواد النانوية أشكالا عدة، لكل منها تركيب وخصائص ومقياس لقطرها وطولها الموضحة في الشكل (1. II) ولكل منها استخدامات مميزة أيضا، ويمكن تصنيف المواد النانوية وفقا لعدد الأبعاد النانوية كما هو موضح في الشكل (2. II) [6]:



الشكل (1. II): تصنيف المواد النانوية^[7].



الشكل (2. II): أنواع المواد النانوية من حيث الأبعاد والشكل حيث A: طبقات نانوية أحادية البعد

(1D); B: أنابيب نانوية ثنائية البعد (2D); C: جسيمات نانوية ثلاثية البعد (3D)^[7].

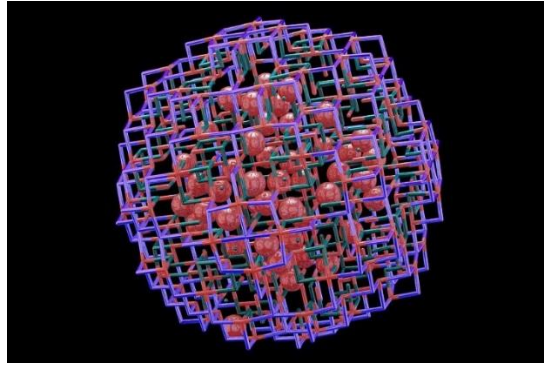
2. II. أشكال المواد النانوية:

للمواد النانوية أشكالاً مختلفة ولكل منها تركيبها وخصائصها وقياس طولها ولقطرها وكذلك استخدامات

مميزة خاصة بها، ويمكن تصنيف المواد النانوية كما يلي:

1.2.II. النقاط الكمية:

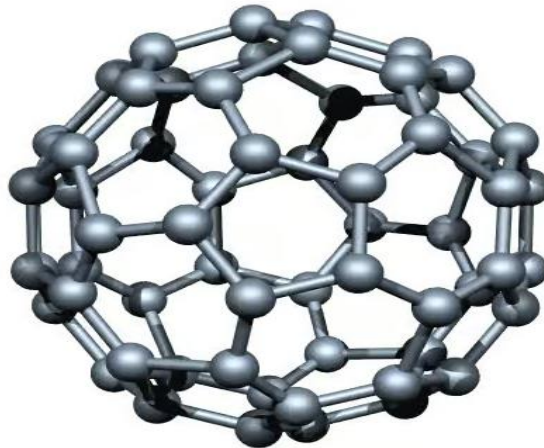
وهي تركيب نانوي شبه موصل ثلاثي الأبعاد يتراوح بعده بين 2 و 10 نانومتر، وهذا ما يقابل من 10 إلى 50 ذرة في القطر الواحد، و 100 إلى 100000 في حجم النقطة الكمية الواحدة. أما عندما يكون قطر النقطة الكمية تساوي 10 نانومتر فإنه إذا رصفنا 3 ملايين نقطة كمية بجانب بعضها البعض تحصل على طول يساوي عرض أصبع إبهام الإنسان كما في الشكل (3. II) [18]:



الشكل (3. II): النقاط الكمية [18].

2.2.II. الفولورين:

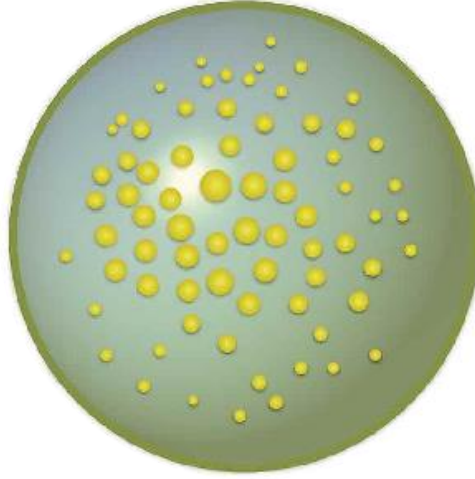
وهو عبارة عن تركيب نانوي آخر للكربون وهو عبارة عن جزيء مكون من 60 ذرة كربون وتم الترميز لها بالرمز C₆₀ ، إن جزيء الفولورين كروي يشبه كرة القدم المنقطة كما في الشكل أدناه الشكل (4. II) [19]:



الشكل (4. II): الفولورين [19].

3.2.II. الكرات النانوية:

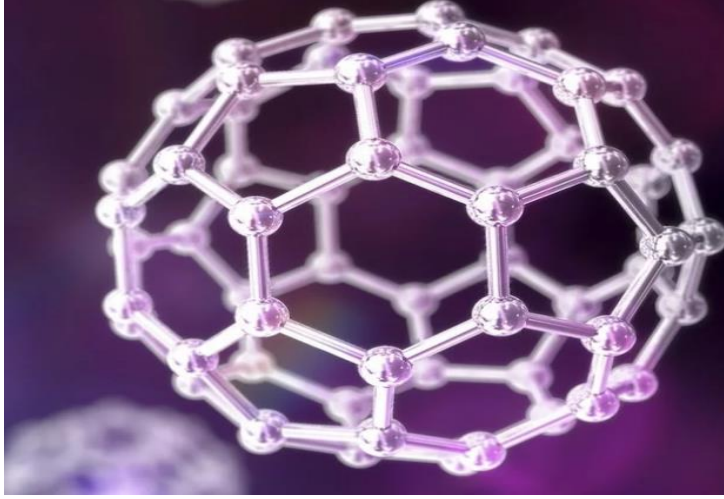
والتي هي من أهمها كرات الكربون النانوية والتي هي تنتمي الفئة الفلورينات من مادة C60، ولكنها تختلف عنها قليلا في التركيب حيث انها متعددة القشرة كما أنها فارغة المركز، والكرات النانوية لا يوجد على سطحها فجوات وقد يصل قطر الكرة الواحدة إلى 500 نانومتر أو أكثر **والشكل (5. II)** يوضح ذلك^[10]:



الشكل (5. II): الكرات النانوية ^[10].

4.2.II. الجسيمات النانوية:

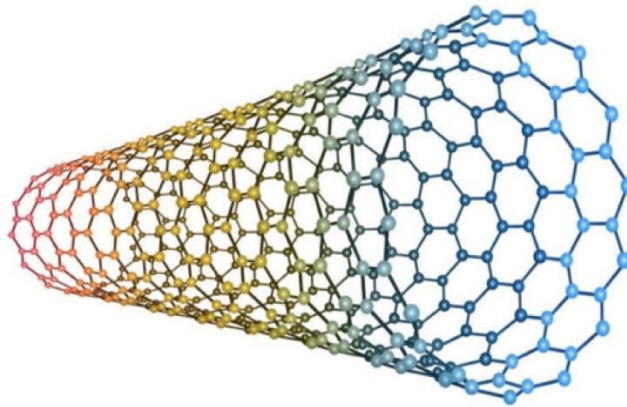
لقد تم حديثا تصنيع جسيمات نانوية من الفلزات والعوازل وأشباه الموصلات والتركيبات المهجنة لجسيمات نانوية ذات طبيعة شبه صلبة، وتعتبر جسيمات النحاس النانوية (أقل من 50 نانومتر) ذات صلابة عالية وغير قابلة للطرق والسحب على عكس جسيمات النحاس العادية حيث يمكن ثنيها وطرقها وسحبها كما في **الشكل (6. II)** ^[11] :



الشكل (6. II): الجسيمات النانوية^[11].

5.2.II. الأنابيب النانوية:

وهي عبارة عن شرائح تطوى بشكل أسطواني وتكون نهاية الأنبوب مفتوحة وأخرى مغلقة وبشكل دائرة وقد تكون مصنوعة من مواد عضوية مثل الكربون أو مواد غير عضوية مثل: أكاسيد الفلزات تتمتع هذه الأنابيب بالقوة والصلابة والناقلية الكهربائية، وعادة ما تكون أكاسيد الفلزات أقل وأضعف من أنابيب الكربون يتراوح قطر الأنبوب النانوي بين 1 و 100 نانومتر وطولها يبلغ 100 ميكرومتر ليشكل سلك نانوي، للأنابيب النانوية عدة أشكال فمثلا قد تكون مستقيمة أو لولبية أو متعرجة أو غير ذلك الشكل (7. II) ^[12]:

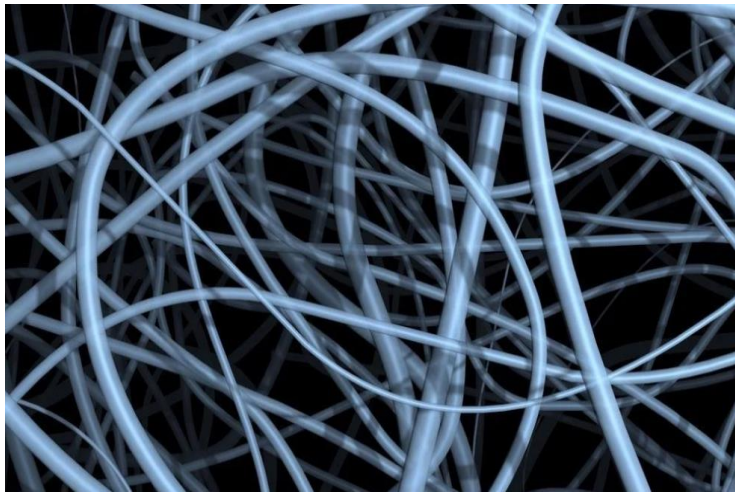


الشكل (7. II): الأنابيب النانوية^[12].

6.2.II. الألياف النانوية:

هذه الألياف تتميز بمساحة سطح وحجم كبير، بحيث أن عدد ذرات السطح كبيرة بالنسبة للعدد الكلي وهذا ما يكسبها خواص ميكانيكية مميزة كالصلابة وقوة الشد وغيرها، ولكن لديها صعوبة التحكم باستمراريتها واستقامتها وتراسعها، ويتم استخدام هذه الألياف في الطب وزراعة الأعضاء كالمفاصل والتتام الجروح ونقل الأدوية في الجسم، كما تستخدم في المجالات العسكرية كالتقليل من مقاومة الدواب كما في الشكل (8. II)

[13]:



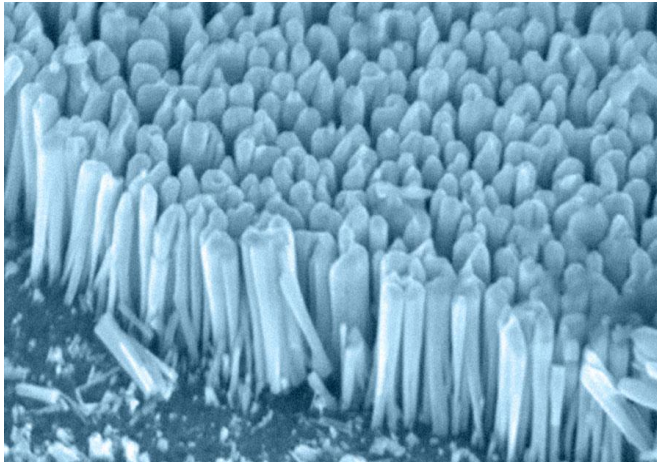
الشكل (8. II): الألياف النانوية [13].

7.2.II. المركبات النانوية:

وذلك بإضافة جسيمات نانوية إلى مواد خلال تصنيعها، مما يؤدي إلى تحسين خصائص المواد النانوية فعلى سبيل المثال تؤدي إضافة أنابيب الكربون النانوية إلى تغيير خصائص التوصيلية الكهربائية والحرارية للمادة وكذلك إضافة أنواع أخرى من الجسيمات النانوية تؤدي إلى تحسين الخصائص الضوئية وخصائص العزل الكيميائي والخصائص الميكانيكية مثل الصلابة والقوة وإضافة إلى ذلك أن تكون النسبة المئوية الحجمية [14, 15].

8.2.II. الأسلاك النانوية:

وهي عبارة عن أسلاك نانوية يقل قطرها عن واحد نانومتر وبأطوال مختلفة أي أن نسبة طول على عرض تزيد عن 1000 مرة فهي إذا تلتحق بالماد ذات البعد الواحد وهي تتفوق عن الاسلاك العادية التقليدية، كما أن هذه الأسلاك غير موجودة في الطبيعة بل يتم تصنيعها في المخابر بطرق عديدة منها قذف سلك كبير بواسطة جسيمات ذات طاقة عالية كما أنه يمتلك عدة اشكال منها الحلزونية او متماثلة خماسية وعند تحضيرها تكون معلقة من الطرف العلوي او مترسبة على سطح اخر كما أن للأسلاك النانوية عدة استخدامات مستقبلية كربط مكونات الكترونية داخل دائرة صغيرة وتستخدم أيضا لتصنيع جهاز الكمبيوتر كما موضح في الشكل (9. II) [16]:



الشكل (9. II): الأسلاك النانوية [16].

3.II. تصنيف المواد النانوية:

1.3.II. الجسيمات النانوية العضوية:

1.1.3.II. 1. الدهون:

تُعرف بمجاميع جسيمة مرنة وقابلة للتغيير فهي مستوحاة من تنظيم أغشية الخلايا وتتكون من التجميع الذاتي لطبقة أحادية من الفوسفوليبيد يكون رأسها محباً للماء [17].

1.3.II.2. الجسيمات النانوية القائمة على البوليمير:

يتم إنتاج العديد من البوليميرات العضوية بالمقياس النانوي مثل البولي فينيل كلوريد والبولسترين و يمكن تعديل هذه المركبات كيميائياً [18].

1.3.II.3. الأنابيب النانوية الكربونية (CNTs): تتشكل من جدار واحد من الجرافين أو من طبقات متعددة مترابطة [19].

2.3.II. الجسيمات النانوية غير العضوية:

بجانب الجسيمات النانوية العضوية، تم تطوير أيضاً الجسيمات النانوية غير العضوية والتي ليست مصنوعة من الكربون، و يمكن تصنيفها إلى معادن مثل جسيمات الذهب والفضة، وجسيمات السيليكا وأكسيد المعادن، ونقاط الكم الصغيرة، تم تطوير الجسيمات النانوية غير العضوية لتلعب دوراً أساسياً في مجال التكنولوجيا الحيوية، حيث تتميز بخصائص فيزيائية فريدة تتعلق بشكل أساسي بالحجم في مجال النانومتريات، وتشمل الخصائص البصرية والمغناطيسية والكهربائية والتحفيزية [20].

4.II. الخواص الفيزيائية للمواد النانوية:**1.4.II. الخواص المغناطيسية:**

يمكن التحكم في الخواص المغناطيسية للجسيمات النانوية عبر ضبط أحجامها وأشكالها، حيث تظهر هذه الجسيمات كأجسام مغناطيسية فائقة الشدة، ويمكن استخدامها في تطبيقات متعددة مثل تخزين البيانات المغناطيسية وتقنية التصوير بالرنين المغناطيسي (MRI) والتطبيقات الطبية والحيوية لنقل الأدوية [21].

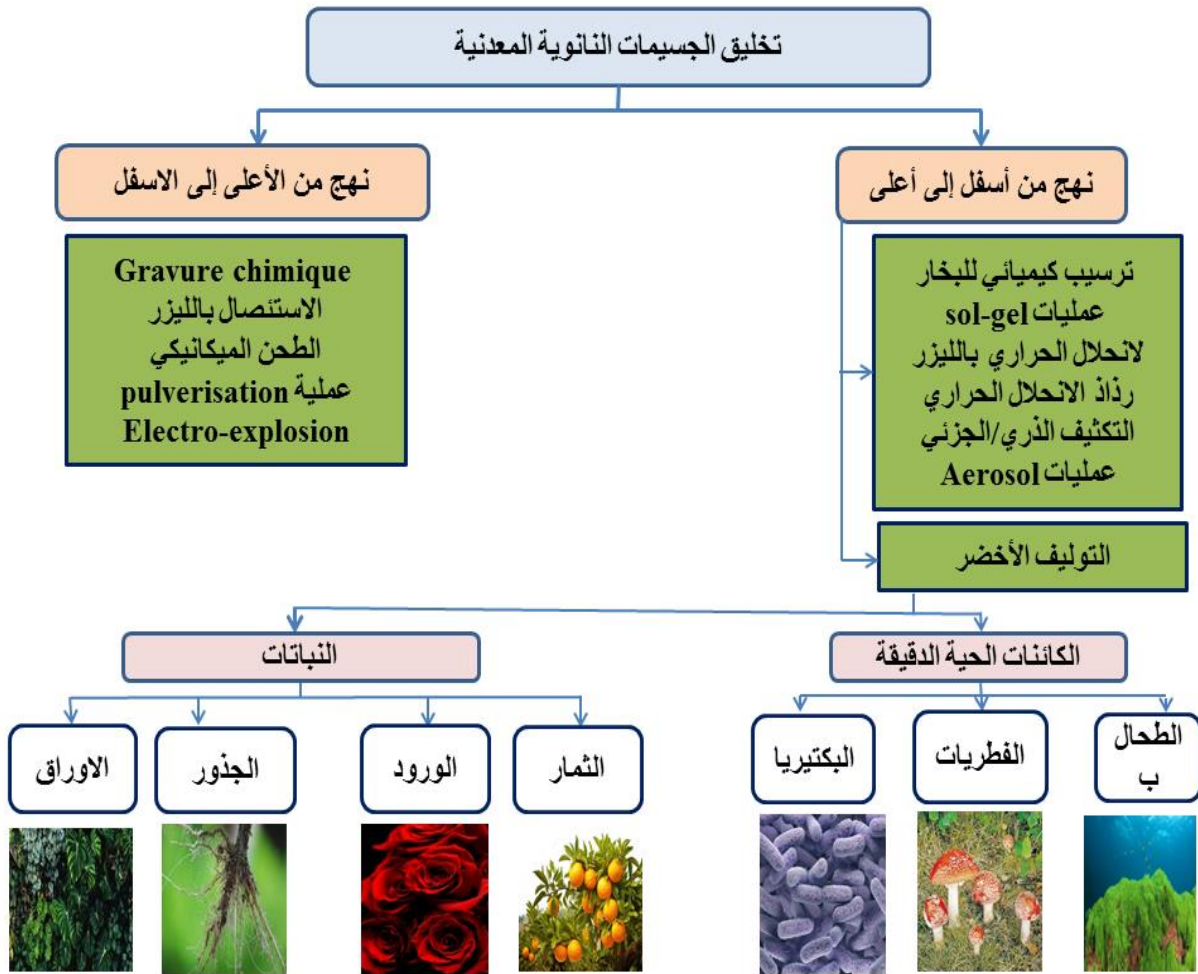
2.4.II. الخواص البصرية (الضوئية):

اكتسبت الخواص البصرية أهمية كبيرة في دراسة الهياكل النانوية، حيث يؤدي تصغير حجم المادة إلى تغيير في خواصها البصرية بسبب الحبس الكمي ورنين بلازمون السطح، وعند تقليص حجم المادة يحدث الحبس الكمي للشحنات، مما يؤدي إلى تفاوت مستويات الطاقة وتغير في لون المادة، هذا التفاوت

الواضح في التغيير اللوني يجعل من الممكن تصنيع مواد نانوية بشكل دقيق عبر اختيار طرق التركيب المناسبة [22].

II. 5. طرق توليف الجسيمات النانوية:

عموماً يتم توليف الجسيمات النانوية باستخدام نهجين رئيسيين، إما من الأعلى إلى الأسفل أو من الأسفل إلى الأعلى، هناك عدة طرق لتخليق الجسيمات النانوية، منها الطرق الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية الطرق الفيزيائية والكيميائية كما هو موضح في الشكل (10. II) ، تستخدم إشعاعات عالية وعوامل اختزال واستقرار شديدة التركيز التي قد تكون ضارة بالبيئة وصحة الإنسان بالمقابل، يُعتبر التوليف البيولوجي للجسيمات النانوية طريقة حيوية صديقة للبيئة، حيث يتم استخدام المستخلصات النباتية والبكتيريا والفطريات والطحالب في عملية التخليق [23-25].

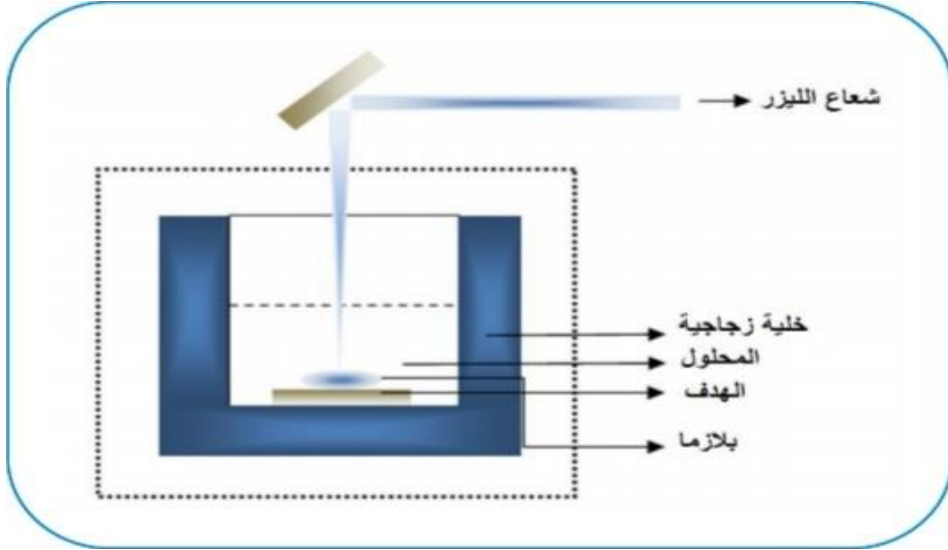


الشكل (10. II) : طرق توليف مختلفة لتحضير الجسيمات النانوية المعدنية [23].

1.5.II. الطرق الفيزيائية:

1.1.5.II. الاستئصال بالليزر:

يشير الاستئصال بالليزر إلى عملية إزالة المواد النانوية من السطوح الصلبة أو السائلة باستخدام شعاع الليزر، عند خفض تدفق الليزر يسخن المادة بفعل الطاقة الممتصة من الليزر وتتبخر أو تتصاعد، في الحالات ذات التدفق العالي، يتحول المادة إلى بلازما يمكن استخدام الليزر النبضي عادة في عملية الاستئصال بالليزر، ولكن يمكن أيضاً استخدام شعاع ليزر متواصل إذا كانت كثافة الليزر كافية^[26] كما يوضحه الشكل (II. 11).



الشكل (II. 11): تحضير الجسيمات النانوية بالليزر في المحلول^[26].

2.1.5.II. تخليق البلازما (synthèse plasmatique):

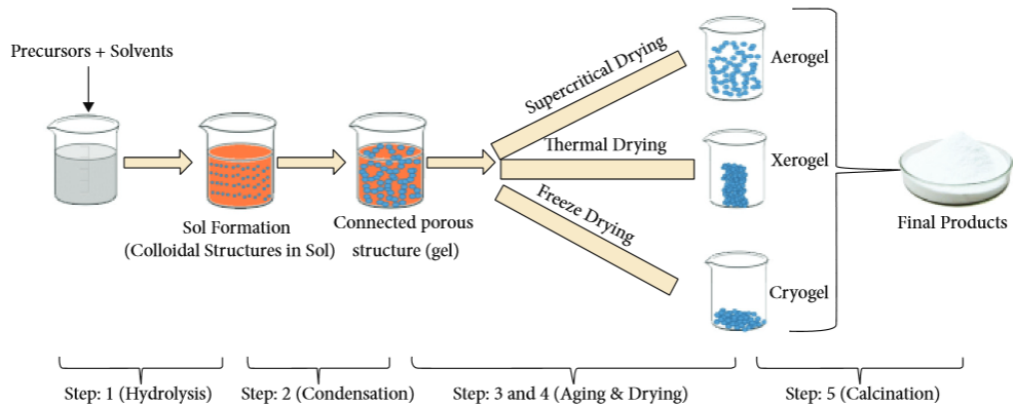
في عملية تخليق البلازما في التخليق النانوي، يتم تسخين المادة أولاً حتى التبخر في بلازما، ثم تخضع الأبخرة لإخماد سريع في منطقة الإخماد يتم عادة جمع المساحيق النانومترية الناتجة باستخدام مرشحات مسامية بعيداً عن منطقة مفاعل البلازما، و يتراوح حجم الجسيمات الثانوية المنتجة بين 20 و 1000 نانومتر وتتراوح الإنتاجية من بضع مئات من الجرامات في الساعة إلى 3 كيلوغرامات في الساعة، وذلك حسب الخصائص الفيزيائية للمواد المختلفة^[27].

2.5.II. الطرق الكيميائية:

حيث تعتبر الطرق الكيميائية لإنتاج الجسيمات النانوية واضحة في طبيعتها وغالبا ما تسمح بتركيب الجسيمات النانوية بكميات كبيرة، وتشمل هذه الطرق كل من:

1.2.5.II. طريقة Sol-Gel:

طريقة sol - gel هي عملية كيميائية رطبة لصنع مواد أساسها الأكسيد بدءًا من السلائف القابلة للتحلل بالماء [28]، في طريقة معالجة sol-gel هناك نوعان من المكونات، "sol" وهو معلق غرواني للجسيمات الصلبة في سائل و "gel" وهو عبارة عن بوليمرات تحتوي على سائل. حيث التحلل المائي والتكثيف هما خطوات نموذجية لعملية "sol-gel"، بحيث تحتوي المواد الأولية عادة على روابط أضعف مقارنة بالماء مثل الهاليدات أو النترات أو الكبريتات أو الألكوكسيدات أو الكربوكسيل فتتحلل هذه المواد ثم تتكثف مع بعضها لتشكل جزيئات نانوية غروانية صغيرة معلقة في سائل يسمى sol، يؤدي المزيد من التكثيف المتعدد الجسيمات محلول غرواني إلى شبكة ممتدة من مادة أكسيد البوليمر ذات الجسر المؤكسد يتم بعدها إزالة الماء الزائد لتحديد الهيكل النهائي للمادة، على سبيل المثال تم تصنيع ZnO بهذه الطريقة باستخدام أسيتات الزنك المجففة وثلاثي إيثانول أمين (TEA) كسلائف [28] كما يبينه الشكل (II. 12).



الشكل (II. 12): رسم تخطيطي لمراحل مختلفة من عملية sol-gel من السلائف الى الهلام [28]، و

نظرا لخصائصها الفريدة، فإن هذه الطريقة قادرة على إنتاج جسيمات نانوية عالية الجودة من نفس الحجم على نطاق صناعي وكذلك قادرة على إنتاج نوعين أو أكثر من الجسيمات النانوية في وقت واحد مما يعني

أن منتجات السبائك يتم تصنيعها في خطوة واحدة عن طريق خلط اثنين أو أكثر من المعادن (أو أكسيد الفلز) في نسب معينة [28].

II.2.2.5. الطريقة الحرارية المائية:

في الآونة الأخيرة تم تحضير مساحيق دقيقة من الجسيمات النانوية باستخدام التقنيات الحرارية المائية، وهي تقنية أنشأها العالم رودريك مورشيسون (1871-1792)، تعرف على أنها تفاعل غير متجانس في ظل ظروف ارتفاع الضغط ودرجة الحرارة، وتتمثل آليتها الأساسية في انحلال وترسيب السلائف (des précurseurs) غير القابلة للذوبان في الظروف العادية وقد حظيت الطريقة الحرارية المائية باهتمام كبير مؤخراً، حيث تجمع بين مزايا كل من طرق الطاقة الحرارية المائية وطرق الميكروويف وتتميز هذه العملية بالعديد من المزايا مقارنة بالطرق الأخرى مثل: استخدام المعدات البسيطة، وتسهيل التحكم في حجم الجسيمات، ولا تتطلب محفزات والتكلفة المنخفضة، وأقل خطورة على البيئة [29].

II.3.5. الطرق البيولوجية:

II.1.3.5.1. التخليق الحيوي (باستخدام الكائنات الحية الدقيقة):

في هذه الطريقة يتم استخدام البكتيريا بدائية النواة أو حقيقية النواة، الفطريات والطحالب والخميرة كمتفاعلات حيوية لتصنيع الجسيمات النانوية (NPs) [30] حيث تقوم الكائنات الحية الدقيقة باستهداف الأيونات من بيئتها ثم تحويل الأيون المعدني إلى عنصر المعدني من خلال الأنزيمات الناتجة عن الأنشطة الخلوية وبه نوعان.

✚ تصنيع داخل خلوي: يتضمن نقل أيونات المعادن إلى خلية ميكروبية لتشكيل الجسيمات النانوية في وجود الأنزيمات.

✚ تصنيع خارج خلوي: يتضمن محاصرة أيونات المعادن على سطح الخلايا وتقليل الأيونات في وجود الإنزيمات [31, 32].

II.3.5.2. التخليق بالمستخلصات النباتية:

التخليق الحيوي لجسيمات النانو باستخدام المستخلصات النباتية أو الكتلة الحيوية النباتية هي واحدة من الطرق الفعالة جدا وسريعة، فتعتبر طرق نظيفة وغير سامة وصديقة للبيئة، و تحتوي النباتات على مركبات عضوية مثل الفلافونويدات والأحماض الأمينية والكاربوكسيلية، الكيتونات الفينولات والبروتينات حيث تسهم هذه المواد بدور مهم في إرجاع الأملاح المعدنية وإنتاج جسيمات نانوية بطرائق سهلة وسريعة وأمنة بيئيا [24, 33].

II.3.5.3. تحضير الجزيئات الحيوية كقوالب:

يتم في هذه الطريقة استخدام الجزيئات الحيوية المختلفة مثل الأحماض النووية والأغشية والفيروسات كقوالب لتحضير الجسيمات النانوية [34].

II.6. التقنيات المستخدمة في تشخيص المواد النانوية:

يتم توصيف الجسيمات النانوية ودراسة خصائصها والتأكد من تركيبها من قبل تقنيات القياس العلمية التالية [35]:

- ✚ مطياف التألُّق الضوئي (Photoluminescence Spectrometer).
- ✚ مجهر القوة الذري (Atomic Force Microscope).
- ✚ مطياف رامان (Raman Spectrometer).
- ✚ المجهر الإلكتروني الماسح (Scanning Electron Microscopy).
- ✚ المجهر الإلكتروني النافذ (Transmission Electron Microscope).
- ✚ المجهر النفقي الماسح (Scanning Tunneling Microscope).
- ✚ العراج الاشعة السينية (X-Ray Diffraction).

7.II. تطبيقات المواد النانوية:

يتوقع أن تقنية النانو ستغزو جميع مجالات الحياة مثل الطب والزراعة والغذاء والبيئة والالكترونيات والكيمياء والفضاء ... الخ، بل يتوقع أن تؤدي هذه التقنية إلى تصغير الأجهزة والمعدات وخفض سعرها واحتياجاتها من طاقات التشغيل ما يؤدي الى تحديث مزيد من الأجهزة الالكترونية والألعاب، بحيث تلتنقي الإحتياجات في التطبيق الطبي والعسكري والأمني [36, 37].

1.7.II. مجال الكيمياء والبيئة:

تلعب تكنولوجيا النانو دورا جليا في كل من عمليتي التحفيز الكيميائي وأساليب الترشيح حيث توفر المركبات مواد جديدة ذات خصائص وسمات كيميائية محددة مثل: الجزيئات النانوية ذات البيئة الكيميائية، أو الخصائص البصرية الخاصة، أي أن كل التركيبات الكيميائية يمكن فهمها من خلال مفردات تكنولوجيا النانو، نتيجة قدرتها على تصنيع جزيئات محددة، ومن ثم تشكل الكيمياء قاعدة أساسية لتكنولوجيا النانو [38].

✚ التحفيز:

يستفيد التحفيز الكيميائي من الجزيئات النانوية وتتراوح التطبيقات المحتملة للجزيئات النانوية في عملية التحفيز من خلال الوقود إلى المحولات المحفزة والأجهزة التحفيزية الضوئية، كما تظهر أهمية التحفيز في إنتاج المواد الكيميائية [38, 39].

✚ الترشيح:

من المتوقع ظهور تأثير الكيمياء الضوئية على كل من العمليات معالجة المياه المستعملة وتنقية الهواء، حيث يمكن استخدام الطرق الميكانيكية أو الكيميائية في تطبيق أساليب الترشيح الفعالة، وتبنى إحدى أساليب الترشيح على استخدام الأغشية ذات أحجام وتقوب ملائمة، مما يسمح بضغط السائل عبر الغشاء، وتعد الأغشية المسامية النانوية ملائمة لعملية الترشيح الميكانيكي ذات المسام متناهية الصغر لما

يقال عن 10 نانو مترات (الترشيح النانوي) والتي قد تكون من أنابيب نانوية غشائية، ويستخدم الترشيح النانوي بشكل أساسي في عملية إزالة الايونات أو فصل السوائل المختلفة^[40].

وتتمثل أحد أهم تطبيقات الترشيح النانوي في الأغراض الطبية ومنها عملية الغسيل الكلوي، كما توفر الجزيئات النانوية المغناطيسية طريقة معتمدة وفعالة لإزالة ملوثات المعادن الثقيلة من المياه المستعملة من خلال الإستفادة من أساليب الفصل المغناطيسي، وتزيد الجزيئات النانوية من كفاءة القدرة على امتصاص الملوثات بالإضافة إلى أنها بالمقارنة بطرق الترسيب والترشيح التقليدية تعد رخيصة التكلفة، وقد أثبتت دراسة حديثة أن طرق فصل الأغشية النانوية منخفضة التكلفة وفعالة في إنتاج المياه الصالحة للشرب^[40].

II.2.7. مجال الغذاء:

أما في مجال الغذاء فقد دخلت تقنية النانو بدور تحسين الصناعات الغذائية ورفع قيمتها وجودتها وبالتالي ساهمت في التقليل من الأمراض^[36]، وإن الأغذية الصحية غنية بالعناصر الغذائية وقليلة السعرات الحرارية أو قد تكون الأغذية المضافة إليها مواد نانوية مثل المحتوية على الحديد والزنك والكبسولات الجلوتينية ذلك المسامات النانوية المحتوية على زيوت الأسماك الأوميغا 3 والإنزيمات المصاحبة لها^[41].

II.3.7. مجال الالكترونيات

أما بالنسبة لمجال الالكترونيات سوف تساعدنا تقنية النانو في تصغير حجم الأجهزة الالكترونية بدرجة كبيرة، كذلك الأنابيب النانوية سوف تمكننا من تصغير حجم الأقراص المدمجة بأنواعها والتي تستخدم حالياً في حفظ البيانات والمعلومات وزيادة قدرتها التخزينية بشكل كبير جداً^[42].

II.4.7. مجال الصناعات النسيجية

في هذا المجال تم استخدام تقنية النانو في تطوير جودة الملابس وتحسين خصائصها من حيث خفة الوزن ومقاومتها لامتصاص السوائل والبقع والأوساخ^[43].

5.7.II. مجال تقنية المياه:

بعد نقص المياه من المشكلات الخطيرة التي تواجه دولا نامية كثيرة، لذا فإن استخدام تقنية النانو في تطوير تقنيات معالجة المياه التقليدية التي تضم المعالجات الكيميائية، وتحلية المياه، والتنقية والمعالجة بالأشعة فوق البنفسجية، وغيرها من وسائل تنقية المياه، سيؤدي إلى رفع كفاءة هذه التقنيات، كما تقدم تقنية النانو حاليا إلى هذا المجال الحيوي إلى ثلاث تقنيات معالجة قضم أغشية أنابيب النانو الكربونية، ومسام الخزف النانوية وتعمل هذه التقنيات بطرق مختلفة [44, 45].

6.7.II. مجال الفضاء:

في هذا المجال تم تصنيع مجس كيميائي باستخدام أنابيب نانو كربونية، وهذا الجهاز مثالي الإستخدام في مهام ناسا المتعلقة بكيمياء الفضاء، كما صمم جهاز لقياس الموجات باستخدام تقنية النانو، وأدائه أعلى بكثير من الأجهزة التجارية المتوفرة في حين يستخدم طاقة أقل كما أنه أخف وأصغر حجما مقارنة بغيره [46].

خاتمة الفصل:

تناولنا في هذا الفصل مفهوم المواد النانوية، تاريخها، خواصها الفيزيائية وتصنيفها مع شرح أهم طرق توليف الجسيمات النانوية وهي: sol- gel، العملية الحرارية المائية، والتوليف الأخضر، والتقنيات المستخدمة في تشخيص النانوية مع ذكر أهم تطبيقاتها.

مراجع الفصل الثاني:

- [1] B. Bhushan, "Introduction to nanotechnology: History, status, and importance of nanoscience and nanotechnology education," Global perspectives of nanoscience and engineering education, pp. 1-31, 2016.
- [2] B. Bhushan, "Introduction to nanotechnology ", Springer handbook of nanotechnology, pp. 1-19, 2017.
- [3] M. Nasrollahzadeh, S. M. Sajadi, M. Sajjadi, and Z. Issaabadi, "An introduction to nanotechnology," in Interface science and technology. vol. 28, ed: Elsevier, 2019, pp. 1-27.
- [4] A. Santamaria, "Historical overview of nanotechnology and nanotoxicology," Nanotoxicity: methods and protocols, pp. 1-12, 2012.
- [5] P. Zhang, I. Lynch, R. D. Handy, and J. C. White, "A brief history of nanotechnology in agriculture and current status," in Nano-Enabled Sustainable and Precision Agriculture, ed: Elsevier, 2023, pp. 3-14.
- [6] M. Ahmeda, N. Ahmida, and A. Ahmeida, "Introduction to nanotechnology: definition, terms, occurrence and applications in environment," Libyan International Medical University Journal, vol. 2, pp. 12-26, 2017.
- [7] M. Rizwan, A. Shoukat, A. Ayub, B. Razzaq, and M. B. Tahir, "Types and classification of nanomaterials," in Nanomaterials: synthesis, characterization, hazards and safety, ed: Elsevier, 2021, pp. 31-54.
- [8] M. Bacon, S. J. Bradley, and T. Nann, "Graphene quantum dots," Particle & Particle Systems Characterization, vol. 31, pp. 415-428, 2014.
- [9] P. Bhakta and B. Barthunia, "Fullerene and its applications: A review," Journal of Indian Academy of Oral Medicine and Radiology, vol. 32, pp. 159-163, 2020.
- [10] S. S. Guterres, M. P. Alves, and A. R. Pohlmann, "Polymeric nanoparticles, nanospheres and nanocapsules, for cutaneous applications," Drug target insights, vol. 2, p. 117739280700200002, 2007.
- [11] S. Hasan, "A review on nanoparticles: their synthesis and types," Res. J. Recent Sci, vol. 2277, p. 2502, 2015.
- [12] R. Hirlekar, M. Yamagar, H. Garse, M. Vij, and V. Kadam, "Carbon nanotubes and its applications: a review," Asian journal of pharmaceutical and clinical research, vol. 2, pp. 17-27, 2009.
- [13] R. Rasouli, A. Barhoum, M. Bechelany, and A. Dufresne, "Nanofibers for biomedical and healthcare applications," Macromolecular bioscience, vol. 19, p. 1800256, 2019.
- [14] J.-V. Lim, S.-T. Bee, L. Tin Sin, C. T. Ratnam, and Z. A. Abdul Hamid, "A review on the synthesis, properties, and utilities of functionalized carbon nanoparticles for polymer nanocomposites," Polymers, vol. 13, p. 3547, 2021.
- [15] A. H. Gharbi, H. Hemmami, S. E. Laouini, A. Bouafia, I. Ben Amor, S. Zeghoud, et al., "Novel CuO–SiO₂ nanocomposites: synthesis, kinetics, recyclability, high stability and photocatalytic efficiency for Rose Bengal dye removal," Transition Metal Chemistry, pp. 1-19, 2024.
- [16] C.-Y. Hsu, A. M. Rheima, Z. sabri Abbas, M. U. Faryad, M. M. Kadhim, U. S. Altimari, et al., "Nanowires properties and applications: a review study," South African Journal of Chemical Engineering, 2023.
- [17] J. Y. B. Tan, B. K. Yoon, N.-J. Cho, J. Lovrić, M. Jug, and J. A. Jackman, "Lipid nanoparticle technology for delivering biologically active fatty acids and monoglycerides," International journal of molecular sciences, vol. 22, p. 9664, 2021.
- [18] H. Idrees, S. Z. J. Zaidi, A. Sabir, R. U. Khan, X. Zhang, and S.-u. Hassan, "A review of biodegradable natural polymer-based nanoparticles for drug delivery applications," Nanomaterials, vol. 10, p. 1970, 2020.

- [19] L. S. Salah, N. Ouslimani, D. Bousba, I. Huynen, Y. Danlée, and H. Aksas, "Carbon nanotubes (CNTs) from synthesis to functionalized (CNTs) using conventional and new chemical approaches," *Journal of Nanomaterials*, vol. 2021, pp. 1-31, 2021.
- [20] R. Bhatti, H. Shakeel, K. Malik, M. Qasim, M. A. Khan, N. Ahmed, et al., "Inorganic nanoparticles: toxic effects, mechanisms of cytotoxicity and phytochemical interactions," *Advanced Pharmaceutical Bulletin*, vol. 12, p. 757, 2022.
- [21] I. Khan, K. Saeed, and I. Khan, "Nanoparticles: Properties, applications and toxicities," *Arabian journal of chemistry*, vol. 12, pp. 908-931, 2019.
- [22] J. Z. Zhang, *Optical properties and spectroscopy of nanomaterials: World Scientific*, 2009.
- [23] P. G. Jamkhande, N. W. Ghule, A. H. Bamer, and M. G. Kalaskar, "Metal nanoparticles synthesis: An overview on methods of preparation, advantages and disadvantages, and applications," *Journal of drug delivery science and technology*, vol. 53, p. 101174, 2019.
- [24] S. Zeghoud, H. Hemmami, B. B. Seghir, I. B. Amor, I. Kouadri, A. Rebiai, et al., "A review on biogenic green synthesis of ZnO nanoparticles by plant biomass and their applications," *Materials Today Communications*, vol. 33, p. 104747, 2022.
- [25] H. Hemmami, I. B. Amor, S. Zeghoud, S. E. Laouini, E. Nleonu, P. Pohl, et al., "A Systematic Review of Synthesis MgO Nanoparticles and Their Applications," *Journal of the Turkish Chemical Society Section A: Chemistry*, vol. 11, pp. 731-750, 2024.
- [26] H. K. Ghazi, "An Investigation Linear and Nonlinear Optical Properties of PVA Doped with Ag NPs Created by Nd-YAG Pulse Laser," *Ministry of Higher Education*, 2018.
- [27] P. C. Kong and A. W. Kawczak, "Plasma synthesis of nanoparticles for nanocomposite energy applications," *Idaho National Lab.(INL), Idaho Falls, ID (United States)*2008.
- [28] D. Bokov, A. Turki Jalil, S. Chupradit, W. Suksatan, M. Javed Ansari, I. H. Shewael, et al., "Nanomaterial by sol-gel method: synthesis and application," *Advances in Materials Science and Engineering*, vol. 2021, pp. 1-21, 2021.
- [29] G. Yang and S.-J. Park, "Conventional and microwave hydrothermal synthesis and application of functional materials: A review ", *Materials*, vol. 12, p. 1177, 2019.
- [30] I. B. Amor, S. Zeghoud, and H. Hemmami, "Biosynthesis of silver Nanoparticles and Their Applications: Short review," *Algerian journal of Biosciences*, vol. 4, pp. 052-063, 2023.
- [31] Z. Li, Y. Gao, H. Nakanishi, X. Gao, and L. Cai, "Biosynthesis of rare hexoses using microorganisms and related enzymes," *Beilstein Journal of Organic Chemistry*, vol. 9, pp. 2434-2445, 2013.
- [32] N. I. Hulkoti and T. Taranath, "Biosynthesis of nanoparticles using microbes—a review," *Colloids and surfaces B: Biointerfaces*, vol. 121, pp. 474-483, 2014.
- [33] S. Jadoun, R. Arif, N. K. Jangid, and R. K. Meena, "Green synthesis of nanoparticles using plant extracts: A review," *Environmental Chemistry Letters*, vol. 19, pp. 355-374, 2021.
- [34] C. M. Niemeyer, "Nanoparticles, proteins, and nucleic acids: biotechnology meets materials science," *Angewandte Chemie International Edition*, vol. 40, pp. 4128-4158, 2001.
- [35] S. Mourdikoudis, R. M. Pallares, and N. T. Thanh, "Characterization techniques for nanoparticles: comparison and complementarity upon studying nanoparticle properties," *Nanoscale*, vol. 10, pp. 12871-12934, 2018.
- [36] X. He, H. Deng, and H.-m. Hwang, "The current application of nanotechnology in food and agriculture," *Journal of food and drug analysis*, vol. 27, pp. 1-21, 2019.
- [37] S. Zeghoud, D. Chandran, I. B. Amor, H. Hemmami, P. Mohankumar, and T. B. Emran, "Nanotechnology and nanomaterials in the treatment and diagnosis of cancer: Correspondence," *Annals of Medicine and Surgery*, vol. 85, pp. 2258-2260, 2023.

- [38] R. K. Ibrahim, M. Hayyan, M. A. AlSaadi, A. Hayyan, and S. Ibrahim, "Environmental application of nanotechnology: air, soil, and water," *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 23, pp. 13754-13788, 2016.
- [39] I. Ben Amor, H. Hemmami, S. E. Laouini, M. S. Mahboub, and A. Barhoum, "Sol-gel synthesis of ZnO nanoparticles using different chitosan sources: effects on antibacterial activity and photocatalytic degradation of AZO Dye," *Catalysts*, vol. 12, p. 1611.2022 ,
- [40] J. Kaur, T. Pathak, A. Singh, and K. Kumar, "Application of nanotechnology in the environment biotechnology," *Advances in Environmental Biotechnology*, pp. 155-165, 2017.
- [41] T. Singh, S. Shukla, P. Kumar, V. Wahla, V. K. Bajpai, and I. A. Rather, "Application of nanotechnology in food science: perception and overview," *Frontiers in microbiology*, vol. 8, p. 268461, 2017.
- [42] T. B. Taha, A. A. Barzinjy, F. H. S. Hussain, and T. Nurtayeva, "Nanotechnology and computer science: Trends and advances," *Memories-Materials, Devices, Circuits and Systems*, vol. 2, p. 100011, 2022.
- [43] M. A. Shah, B. M. Pirzada, G. Price, A. L. Shibiru, and A. Qurashi, "Applications of nanotechnology in smart textile industry: A critical review," *Journal of Advanced Research*, vol. 38, pp. 55-75, 2022.
- [44] N. Rana and A. Bassi, "Role of Nanomaterials in the Treatment of Wastewater," in *Modern Nanotechnology: Volume 1: Environmental Sustainability and Remediation*, ed: Springer, 2023, pp. 125-144.
- [45] I. B. Amor, H. Hemmami, S. E. Laouini, A. G. Abdelaziz, and A. Barhoum, "Influence of chitosan source and degree of deacetylation on antibacterial activity and adsorption of AZO dye from water," *Biomass Conversion and Biorefinery*, pp. 1-11, 2023.
- [46] J. Li and Y. Lu, "Carbon nanotube based chemical sensors for space and terrestrial applications," *ECS Transactions*, vol. 19, p. 7, 2009.

الفصل الثالث

جذب التوليف الأخضر للجسيمات النانوية المعدنية اهتماما كبيرا في السنوات الأخيرة، واستخدام مواد أقل سمية وبالتالي فهي صديقة للبيئة؛ في هذا الفصل سوف نقوم بتحضير جسيمات الزنك النانوية باستخدام مستخلص نبات الحاد *Cornulaca monacantha Del.*، وسوف يتم تشخيص هذا الأكسيد باستخدام تقنيات التحليل الطيفية: جهاز الأشعة المرئية وفوق البنفسجية (UV-Vis) وجهاز الأشعة تحت الحمراء (FTIR) و جهاز حيود الأشعة السينية (DRX) ، وكذلك تمت دراسة التحفيز الضوئي للجسيمات النانوية باستخدام صبغة أزرق الميثيلين.

تم هذا العمل في مخبر Valorisation et Technologie des Ressources Saharienes بجامعة الوادي -الجزائر. (VTRS)

1.III. المواد والأدوات والاجهزة المستعملة:

1.1.III. المواد الكيميائية:

الجدول (1.III): يوضح المواد المستعملة في خطوات العمل.

المواد	الصيغة الكيميائية	الكتلة المولية (g/mol)	النقاوة	الشركة المنتجة
هيدروكسيد الصوديوم	NaOH	40	97	BIOCHEM Chemopharma
أسيات الزنك	ZnC ₄ H ₆ O ₄	183.48	99	BIOCHEM Chemopharma
أزرق الميثيلين	C ₁₆ H ₁₈ ClN ₃ S	319.85	98	BIOCHEM Chemopharma

2.1.III. الأدوات:

بيشر ، قمع ، ملعقة ، ورق الترشيح ، حوجلة ، دورق إرلنماير.

3.1.III. الأجهزة:

مخلاط مغناطسي، ميزان حساس، فرن، جهاز مطيافية الأشعة تحت الحمراء، جهاز انعراج الأشعة السينية (DRX)، جهاز الأشعة المرئية وفوق البنفسجية (UV-Vis)، جهاز الطرد المركزي، و فرن.

2.III. المادة النباتية:**1.2.III. تجميع وتحضير النباتات:**

تم الحصول على نبات الحاد من بلدية وادي العلندة لولاية الوادي -الجزائر، مثل ما هو مبين في

الشكل (1.III).

الشكل (1.III): نبات الحاد.

2.2.III. الطحن:

تم تحضير مسحوق نبات الحاد بطحنها جافة في مطحنة كهربائية، وتم الإحتفاظ بهذه المسحوق في قارورات زجاجية بعيدا عن الضوء والحرارة إلى حين استعمالهم كما هو موضح في الشكل (2.III).



الشكل (2.III): مسحوق نبات الحاد.

3.III. خطوات العمل:

1.3.III. تحضير المستخلص المائي لنبته:

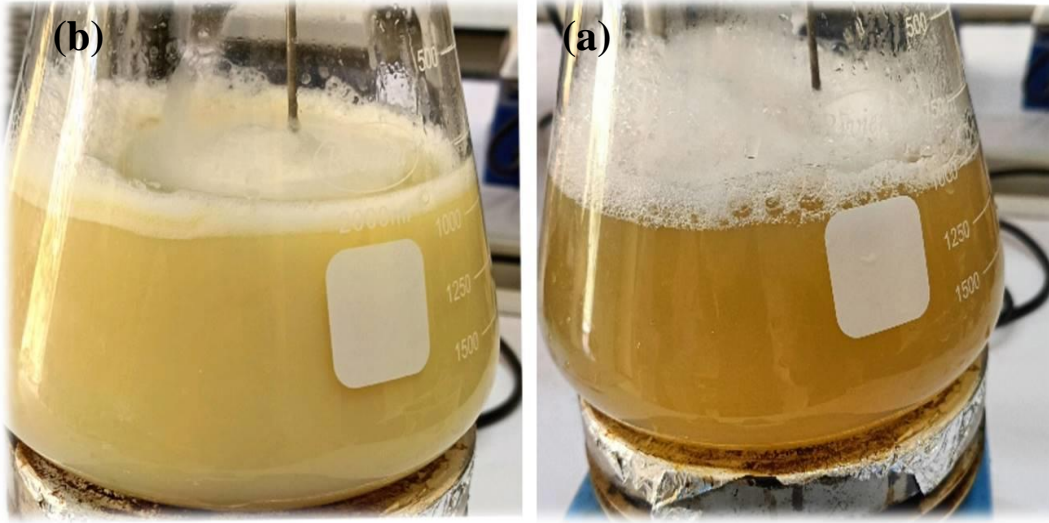
تم غسل الأوراق الطازجة لنبات بالماء المقطر لإزالة أي شوائب ثم تم تجفيفها بالهواء في الظل عند درجة حرارة الغرفة لإزالة أي رطوبة متبقية، وتم بعد ذلك غلي خليط من 10g من أوراق النباتات المجففة و150ml من الماء منزوع الأيونات عند درجة حرارة 65 درجة مئوية لمدة ساعتين، تم إخضاع المستخلص البني الناتج للترشيح باستخدام ورق الترشيح كما في الشكل (3.III) ثم تخزينه في الثلاجة لاستخدامه لاحقاً [1,2].



الشكل (3.III): مستخلص نبات الحاد.

2.3.III. تحضير جسيمات أكسيد الزنك النانوية:

لتخليق ZnO NPs باستخدام مستخلص أوراق النبات، تم خلط 50 مل من مستخلص أوراق النبات و100 مل من 0.1 مولاري أسيتات الزنك ($Zn(CH_3CO_2)_2$) وتم تقليب الخليط بشكل مستمر عند 70 درجة مئوية لمدة ساعتين، مع تحريك 2 مولاري NaOH تمت إضافة المحلول ببطء إلى الخليط، و يشير تغير اللون في المحلول إلى نجاح تكوين ZnO NPs كما في الشكل (4.III) وتم فصل الراسب عن محلول التفاعل باستخدام 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 حرره عند 600 درجة مئوية لمدة 5 ساعات للحصول ZnO NPs كما هو موضح الشكل (5.III).



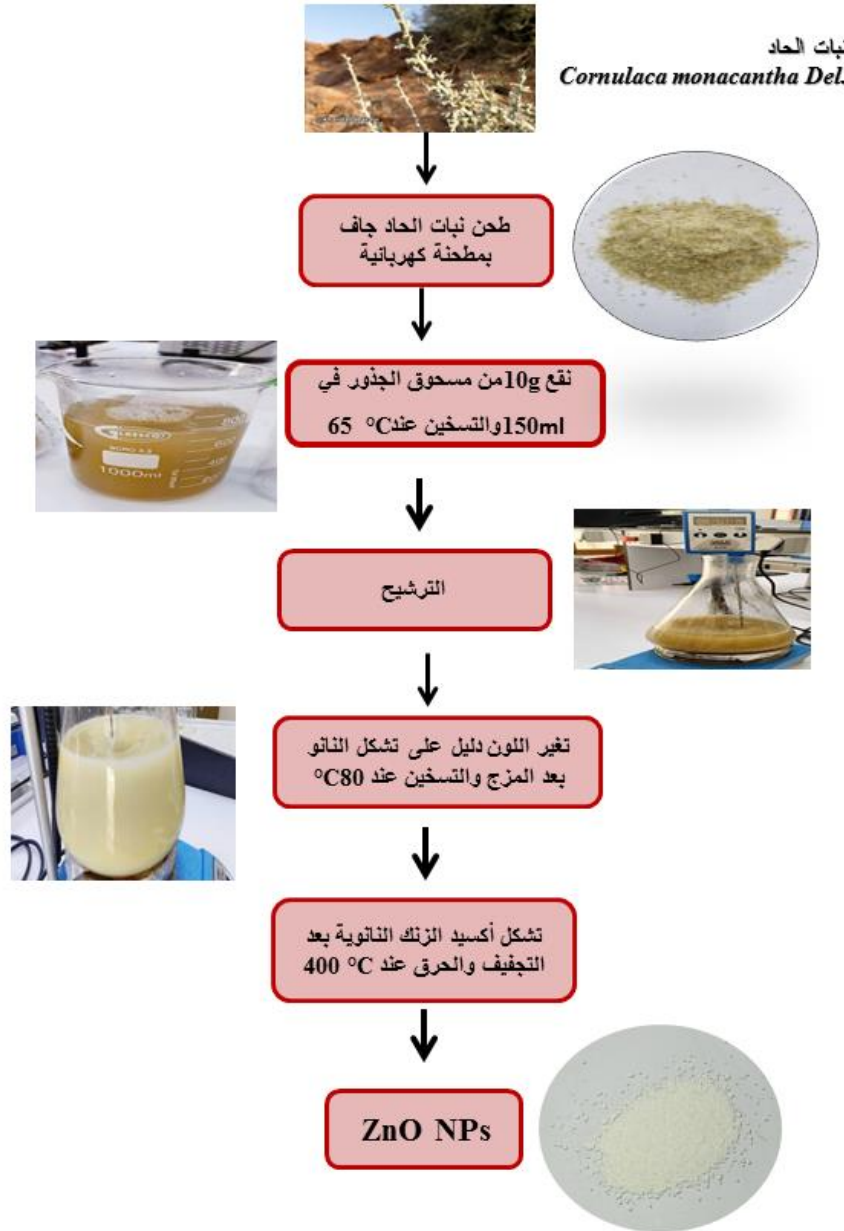
الشكل (4.III): تشكل جسيمات أكسيد الزنك النانوية: (a) قبل تشكل، (b) بعد التشكل.



الشكل (5.III): جسيمات أكسيد الزنك النانوية بعد عملية الحرق.

بعد تحضير أكسيد الزنك النانوية (ZnO NPs)، يتم التحقق من نجاح عملية التحضير وذلك بتشخيص العينات بواسطة التقنيات الطيفية: جهاز مطيافية الأشعة تحت الحمراء وجهاز انعراج الأشعة السينية، جهاز الأشعة المرئية وفوق البنفسجية.

والمخطط التالي يوضح طريقة العمل كما في الشكل (6.III).



الشكل (6.III): مخطط يوضح طريقة العمل لتوليف أكسيد الزنك النانوية بواسطة مستخلص نبات الحاد

Cornulaca monacantha Del.

4.III. تقنيات التوصيف

1.4.III. مطياف الأشعة فوق البنفسجية (Ultraviolet visible spectrophotometer, Uv-visble):

تلعب تقنية مطياف الامتصاص المرئي للأشعة فوق البنفسجية دوراً بارزاً في دراسة الخصائص

البصرية للمواد، حيث يعتمد هذا النوع من المطياف على فهم تفاعل الموجات الكهرومغناطيسية مع المادة

ويركز قياس طيف الامتصاص المرئي للأشعة فوق البنفسجية على حركة الإلكترونات التي تنتقل من الحالة الأساسية إلى الحالة المثارة بعد امتصاص الفوتون [3].

عندما تتعرض الإلكترونات لموجة ضوئية بتردد يتوافق مع إهتزازاتها، فإنها تمتص طاقة الموجة الضوئية وتكتسب حركة اهتزازية، ويتحول الإهتزاز إلى حرارة عندما يتفاعل الإلكترون المثار مع الإلكترونات الأخرى ويقوم تحليل الطيف الضوئي بقياس امتصاص المادة للضوء كدالة لطول الموجة؛ حيث يزيد امتصاص الضوء مع زيادة عدد الجزيئات التي تمتص الضوء بطول موجة معين [3].

تعتمد تقنية مطياف الامتصاص على مبدأ Beer-lambert الذي يشير إلى أن كمية الاشعاع الممتص يتناسب مع عدد الجزيئات الممتصة في مسارها رياضيا، يمكن تفسير هذا القانون على النحو

$$\log(I_0/I) = \epsilon cl \quad (1) \quad \text{التالي:}$$

حيث:

I_0 : شدة الضوء الساقط.

I : شدة الضوء المنقول بواسطة محلول العينة.

c : تركيز العينة.

l : طول مسار العينة.

ϵ : معامل الامتصاص المولي.

تُعرف النسبة (I / I_0) بالنفاذية (T) ويُعرف لوغاريتم النسبة العكسية (I_0 / I) بالامتصاصية (A) .

نتيجة لذلك:

$$A = -\log \left(\frac{I}{I_0} \right) = -\log T = \epsilon cl \quad (2)$$

$$A = -\log T \quad (3) \quad \text{أو}$$

$$A = -\log \left(\frac{1}{T} \right) \quad (4) \quad \text{إذن}$$

في حالة جسيمات النانوية يتم استخدام مطياف الإمتصاص المرئي للأشعة فوق البنفسجية لتحديد نطاق الطاقة الإنتقالية (فجوة الطاقة) المباشرة^[3]:

يمكن تحديد نظرية فجوة الطاقة (E_g) للجسيمات النانوية من خلال الإستقراء من حافة الإمتصاص التي تُعطى بإستخدام علاقة $Tauc$:

$$(5) \quad (\alpha hv) = A (hv - E_g^{opt})$$

باستخدام مطياف الامتصاص المرئي للأشعة فوق البنفسجية، يمكن تحديد قيمة فجوة الطاقة (E_g) للجسيمات النانوية بناءً على معامل الامتصاص (α)، الثابت A ، طاقة الضوء (hv)، والثابت n الذي يعتمد على نوعية عملية الانتقال الإلكتروني^[4, 5]، و يتم حساب قيمة فجوة الطاقة من خلال تقاطع جزء خطي من منحنى الامتصاص مع محور الطاقة، عند دراسة جسيمات أكسيد الزنك النانوية، تتمثل الخطوات في إذابة 0.1 ملغ من جسيمات أكسيد الزنك في 2 مل من الماء المقطر، ثم تعرضها لجهاز الموجات فوق الصوتية لمدة 15 دقيقة، و يتم تحليل المحلول بواسطة جهاز مطيافية الأشعة فوق البنفسجية، حيث يتم رصد الفحص البصري والامتصاصية لتقدير قيمة فجوة الطاقة (E_g) باستخدام علاقة (5).

III.2.4.2.4. مطيافية الأشعة تحت الحمراء (Fourier transform infrared spectroscopy FTIR) :

تقنية التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء (FTIR) تعتبر وسيلة فعالة لتحليل العينات وتقديم معلومات عن الخصائص الوظيفية والهيكلية للمركبات، و يمكن لجهاز FTIR أن يميز بين مكونات النبات الحاد من خلال مقارنة القمم المميزة في الطيف، مما يعطي دلالة على وجود أو عدم وجود مجموعات وظيفية محددة، ويتم تحضير أقراص من العينات المركبة بنبات الحاد وبروميد البوتاسيوم (KBr) بعد طحنها بدقة، ومن ثم يتم إجراء قياسات FTIR في نطاق الترددات الموجية بين 400 و 4000 cm^{-1} ^[6].

[7]

3.4.III. حيود الأشعة السينية (DRX) , (X-ray Diffraction) :

تعد تقنية حيود الأشعة السينية (DRX) وسيلة تحليلية هامة يتم استخدامها لتأكيد البنية البلورية للعينات الصلبة وتستخدم هذه التقنية بشكل أساسي لاستخراج معلومات حول اتجاه البلورة المفردة، الثوابت الشبكية، درجة البلورة، ومعلومات أخرى مثل بعد خلية الوحدة ونقاء الطور، يمكن الحصول على أطيف DRX عن طريق قياس الزوايا التي يتم فيها تشتت حزمة الأشعة السينية بواسطة المستويات المتبلورة في العينة، عندما يتفاعل شعاع الأشعة السينية مع البلورة يحدث تشتت يتم فيه توليد جبهات موجية معززة تعكس بعضها البعض، يتم قياس هذه الزوايا باستخدام قانون براغ للانحراف^[8].

$$\text{قانون براغ: } n\lambda = 2d \sin\theta \quad (6)$$

يمثل n بترتيب الانعكاس، ويُعرّف λ بواسطة أشعة سينية أحادية اللون بطول موجي (1.54 أنجستروم)، ويمثل d المسافة بين المستويين (hkl) ، بينما تُعبر θ عن زاوية الانحراف و (h,k,l) تمثل مؤشرات ميلر للمستويات المعنية، و يُستخدم تقنية مطيافية الأشعة السينية (DRX) على نطاق واسع لتقدير متوسط حجم بلورات الجسيمات النانوية، ويُمكن تحديدها من خلال علاقة Debye-Scherrer

$$D = K\lambda / \beta \cos \theta \quad (7) \quad \text{: [8]}$$

يكون D متوسط حجم البلورة، و k هو معامل Scherer (0.89)، بينما تُمثل λ الأشعة السينية أحادية اللون بطول موجي، وتُعبر θ عن زاوية براغ (2θ) ، بينما تُمثل β العرض الكامل عند نصف الحد الأقصى (FWHM) بالراديان^[8, 19].

4.4.III. دراسة فعالية إزالة الملوث من وسط مائي:

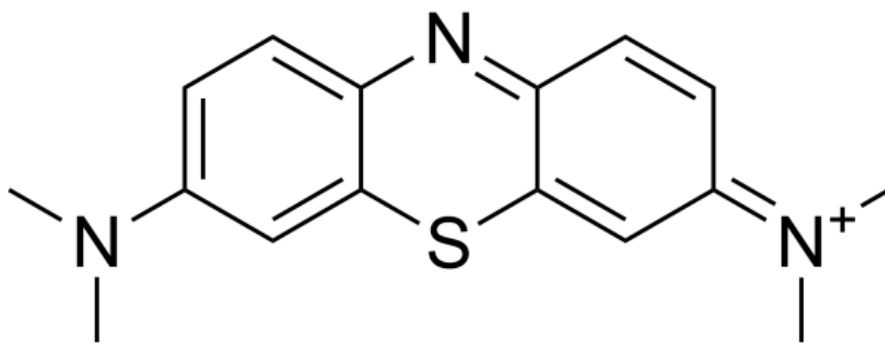
إن ارتفاع نسبة الملوثات العضوية في مياه الأنهار نتيجة لطرخ المياه الملوثة بدون معالجتها يشكل خطورة كبيرة على الكائنات الحية بصفة عامة ومن بين هذه الملوثات التي تُعتبر أحد العوامل المسببة للأمراض السرطانية بسبب تحللها هي الأصباغ، إن هذه الأصباغ لا يمكن إزالتها بسهولة باستخدام عمليات

معالجة مياه الصرف الصحي التقليدية، نظراً لهيكلها المعقد وأصولها الاصطناعية، مما يجعل إزالة الأصباغ مجالاً هاماً للدراسة^[10, 11].

الصبغة هي المادة التي تُستخدم لإضفاء اللون على المنسوجات، الورق، الجلود وغيرها من المواد، بحيث لا يتغير اللون بسهولة بواسطة الغسيل، الحرارة، الضوء أو العوامل الأخرى التي يمكن أن تتعرض لها المادة ولا يمكن اعتبار جميع المواد الملونة التي تذوب في الماء صبغات، إذ يجب أن تتوفر خاصية الامتصاص بجانب اللون، تُصنف الأصباغ الرئيسية إما بناءً على تركيبها الكيميائي أو على طرق تطبيقها على الركائز المختلفة وتختلف الأصباغ من حيث المصادر، حيث تنقسم إلى أصباغ طبيعية وأصباغ صناعية^[11].

تُصنف الأصباغ عادةً وفقاً للمجموعات الهيكلية أو الوظيفية واللون، وأيضاً حسب الشحنة الأيونية عند الذوبان في محلول مائي وتنقسم إلى أصباغ أيونية وغير أيونية، و تُصنف الأصباغ غير الأيونية بشكل إضافي إلى أصباغ الأحواض والأصباغ المشتتة، في حين تُصنف الأصباغ الأيونية (التفاعلية، المباشرة، الحمضية) بناءً على احتوائها على أيونات سالبة، حتى عند التركيزات المنخفضة للغاية، أما الأصباغ الأيونية الكاتيونية (القاعدية) فتحتوي على أيونات موجبة في بنية جزيئاتها، مثل الأزرق الميثيلين الذي يعتبر قابلاً للذوبان في الماء^[12].

صبغة أزرق الميثيلين (Methylene blue (MB) or basic blue-9) هو مركب كيميائي حلقي غير متجانس ذو الصيغة (C₁₆H₁₈N₃SCl) وهي عبارة عن صبغة كاتيونية أحادية التكافؤ كتلتها المولية (319.85g/mol)^[13] كما هو موضح في الشكل (7. III).



الشكل (7. III): الصيغة الكيميائية لصبغة أزرق الميثيلين [15, 14].

III.1.4.4. تجربة إزالة الصبغة أزرق الميثيلين من مياه المستعملة (التحفيز الضوئي):

تم تقييم نشاط التحفيز الضوئي لجسيمات أكسيد الزنك (ZnO NPs) من خلال مراقبة تحلل صبغة أزرق الميثيلين في المحلول المائي تحت إضاءة أشعة فوق بنفسجية بقوة 1000 واط ، حيث تم خلط صبغة بتركيز 6×10^{-5} مولاري بكمية مناسبة من المحفز (30 ملغ) لفترة تصل إلى 90 دقيقة في الظلام لامتناس أقصى كمية من صبغة الأزرق الميثيلين ، بعد ذلك تم استخدام مقياس الأشعة فوق البنفسجية المرئية (UV-Vis) لرصد تطور التفاعل على فترات زمنية مختلفة تحت إضاءة الأشعة فوق البنفسجية، و تم إجراء تجربة تفاعل الاختزال الكامل، حيث انخفضت شدة اللون الأزرق في خليط التفاعل، لإيقاف التحلل تم تعريض المحلول لعملية الطرد المركزي ثم قياس امتصاصية المحلول عند الطول الموجي الأقصى $\lambda_{max} = 663$ نانومتر .

يتم الحصول على كفاءة إزالة الصبغة (%) باستخدام المعادلة التالية^[16]:

$$(8) \quad \frac{(C_0 - C_e)}{C_0} \times 100 = (\%) \text{ كفاءة إزالة الصبغة}$$

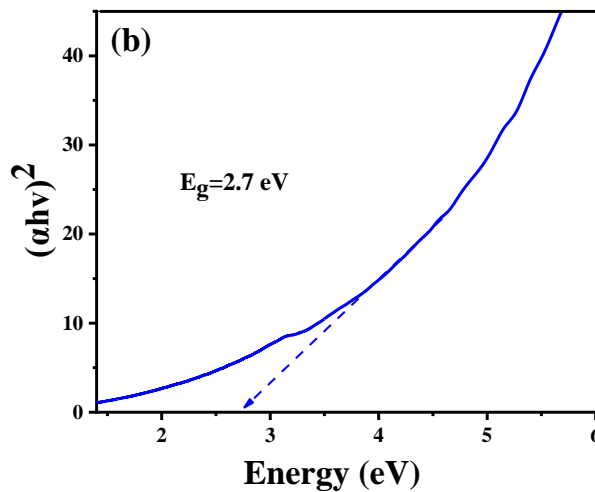
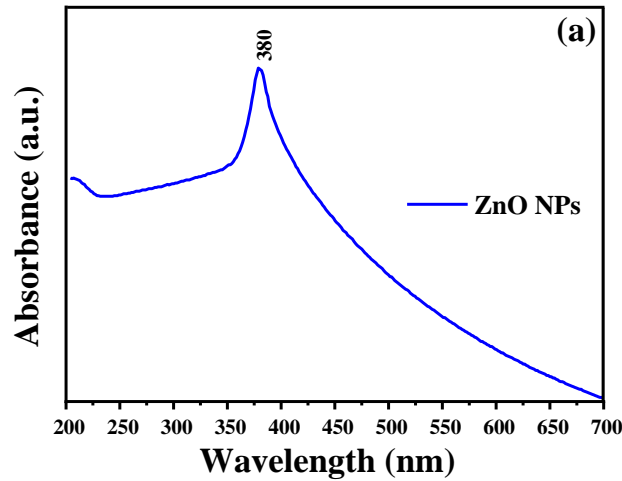
حيث C_0 هو التركيز الأولي لصبغة، و C_e هو التركيز الفوري.

5.III. النتائج والمناقشة:

1.5.III. توصيف جسيمات النانوية:

1.1.5.III. مطياف الإمتصاص المرئي والأشعة فوق البنفسجية :

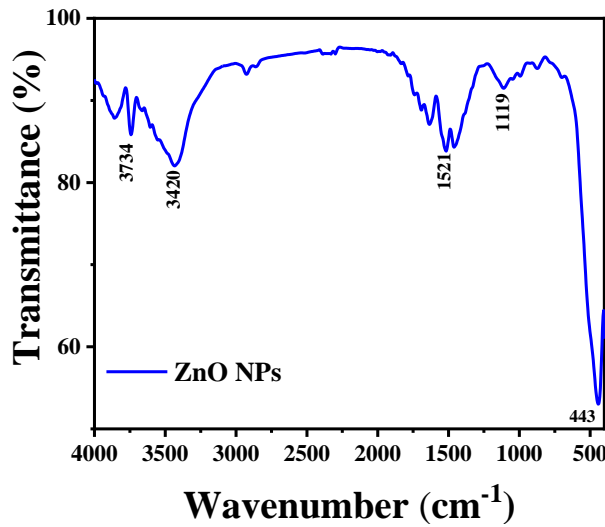
يوضح الشكل (8.III) الأطياف UV-Vis لـ ZnO NPs تظهر نطاقات امتصاص مميزة عند 380 نانومتر، و تم حساب طاقة فجوة النطاق الخاصة بـ ZnO NPs من الرسم $(\alpha h\nu)^2$ بدلالة الطاقة (eV) ، تبلغ طاقات فجوة النطاق لـ ZnO NPs حوالي 2.7 إلكترون فولط.



الشكل (8.III): منحني أطياف UV-Vis (a) و فجوة الطاقة الضوئية لـ ZnO NPs (b).

III.1.5.2. جهاز "فورييه" لتحويل طيف الأشعة تحت الحمراء:

يوضح الشكل (9.III) أطياف FTIR (المجموعات الوظيفية) للجسيمات ZnO NPs المصنعة من *Cornulaca monacantha Del.* ، و تظهر القمم الواسعة عند 3441 cm^{-1} ناتجة عن اهتزاز التمديد لمجموعات الهيدروكسيل (OH) ومجموعات amide I و amide II مسؤولة عن القمم حول 1521 - 1644 cm^{-1} ، و اهتزاز الإنحناء C-H عند تردد ما بين (1426 - 1377 cm^{-1}) ، اهتزازات التمديد (C-O) عند تردد 1010 - 1125 cm^{-1} ، و تعتبر اهتزازات التمديد لروابط Zn-O عند 434 cm^{-1} ، دليلاً على تكوين جسيمات الزنك النانوية (إنظر إلى الملحق I).



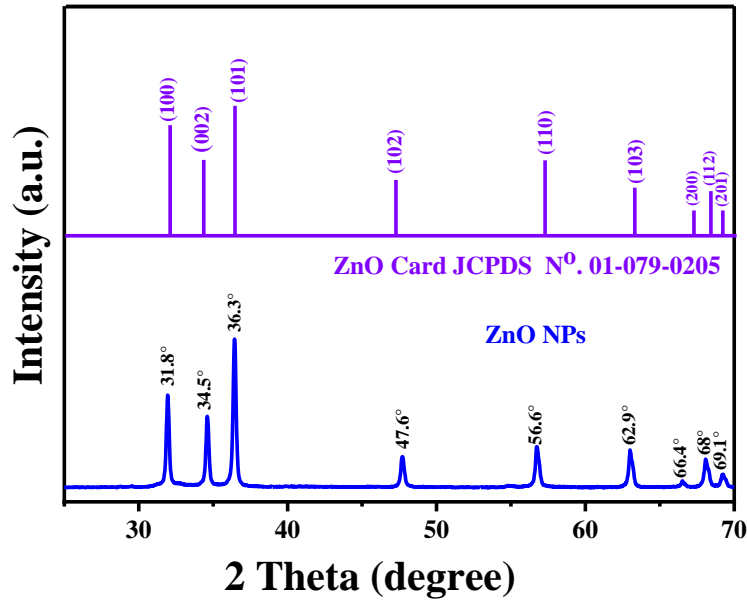
الشكل (9.III): أطياف FTIR لـ ZnO NPs المصنعة من *Cornulaca monacantha Del.*

III.1.5.3. حيود الأشعة السينية (DRX):

يوضح الشكل (10.III) أنماط DRX لـ ZnO NPs المصنعة من *Cornulaca monacantha Del.* ، كانت قمم عند 2θ تساوي 31.8° ، 34.5° ، 36.3° ، 47.6° ، 56.6° ، 62.9° ، 66.4° ، 68° ، 69.2° درجة و تتوافق مع (100) ، (002) ، (101) و (102) و (110) و (103) و (200) و (112) و (201) على التوالي، هذا يتوافق مع بطاقة JCPDS (01-079-0205) ، و تم حساب

الحجم البلوري لـ ZnO NPs باستخدام معادلة Debye-Scherrer (الموضحة في قسم 3.4.III) وكان الحجم البلوري لجسيمات الزنك النانوية المحضر يساوي 20 نانومتر.

في جميع أطياف ZnO NPs لم يلاحظ أي قمم أخرى، مما يشير إلى درجة نقاء عالية وتبلور من ZnO NPs المصنع.



الشكل (10.III): أطياف DRX لـ ZnO NPs المصنعة من *Cornulaca monacantha Del.*

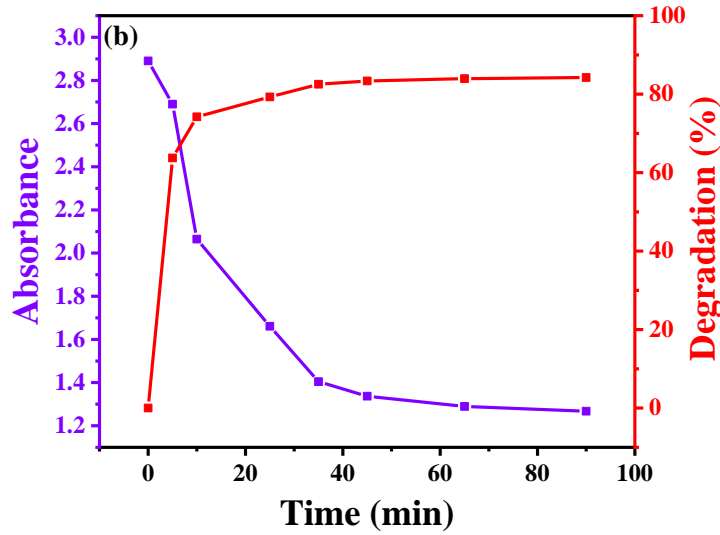
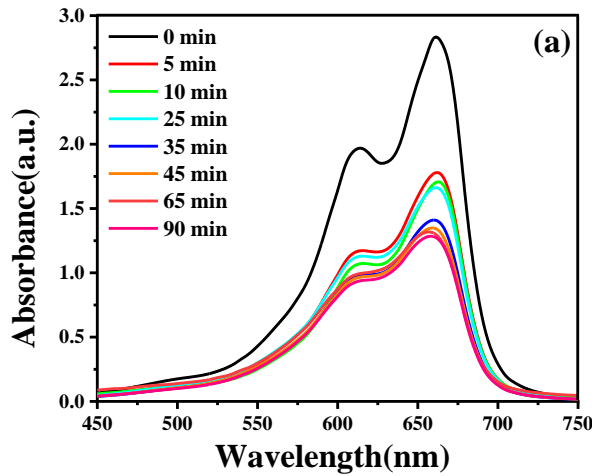
2.5.III. إزالة صبغة أزرق الميثيلين:

يمكن أن يؤدي التحفيز الضوئي، الذي يعتبر عملية بسيطة وتكنولوجيا صديقة للبيئة، إلى تفاعل تحلل الملوثات العضوية في مياه الصرف وتحويلها إلى ماء نظيف، و تستند هذه العملية على خصائص الجسيمات النانوية وتكوين الأنواع النشطة في الوسط، تم استخدام صبغة أزرق الميثيلين كملوث نموذجي لتقييم نشاط التحفيز الضوئي لـ ZnO NPs تحت إشعاع الأشعة فوق البنفسجية، وهي مادة سامة ومسرطنة تشكل خطرًا على البيئة والإنسان، لذلك يُشدد على ضرورة إيجاد تقنية فعالة وصديقة للبيئة لإزالة هذا

الملوث من المياه الصرف الصحي، ويُعتبر التحلل التحفيزي الضوئي أحد الطرق المفضلة لذلك حيث يعمل على تحويل الصبغة إلى مركبات بسيطة وغير سامة مع تقليل التكاليف.

يوضح الشكل (11.III) أن مركب ZnO NPs تمتص صبغة أزرق الميثيلين وباستخدام الظروف

التجريبية المثلى تم تحقيق تدهور بنسبة 84.22% لـ ZnO NPs في غضون 90 دقيقة.



الشكل (11.III): تأثير الوقت على تفاعل على تحلل صبغة أزرق الميثيلين: (a) ZnO NPs; نسبة

تحلل صبغة أزرق الميثيلين (b) ZnO NPs .

خلاصة الفصل:

تضمن هذا الفصل شرح مفصل لكيفية تحضير جسيمات أكسيد الزنك النانوية وقد تم التحقق من نجاح عملية التحضير من خلال تحليلها بواسطة تقنيات التحليل الطيفية والتي تطرقنا إليها في الفصل، وأخيرا قمنا بدراسة فعالية إزالة صبغة أزرق الميثيلين من المياه المستعملة.

خاتمة الفصل الثالث:

- [1] A. Zaater, M. O. Serhoud, I. Ben Amor, S. Zeghoud, A. Hemmami, A. Rebiai, et al., "Exploring the Potential of a Ephedra alata Leaf Extract: Phytochemical Analysis, Antioxidant Activity, Antibacterial Properties, and Green Synthesis of ZnO Nanoparticles for Photocatalytic Degradation of Methylene Blue Dye," *Frontiers in Chemistry*, vol. 12, p. 1367552, 2024.
- [2] A. H. Gharbi, H. Hemmami, S. E. Laouini, I. B. Amor, S. Zeghoud, A. B. Amor, *et al.*, "Green synthesis of ZnO@ SiO₂ nanoparticles using Calligonum comosum L. extract: an efficient approach for organic pollutant degradation in wastewater," *Biomass Conversion and Biorefinery*, pp. 1-12, 2023.
- [3] Z. Chen and T. Jaramillo, "The use of UV-visible spectroscopy to measure the band gap of a semiconductor ", *Department of Chemical Engineering, Stanford University Edited by Bruce Brunshwig*, vol. 9, p. 19, 2017.
- [4] S. Singh, J. V. Gade, D. K. Verma, B. Elyor, and B. Jain, "Exploring ZnO nanoparticles: UV-visible analysis and different size estimation methods," *Optical Materials*, vol. 152, p. 115422, 2024.
- [5] S. M. Nilapwar, M. Nardelli, H. V. Westerhoff, and M. Verma, "Absorption spectroscopy," in *Methods in enzymology*. vol. 500, ed: Elsevier, 2011, pp. 59-75.
- [6] A. Dutta, "Fourier transform infrared spectroscopy," *Spectroscopic methods for nanomaterials characterization*, pp. 73-93, 2017.
- [7] B. C. Smith, *Fundamentals of Fourier transform infrared spectroscopy*: CRC press, 2011.
- [8] D. K. Unruh and T. Z. Forbes, "X-ray diffraction techniques," *Analytical geomicrobiology: a handbook of instrumental techniques*, pp. 215-237, 2019.
- [9] I. B. Amor, H. Hemmami, S. E. Laouini, S. Ahmed, H. A. Mohammed, J. A. A. Abdullah, *et al.*, "Enhancing oxidant and dye scavenging through MgO-based chitosan nanoparticles for potential antioxidant coatings and efficient photocatalysts," *Biomass Conversion and Biorefinery*, pp. 1-15, 2023.
- [10] R. K. Mishra, S. S. Mentha, Y. Misra, and N. Dwivedi, "Emerging pollutants of severe environmental concern in water and wastewater: A comprehensive review on current developments and future research," *Water-Energy Nexus*, 2023.
- [11] A. Ojha and D. Tiwary, "Organic pollutants in water and its health risk assessment through consumption," in *Contamination of water*, ed: Elsevier, 2021, pp. 237.250-
- [12] T. M. Baldwinson, "Classification of dyeing and printing auxiliaries by function," *Colorants and auxiliaries*, vol. 2, pp. 497-759, 2002.
- [13] I. Ben Amor, H. Hemmami, S. E. Laouini, S. Zeghoud, M. Benzina, S. Achour, *et al.*, "Use of insect-derived chitosan for the removal of methylene blue dye from wastewater: process optimization using a central composite design," *Materials*, vol. 16, p. 5049, 2023.
- [14] M. Szlachta and P. Wójtowicz, "Adsorption of methylene blue and Congo red from aqueous solution by activated carbon and carbon nanotubes," *Water Science and Technology*, vol. 68, pp. 2240-2248, 2013.
- [15] X. Wang, Q. Xu, L. Zhang, L. Pei, H. Xue, and Z. Li, "Adsorption of methylene blue and Congo red from aqueous solution on 3D MXene/carbon foam hybrid aerogels: A study by experimental and statistical physics modeling," *Journal of Environmental Chemical Engineering*, vol. 11, p. 109206, 2023.
- [16] I. Ben Amor, H. Hemmami, S. E. Laouini, M. S. Mahboub, and A. Barhoum, "Sol-gel synthesis of ZnO nanoparticles using different chitosan sources: effects on antibacterial activity and photocatalytic degradation of AZO Dye," *Catalysts*, vol. 12, p. 1611, 2022.

في الختام، يعتبر توليف الجسيمات النانوية باستخدام المستخلصات النباتية نهجًا مبتكرًا وبيئيًا مستدامًا في مجال النانوتكنولوجيا، يتميز هذا الأسلوب بكونه غير سام، وقليل التكلفة، وصادق للبيئة مقارنة بالطرق الكيميائية التقليدية، تحتوي المستخلصات النباتية على مركبات عضوية نشطة مثل الفلافونويدات، الأحماض الأمينية، الأحماض الكربوكسيلية، الكيتونات، الفينولات، والبروتينات، التي تسهم بشكل فعال في إرجاع الأملاح المعدنية وتشكيل الجسيمات النانوية.

تم تحليل الجسيمات أكسيد الزنك النانوية التي الحصول عليها باستخدام التقنيات القياسية: الأشعة المرئية وفوق البنفسجية والمرئية (UV-Vis) والأشعة تحت الحمراء (FT-IR) وتقنية حيود الأشعة السينية (DRX)، وكان حجم جسيمات أكسيد الزنك النانوية مقدر بـ 20 نانومتر، وأعطت نتائج أظهرت الجسيمات المصنعة تأثيرات جيدة لإزالة صبغة أزرق المثلين حيث ت تحقيق تدهور بنسبة 84.22% في غضون 90 دقيقة.

يُظهر هذا النهج إمكانيات واعدة في إنتاج مجموعة واسعة من الجسيمات النانوية ذات الخصائص الفيزيائية والكيميائية الفريدة، والتي يمكن استخدامها في تطبيقات متعددة مثل الطب، الزراعة، البيئة، والطاقة، من خلال الاستفادة من الموارد الطبيعية والمستدامة يمكن تحقيق تقدم كبير في تطوير تقنيات نانوية أكثر أمانًا وكفاءة، مما يفتح آفاقًا جديدة للبحث والتطبيق في مختلف المجالات العلمية والصناعية، وفي الأخير يمكن لهذه التقنية أن تسهم بشكل كبير في تعزيز التنمية المستدامة من خلال تقليل الاعتماد على المواد الكيميائية الضارة وتحقيق التوازن بين التقدم التكنولوجي والحفاظ على البيئة، بالإضافة إلى ذلك يمكن أن يساهم توليف الجسيمات النانوية النباتية في تقليل التكاليف وتحسين الكفاءة الإنتاجية مما يجعلها خيارًا جذابًا للصناعات المختلفة.

أفاق مستقبلية:

- ❖ توسيع نطاق الأبحاث: يجب إجراء المزيد من الأبحاث لتحديد تأثيرات الأنواع النباتية المختلفة على توليف الجسيمات النانوية وتطوير أساليب أكثر فعالية واستدامة في هذا المجال.
 - ❖ استكشاف التطبيقات العملية للجسيمات النانوية المستخلصة من النباتات في مجالات متنوعة مثل الطب الحيوي، حيث يمكن استخدامها في توصيل الأدوية، ومعالجة المياه، والطاقة المتجددة.
 - ❖ ينبغي تنفيذ دراسات تقييم شاملة لتحديد التأثيرات البيئية المحتملة لاستخدام الجسيمات النانوية النباتية، لضمان استخدامها الآمن والمستدام.
- باتباع هذه التوصيات، يمكن تحقيق تقدم كبير في تطوير تقنيات نانوية مستدامة وفعالة، مما يفتح آفاقاً جديدة للبحث العلمي والتطبيقات الصناعية المتنوعة.

الم

الملحق I:

جدول امتصاص الأشعة تحت الحمراء:

التردد (cm^{-1})	رابطة	المجموعة الوظيفية
3640–3610 (s, sh)	O–H stretch, free hydroxyl	Alcohols, phenols
3500–3200 (s,b)	O–H stretch, H-bonded	Alcohols, phenols
3400–3250 (m)	N–H stretch	1°, 2° amines, amides
3300–2500 (m)	O–H stretch	Carboxylic acids
3330–3270 (n, s)	–C≡C–H: C–H stretch	Alkynes (terminal)
3100–3000 (s)	C–H stretch	Aromatics
3100–3000 (m)	=C–H stretch	Alkenes
3000–2850 (m)	C–H stretch	Alkanes
2830–2695 (m)	H–C=O: C–H stretch	Aldehydes
2260–2210 (v)	C≡N stretch	Nitriles
2260–2100 (w)	–C≡C– stretch	Alkynes
1760–1665 (s)	C=O stretch	carbonyls (general)
1760–1690 (s)	C=O stretch	Carboxylic acids
1750–1735 (s)	C=O stretch	Esters, saturated aliphatic
1740–1720 (s)	C=O stretch	Aldehydes, saturated aliphatic
1730–1715 (s)	C=O stretch	α , β –unsaturated esters
1715 (s)	C=O stretch	ketones, saturated aliphatic
1710–1665 (s)	C=O stretch	1°, 2°–unsaturated aldehydes, ketones
1680–1640 (m)	–C=C– stretch	Alkenes
1650–1580 (m)	N–H bend	1° amines
1600–1585 (m)	C–C stretch (in-ring)	Aromatics
1550–1475 (s)	N–O asymmetric stretch	Nitro compounds

1500–1400 (m)	C–C stretch (in–ring)	Aromatics
1470–1450 (m)	C–H bend	Alkanes
1370–1350 (m)	C–H rock	Alkanes
1360–1290 (m)	N–O symmetric stretch	Nitro compounds
1335–1250 (s)	C–N stretch	Aromatic amines
1320–1000 (s)	C–O stretch	Alcohols, carboxylic acids, esters, ethers
1300–1150 (m)	C–H wag (–CH ₂ X)	Alkyl halides
1250–1020 (m)	C–N stretch	Aliphatic amines
1000–650 (s)	=C–H bend	Alkenes
950–910 (m)	O–H bend	Carboxylic acids
910–665 (s, b)	N–H wag	1°, 2° amines
900–675 (s)	C–H “oop”	Aromatics
850–550 (m)	C–Cl stretch	Alkyl halides
725–720 (m)	C–H rock	Alkanes
700–610 (b, s)	–C ≡ C – H: C–H bend	Alkynes
690–515 (m)	C–Br stretch	Alkyl halides

حاد = sh، واسع = b، ضيق = n، قوي = s، ضعيف = w، متوسط = m

ملخص:

تم في هذه الدراسة تحضير، و تشخيص و إختبار مدى قدرة على تحلل صبغة أزرق الميثيلين لجسيمات الزنك النانوية المصنعة بواسطة مستخلص نبات الحاد. *Cornulaca monacantha Del.* ، و تم تحليل الجسيمات أكسيد الزنك النانوية التي الحصول عليها باستخدام التقنيات القياسية : الأشعة المرئية و فوق البنفسجية والمرئية (UV-Vis) و الأشعة تحت الحمراء (FT-IR) و تقنية حيود الأشعة السينية (DRX) ، و كان حجم جسيمات أكسيد الزنك النانوية مقدرة بـ 20 نانومتر ، و أعطت نتائج أظهرت الجسيمات المصنعة تأثيرات جيدة لإزالة صبغة أزرق الميثيلين حيث ت تحقيق تدهور بنسبة 84.22% في غضون 90 دقيقة، بإختصار يحمل تخليق الجسيمات النانوية القائمة على النباتات وعدا كبيراً لمواجهة التحديات المعقدة في مختلف المجالات، ولكن البحث والتطوير المستمر ضروريان لإطلاق إمكاناته بالكامل وضمان استخدامه الآمن والفعال في التطبيقات العملية.

الكلمات المفتاحية: *Cornulaca monacantha Del.* ، أكسيد الزنك، صبغة أزرق الميثيلين.

Abstract:

In this study, zinc oxide nanoparticles synthesized using the extract of *Cornulaca monacantha Del.* were prepared, characterized, and tested for their ability to degrade methylene blue dye. The synthesized zinc oxide nanoparticles were analyzed using standard techniques: UV-Vis spectroscopy, FT-IR spectroscopy, and X-ray diffraction (XRD). The size of the zinc oxide nanoparticles was estimated to be 20 nm. The results showed that the synthesized nanoparticles had a significant effect on the removal of methylene blue dye, achieving a degradation rate of 84.22% within 90 minutes. In summary, plant-based synthesis of nanoparticles holds great promise for addressing complex challenges in various fields. However, continuous research and development are necessary to fully unlock its potential and ensure its safe and effective use in practical applications.

Keywords: *Cornulaca monacantha Del.*, zinc oxide, methylene blue dye.