الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العالي

جامعة الشهيد حمه لخضر الوادي

كلية التكنولوجيا

مذكرة التخرج لنيل شهادة

ماستر أكاديمي

ميدان : العلوم والتكنولوجيا

شعبة: هندسة الطرائق

تخصص: هندسة كيميائية

من إعداد الطلبة:

مصباحي أيمن

نصيره حسين

الموضوع

تصنيع جسيمات النانوية بواسطة نبات السدر وقشور البيض

نـــــوقـــــشـت فـــــي: 2026/ 05/24

أمام لـــــجنـــة المـنـاقـشـة:

	أستاذ محاضر (أ)	رئيسا	جامعة الوادي
	أستاذ محاضر (أ)	مناقش	جامعة الوادي
د. بن عمر إلهام	أستاذ مساعد	مشرفا	جامعة الوادي
د. بن عمر محمد العربي	أستاذ محاضر (أ)	مساعد المشرف	جامعة الوادي

الموسم الجامعي:2026/2025

ملخص:

يُعتبر التصنيع الأخضر للجسيمات النانوية أحد أهم الاتجاهات المستدامة في تقنية النانو، حيث يرتكز على مصادر طبيعية وصديقة للبيئة عوضا من المواد الكيميائية ، في هذا العمل تم تصنيع أكسيد الكالسيوم النانوي *(CaO NPs)* من قشور البيض بواسطة طريقة التكليس الحراري عند درجة حرارة 700 درجة مئوية، مما يغير كربونات الكالسيوم *($CaCO_3$)* الرئيسية في القشر إلى *CaO* نقي، كما تم تصنيع أكسيد الزنك النانوي *(ZnO NPs)* باستعمال المستخلص المائي لنبات السدر (*Ziziphus lotus*) كعامل اختزال وتثبيت أخضر ، و تم توصيف جميع الجسيمات النانوية المحضرة باستعمال تقنيات طيفية : مطيافية الأشعة المرئية وفوق البنفسجية *(UV-Vis)*، ومطيافية الأشعة تحت الحمراء *(FTIR)*، وحيود الأشعة السينية *(XRD)*، حيث أوضحت الجسميات أكسيد الزنك النانوية حجم 19 نانومتر و20 نانومتر لأكسيد الكالسيوم ، و يبرز هذا العمل أهمية إعادة تدوير النفايات واستعمال النباتات في إنتاج مواد نانوية فعالة ومستدامة، مما يتطابق مع أهداف التنمية المستدامة.

الكلمات المفتاحية: تصنيع أخضر، السدر، قشور البيض، *ZnO NPs*، *CaO NPs*.

Abstract:

Green manufacturing of nanoparticles is considered one of the most important sustainable trends in nanotechnology, as it is based on natural and environmentally friendly sources instead of chemicals. In this work, calcium oxide nanoparticles (CaO NPs) were manufactured from eggshells by thermal calcination at a temperature of 700 °C, which changes the main calcium carbonate ($CaCO_3$) in the shell to pure CaO. Zinc oxide nanoparticles (ZnO NPs) were also manufactured using the aqueous extract of the jujube plant (Ziziphus lotus) as a reducing agent and green stabilizing agent. All prepared nanoparticles were characterized using spectroscopic techniques: UV-Vis spectroscopy, FTIR spectroscopy, and X-ray diffraction (XRD). The zinc oxide nanoparticles showed a size of 19 nm and 20 nm for calcium oxide. This work highlights the importance of recycling waste and using plants in the production of effective and sustainable nanomaterials, which is consistent with the Sustainable Development Goals.

Keywords: Green synthesis, Ziziphus lotus, eggshells, ZnO NPs, CaO NPs.

الاهــداء

الحمد لله حمدا وشكرا وامتنانا، ماكنت لأفعل هذا لولا فضل ا لله، فالحمد لله على البدء والختام.

ها أنا اليوم أهدي نجاحي إلى كل من سعى معي لإتمام هذه ا لمسيرة.

أهدي هذا العمل المتواضع إلى من سمعني في الأمل، وربّاني على طريق الصواب...

إلى والدي العزيز الذي رافقني بدعمه على مدى سنوات الدراسة، أطال الله في عمره، شكرًا والدي...

وإلى من علمتني الصبر والأمل، وأعطت كل ما بوسعها بإخلاص،

إلى أمي الحبيبة، تغمدها الله برحمته الواسعة، وظل نموذجًا للعطاء حتى آخر لحظة، شكرًا أمي...

وإلى سندي طيلة الدراسة الجامعية زوجتي الفاضلة وإلى أبنائي: شعيب ومنال

وإلى أحبابي وأصدقائي الطلبة الغاليين،

نصيره حسين

الاهــداء

بسم الله، وبحمده، وبتوفيقه، أهدي هذا العمل إلى:

إلى أمي

يا من كنتِ الدعاء الذي لا يغيب، والنبض الذي لا ينكسر...

لولاكِ بعد الله، ما وصلتُ إلى هذا اليوم.

إلى والدي

سندي في الحياة، ومصدر حكمتي وصبري...

شكرًا على كل لحظة كنتَ فيها قريبًا من روحي.

إلى أساتذتي الكرام

أنتم مشاعل العلم والنور، فلكم كل الاحترام والامتنان على دعمكم وتوجيهكم.

إلى زملائي وأصدقائي

شركاء الدرب، ورفقاء التعب، لكل من وقف إلى جانبي بكلمة أو ابتسامة، أنتم جزء من هذا النجاح.

مصباحي أيمن

الشكر والعرفان

الحمد لله الذي أنار لنا درب العلم والمعرفة وأعاننا على أداء هذا الواجب ووفقنا في

إنجاز هذا العمل فما كان ليتم الا بفضله 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

وإلى كل أساتذتنا الأفاضل على عطائهم الدائم لنا في جميع مراحل دراستنا .

وصولا لهذه اللحظة

الإهداء	
الشكر والعرفان	
قائمة الجداول	
قائمة الأشكال	
قائمة الرموز	
الفهرس	
المقدمة العامة	2
الجزء النظري	
الفصل الأول: المواد النانوية وتطبيقاتها	
I.1. المواد النانوية	6
I.1.1. لمحة تاريخية	6
I.2.1. تعريف الجسيمات النانوية	8
I.3.1. الجسيمات النانوية المعدنية	8
I.2. أنواع المواد النانوية	9
I.3. التوصيف	10
I.1.3. مطيافية الأشعة تحت الحمراء (FTIR)	10
I.2.3. تحليل تشتت الطاقة بالأشعة السينية (EDX)	10
I.3.3. المجهر الإلكتروني الماسح (SEM)	11
I.4.3. المجهر الإلكتروني النافذ (TEM)	11
I.5.3. مطيافية الأشعة فوق البنفسجية والمرئية (UV-Vis)	11
I.6.3. حيود الأشعة السينية (XRD)	11
I.7.3. تقنية BET (Brunauer-Emmett-Teller)	11
I.4. أشكال المواد النانوية	12
I.5. تصنيف المواد النانوية	12

I.1.5. تصنيف المواد النانوية حسب أبعادها	12
I.2.5. تصنيف المواد النانوية حسب أصلها	13
I.6. تخليق الجسيمات النانوية	16
I.1.6. طريقة من أسفل إلى أعلى Bottom-Up Method	17
I.2.6. طريقة التصنيع الحيوي	17
I.3.6. طرق من أعلى إلى أسفل Top-Down Methods	18
I.7. العوامل المؤثرة على تصنيع المركبات النانوية لأكاسيد المعادن	18
I.8. خصائص الجسيمات النانوية	19
I.1.8. الخصائص الفيزيائية	19
I.2.8. الخواص الكيميائية	20
I.9. تطبيقات تكنولوجيا النانو	20
I.1.9. في المجال الطبي	20
I.2.9. تنقية المياه	20
I.3.9. الصناعات	21
I.4.9. المواد المعمارية	21
I.5.9. في الزراعة والأمن الغذائي	21
I.6.9. بعض التطبيقات الأخرى	21
خاتمة الفصل الأول	22
مراجع الفصل الأول	23
الفصل الثاني: نبات السدر وقشور البيض	
II.1. نبات السدر (Ziziphus lotus)	29
II.1.1. العائلة Rhamnaceae – Rhamnacées (النبقيات - السدرية)	29
II.2.1. تصنيف نبات السدر	30
II.3.1. وصف النبتة	30

II.2. جنس *Zizyphus*	33
II.3. التوزع الجغرافي لنبات السدر	34
II.3.1. في العالم	34
II.3.2. في الجزائر	34
II .4. فوائد واستخدامات نبات السدرة	35
II .5. الأهمية البيئية لنبات السدر	35
II .6. الأهمية الاقتصادية لنبات السدر	35
II .7. الأهمية الطبية والدوائية لنبات السدر	36
II.7.1. الاستخدامات الشعبية	36
II.7.2. الاستخدامات الطبية	36
II.7.3. الفاعلية المضادة للبكتيريا والفطريات	36
II.8. قشور البيض (EggsHells)	37
II.9. تعريف قشرة بيض الدجاج	37
II.10. مكونات قشرة بيض الدجاج	38
II.11. فوائد قشور البيض	38
II.12. استخدامات قشور البيض	39
II.13. عرض لبعض دراسات سابقة	39
II.14. أكسيد الكالسيوم (CaO)	40
II.14.1. الدراسة الأولى	40
II.14.2. الدراسة الثانية	41
خاتمة الفصل الثاني	43
مراجع الفصل الثاني	44
الفصل الثالث: الجزء العملي/ النتائج والمناقشة	
III.1. المواد والأدوات والأجهزة المستعملة	50

III.1.1 المواد الكيميائية	50
III.1.2. الأدوات والمواد	50
III.1.3. الأجهزة	51
III.2. المادة النباتية	51
III.2.1. تجميع وتحضير النباتات	51
III.2.2. الطحن	51
III.3. خطوات العمل	52
III.3.1. تحضير المستخلص المائي للنبتة	52
III.3.2. تحضير جسيمات أكسيد الزنك النانوية	52
III.3.3. تخليق جسيمات أكسيد الكالسيوم النانوية	55
III.4. طرق توصيف	56
III.4.1. مطيافية الأشعة فوق بنفسجية (Ultraviolet visible spectrophotomètre)	56
III.4.2. مطيافية الأشعة تحت الحمراء (Fourier Transform infrared spectroscopy)	58
II.4.3. مطيافية الأشعة السينية (DRX)	59
III.5. النتائج والمناقشة	63
III.5.1. توصيف جسيمات نانوية	63
III.5.1.1. مطياف الامتصاص المرئي والأشعة فوق البنفسجية	63
III.5.1.2. جهاز "فوريه" لتحويل طيف الأشعة تحت الحمراء	65
III.5.1.3. حيود الأشعة السينية (DRX)	67
خاتمة الفصل الثالث	69
المراجع الفصل الثالث	70
الخاتمة العامة	73

قائمة الجداول

الجدول		الصفحة
الفصل الأول: المواد النانوية وتطبيقاتها		
الجدول 1.I	مجموعة من العناصر الكيميائية في شكل نانو	9
الفصل الثاني: نبات السدر وقشور البيض		
الجدول 1.II	تصنيف نبات السدر	30
الفصل الثالث: الجزء العملي / النتائج والمناقشة		
الجدول 1.III	يوضح المواد الكيميائية المستخدمة في خطوات العمل	50

قائمة الأشكال		
الشكل		الصفحة
الفصل الأول: المواد النانوية وتطبيقاتها		
الشكل 1.I	نظرة عامة على تقنيات التوصيف	10
الشكل 2.I	صور أشكال المواد النانوية	12
الشكل 3.I	تصنيف المواد النانوية (MNs)	13
الشكل 4.I	تقنيات التوليف من أسفل إلى أعلى (bottom-up) ومن أعلى إلى أسفل (top-down) للجسيمات النانوية	16
الفصل الثاني: نبات السدر وقشور البيض		
الشكل 1.II	أوراق نبات السدر	31
الشكل 2.II	أزهار السدر	31
الشكل 3.II	ثمار السدر	33
الشكل 4.II	توزيع نبات السدر في العالم	34
الشكل 5.II	قشور البيض للدجاج المنزلي	37
الشكل 6.II	رسم تخطيطي لمكونات البيضة وقشورها	38
الشكل 7.II	رسومات توضح بعض الاستخدامات لقشور البيض	39
الفصل الثالث: الجزء العملي / النتائج والمناقشة		
الشكل 1.III	صورة تبين نبات السدر	51
الشكل 2.III	مسحوق نبات السدر	51
الشكل 3.III	مستخلص نبات السدر	52
الشكل 4.III	تشكل جسيمات أكسيد الزنك النانوية	53
الشكل 5.III	مخطط يوضح طريقة العمل لتوليف أكسيد الزنك النانوية بواسطة مستخلص نبات السدر (*Ziziphus lotus*)	54
الشكل 6.III	عرض تخطيطي يوضح عملية تصنيع جسيمات أكسيد الكالسيوم النانوية بدءًا من قشور بيض الدجاج	55
الشكل 7.III	جهاز مطيافية الأشعة فوق البنفسجية (*UV*)	56
الشكل 8.III	مخطط توضيحي لجهاز الأشعة تحت الحمراء	58
الشكل 9.III	جهاز مطيافية الأشعة تحت الحمراء (*FTIR*)	59
الشكل 10.III	جهاز انعراج الأشعة السينية (*XRD*)	60

الشكل 11.III	رسم تخطيطي يوضح قانون براج	61
الشكل 12.III	منحنى أطياف UV-Vis لـ ZnO NPs (a) وقشور البيض وأكسيد الكالسيوم(b)	63
الشكل 13.III	أطياف FTIR لـZnO NPs المصنعة من نبات السدر (a) وقشور البيض وأكسيد الكالسيوم(b)	65
الشكل 14.III	أطياف DRX لـ ZnO NPs المصنعة من نبات السدر (a) و CaO (b) NPs	67

الرمز	المعنى
C°	درجة الحرارة
mol	وحدة المول
ml	وحدة المليلتر لقياس الحجم
g،mg	وحدة مليغرام، الغرام لقياس الكتلة
%	نسبة المئوية
HCL	حمض الهيدروكلوريك
CaCl	كلوريد الكالسيوم
NaOH	هيدروكسيد الصوديوم
SEM	المجهر الإلكتروني الماسح
FTIR	مطيافية الأشعة تحت الحمراء
XRD	حيود الأشعة السينية
FE - SEM	المجهر الالكتروني الماسح ذو الانبعاث الحقلي
EDX	مطيافية الأشعة السينية المشتة للطاقة
UV-Vis	مطيافية الأشعة فوق البنفسجية والمرئية
H_2O	الماء
$Zn\ (CH_3CO_2)$	أسيتات الزنك
g/mol	الكتلة المولية
UL TRASONS-H	موجات فوق الصوتية
ZnO NPs	أكسيد الزنك النانوية
$CaCO_3$	كربونات الكالسيوم
CO_3^{-2}	ايونات الكربونات
$Ca(OH)_2$	هيدروكسيد الكالسيوم
amide	أميد
OH	هيدروكسيد
JCPDS	اللجنة المشتركة لمعايير حيود المساحيق
FWHM	العرض الكامل عند نصف الحد الأقصى أو نصف الارتفاع
°	الدرجة الزاوية

المقدمة العامة

المقدمة العامة

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

تزايدت الأبحاث وانشغل الباحثون من كل المجالات بهذه التقنية في المدة الأخيرة، ويمكن تعريف مصطلح النانو *Nano* بأنه مشتق أساسا من كلمة نانو *Nano* اليونانية والتي تعنى القزم وتستخدم للدلالة على واحد من المليار من المتر، وتتسم المواد النانوية بخصائص فيزيائية وكيميائية وخصائص أخرى مختلفة عن المواد الأساسية المشكلة لها بسبب مساحتها السطحية الكبيرة الى نسبة الحجم وتأثير الكم [1].

استعملت عدة طرق في تصنيع الجسيمات النانوية منها الطرق الكيميائية، والفيزيائية إلا أن هذه الطرق تعتبر مكلفة وسامة للبيئة ولصحة الإنسان، لذا التجأ الباحثين إلى إيجاد طرق حيوية بسيطة وغير مكلفة وصديقة للبيئة ولا تضر بصحة الإنسان التي ترتكز على الموارد الطبيعية مثل المستخلصات النباتية كنبات السدر (*Ziziphus lotus*) ومستخلصات حيوانية كقشور البيض (*Eggs Hells*) والبوليمرات التي تستعمل لصنع جسيمات نانوية معدنية مثل الفضة والزنك والمغنزيوم وغيرها [3], [4].

اكتسبت الطرق الجديدة لتصنيع الجسيمات النانوية المعدنية اهتمامًا كبيرًا من العديد من الباحثين كونها لا تشكل خطرا على صحة الإنسان وفي نفس الوقت صديقة للبيئة كونها ترتكز على بعض المواد المعاد تدويرها على سبيل المثال; مستخلصات نباتية كنبات السدر (*Ziziphus lotus*) والتي غالبا تحتوي على هذه المصادر والمركبات العضوية، مثل الفلافونويدات، الأحماض الكربوكسيلية، الكيتونات، الفينولات والبروتينات، وتسهم هذه المركبات دورا مهما في إرجاع الأملاح المعدنية وإنتاج الجسيمات النانوية بطرق

سهلة وسريعة وغير ضارة بيئيا [5] ، وأما المستخلصات الحيوانية نذكر على سبيل المثال قشور البيض (*Eggs Hells*)، وكذلك بعض الأنسجة والسوائل مثل الدم، الحليب، الإنزيمات والبروتينات الحيوانية؛ والتي تتضمن على جزيئات حيوية نشطة (بروتينات، إنزيمات) تعمل كمختزِلات ومثبِّتات في التخليق الحيوي للجسيمات النانوية، حيث تغير الأيونات المعدنية إلى جسيمات نانوية مستقرة وصديقة للبيئة [6]. ولقد أصبح الاهتمام بالطرق الخضراء لتحضير الجسيمات النانوية المعدنية أهمية عظمى [7].

الفصل الأول: يتمحور حول عموميات عن المواد النانوية وتطبيقاتها، حيث تم التعرف على تاريخ اكتشاف النانو، وأولى اشكالها وتصنيفها وطرق تصنيعها وأهم تطبيقاتها.

الفصل الثاني: عموميات حول نبات السدر وقشور البيض، ،حيث تعرفنا على نبات السدر وعلى عائلته وتسمياته وتصنيفه وأماكن تواجده واستخداماته في العديد من المجالات، وكذلك تم التعرف على قشور البيض ومكوناته وفوائده واستخداماته وبعض الدراسات حوله.

الفصل الثالث: يضم الجزء العملي والنتائج والمناقشة حيث تم في هذا الفصل تحضير كل من جسيمات أكسيد الزنك وأكسيد الكالسيوم النانوية وتأكيد بنيته بطرق التحليل الطيفية ، وتم تحليل النتائج المتحصل عليها.

في الختام وبالنظر إلى النتائج النهائية، يتضح مدى النجاح في تحقيق الأهداف المرجوة من هذه الدراسة.

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]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.

[4]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.

[5]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.

[6] Das et al, Biological synthesis of metallic nanoparticles: plants, animals and microbial aspects, 2017.

[7] 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.

الفصل الأول:

المواد النانوية وتطبيقاتها

برز مصطلح علوم وتقنيات النانو في اوائل القرن الحادي والعشرين[1] حيث تحتل تقنية النانو حاليا صدارة التخصصات العلمية والبحثية في مراكز البحث والجامعات في أنحاء [2] حيث يرتفع عدد الشركات العالمية التي تسهم في المجال إلى حوالي 2000 شركة تبدع أعمالها في مجال المواد الخام النانوية ،التكنولوجيا الحيوية الطبية، علوم الأحيائية، الأجهزة والخدمات الذي ينتج عن تطورات جديدة في الإلكترونات والاتصالات والتقنية الحيوية وفي علوم الطب والمياه والبحث البيئي وغيرها من صناعة السيارات ، مستحضرات تجميل، البناء، الأجهزة المنزلية، الطاقة والزراعة [3].

I.1. المواد النانوية

I.1.1. لمحة تاريخية

شهد علم النانو أو علم المواد النانوية تقدما كبيرا عبر التاريخ، حيث تطور من مجرد فكرة نظرية إلى مجال علمي واسع بالغ الأهمية و لقد استفاد الإنسان بالفعل تقوية المواد الخزفية بما في ذلك ألياف الأسبستوس (*Asbestos Fibers*) النانوية الطبيعية لأكثر من 4500 عام [4]، حين كانت الكيمياء القائمة على الرصاص مبتكرة في مصر القديمة في تحضير مستحضرات التجميل منذ أكثر من 4000 عام، فمنها وصفة صبغة الشعر باستعمال أملاح الرصاص منذ العصر اليوناني الروماني، و كانت الصبغة ذات اللون الأزرق أول صبغة صناعية تم تحضيرها و استخدامها من قبل المصريين باستخدام خليط من الزجاج بمقياس نانومتر والكوارتز في حوالي القرن الثالث قبل الميلاد [5]، يشكل اللون الأزرق خليطًا معقدًا من $CaCuSi_4O_{10}$ و SiO_2 (الزجاج والكوارتز) في المناطق الجغرافية القديمة للإمبراطورية الرومانية، بما في ذلك دول مثل مصر وبلاد ما بين النهرين وبلاد الرافدين، اليونان، ظهر استعمال اللون الأزرق المصري لأغراض الديكور خلال الحفريات الأثرية حينها .

تم العثور على تخليق المعادن باستخدام الأساليب الكيميائية فيما قبل الميلاد، عندما انطلق السكان المصريون وسكان بلاد ما بين النهرين في تصنيع الزجاج باستخدام المعادن، والتي يمكن استناد بها على أنها بداية عصر الجسيمات النانوية المعدنية [6]، و يحتمل أن تكون هذه المواد أمثلة على أحدث المواد التركيبية النانوية في تطبيقاتها العملية ; منذ عصر البرونز (1200–1000 قبل الميلاد)، تم تحديد زجاج أحمر اللون في *Frattesina di Rovigo* (إيطاليا) [7]، و في نفس الوقت تم تنبيه على أن اللون الأحمر اللامع يعود إلى فترة 400–100 سنة قبل الميلاد، حيث تشمل على جسيمات نانوية من النحاس وأكسيد

النحاس Cu_2O [8]، و على الرغم من ذلك فإن القطعة المكونة من الزجاج الروماني هي مثال على أكثر استعمالات المعادن النانوية القديمة بالإضافة إلى أمثلة عديدة ظهرت في حضارات قديمة .

تم اظهار مصطلح "نانو تكنولوجي" في عام 1974 من قبل الفيزيائي الياباني نوريو تانيغوتشي (*Norio Taniguchi*)؛ و تطورت تقنيات انتاج المواد النانوية مثل الترسيب الكيميائي البخاري وتقنيات التصنيع بالليزر ، وبدأ الباحثون في استخدام تقنيات النانو تكنولوجي لتنمية مواد جديدة وتحسين الأداء في مجموعة متنوعة من التطبيقات مثل: الإلكترونيات، الطب، علوم المواد، البيئة والطاقة، إذ يستمر عمل لعلم النانو تكنولوجي في التطور بسرعة مما سمح بإنتاج مواد أكثر دقة وفعالية على مستوى النانومتر، وتمكين حلول للعديد من الإشكالات مثل: تلوث البيئة، تحسين التشخيص، العلاج الطبي وتطوير التكنولوجيا، يمثل علم النانو تكنولوجي تحديات وفرصًا كبيرة، حيث يتواصل استمرار في تطوير تكنولوجيا متقدمة ومبتكرة للمستقبل[9].

يمكن توضيح تعريفات بإيجاز لأهم المصطلحات العلمية المستخدمة في علم النانو[10]:

- **الطبقة النانوية:** هي مواد نانوية ذات بعد واحد فقط ينحصر بين 1 إلى 100 نانومتر.
- **علم النانو:** هو العلم الذي يهتم بالتعامل مع المواد في مستواها الجزيئي والذري بمقياس لا يتعدى 100 نانومتر، وكذلك يهتم باكتشاف ودراسة الخصائص المميزة لمواد النانو.
- **تكنولوجيا النانو:** تهتم تقنية النانو بالأبحاث والتطورات التقنية على المستويات الذرية والجزيئية في إطار طولي حوالي 1-100 نانومتر، لتوفير فهم أساسي للظواهر والمواد على مقياس النانو، وهي التي تستعمل في تصنيع مركبات لديها خصائص فريدة نظرا لصغر حجمها.
- **المواد النانوية:** المواد المتوافقة مع الهياكل الداخلية والخارجية للأبعاد النانوية.
- **الألياف النانوية:** عندما تكون الأبعاد النانومترية الخارجية متماثلة وبُعدًا ثلاثيًا أكبر، فهي موجودة في مادة نانوية.
- **مركب النانو:** هيكل متنوع الأطوار متوافق مع أقل مرحلة من البعد النانومتري.
- **البنية النانوية:** تكون الذرات المركبة للمركبات المترابطة في المنطقة النانوية.

I.1.2. تعريف الجسيمات النانوية

تعرف الجسيمات النانوية بأنها تجمع ذرات أو جزيئات يتراوح عددها من بضع ذرات إلى مليون ذرة، مرتبطة بعضها ببعض بشكل كروي تقريبا، ولها نصف قطر نانوي أقل من 100 نانومتر، و يحتوي جسيم بنصف قطر نانومتر واحد على 25 ذرة، معظمها على سطح الجسيم، تتسبب أبعاد الجسيم النانوي في حدوث ظواهر فيزيائية معينة [11].

I.1.3. الجسيمات النانوية المعدنية

أخذ مصطلح النانو أساسا من العبارة اليونانية *nanos* والتي تقصد قزم *dwarf* أي صغير جدا، تشير وحدة قياس النانومتر إلى جزء واحد من المليار من المتر اي كل 1 نانومتر=10^{-9} متر أو جزء من المليون من المليمتر أي 1 نانومتر = 10^{-6} متر، وتقصد الجسيمات النانوية (*Nanoparticles*) بأنها جسيمات دقيقة ذات بعد واحد على الأقل يتراوح حجمها من 1− 100 نانومتر، كما تقصد الجسيمات النانوية أيضا على أنها ركام جزيئي (*molecular aggregates*) أو ركام ذري (*atomic aggregates*) ذات أبعاد صغيرة أو متناهية الصغر ، تتميز بعدد من الخصائص الفريدة وتتضمن المساحة والطاقة السطحية العالية والتقييد الكمي العالي (*quantum confinement*)[12] .

و علم تقنية النانو *Nanotechnology* هو مجال حديث يؤدي دورا محوريا يوما بعد يوم في شتى المجالات و يمكن تعريفه على أنه العلم الذي يعالج مع إنتاج الوحدات و المواد التي تتراوح أحجامها ضمن وحدات النانومتر ومعالجتها هذه الجسيمات ذات البعد الواحد يمكن الاستفادة منها في مجال الطب، الكيمياء و الفيزياء الذرية و إلى آخره من الحقول المعرفية، حيث تتميّز الجسيمات النانوية بخصائص فريدة في التحفيز الإلكتروني، المغناطيسي و الكيميائي، و كما تتسم بالاستقرار العالي و قلة التفاعلية و تمتلك التوافقية الحيوية كما تفتقر إلى السُمِيّة نسبيا و تكون بأشكال متنوعة و هذا ما يجعلها واسعة التطبيق في مختلف مجالات الطب الحيوي كالتشخيص علاج السرطانات و الأمراض الأخرى و صناعة العقاقير و تُظهر بعض الجسيمات النانوية للفلزات خصائص مضادة للفيروسات و البكتريا و الفطريات[13].

I.2. أنواع المواد النانوية

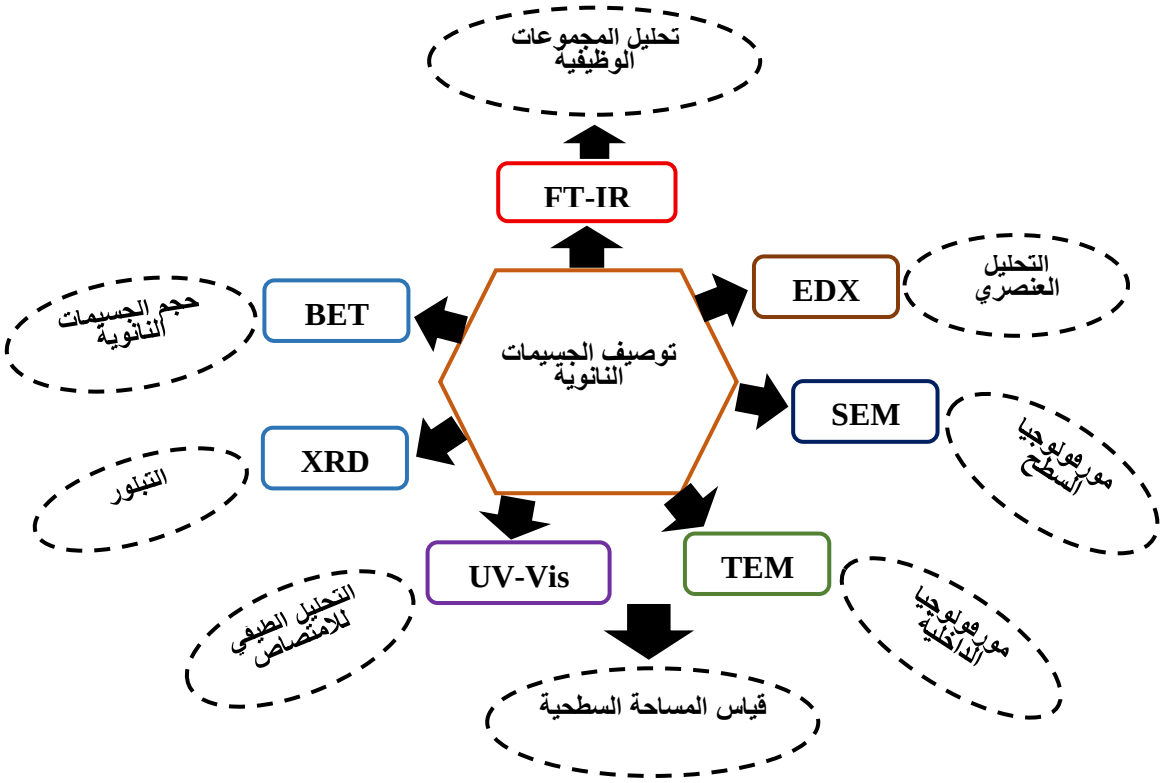
توجد العديد من المواد النانوية كما هو موضح في **الجدول (I. 1)**.

الجدول (I .1): مجموعة من المواد النانوية في شكل نانو.

المركب النانوية	الصيغة	المرجع
Platine	Pt	[14]
Palladium	Pd	
Sélénium	Se	
Nickel	Ni	
Silver Nanoparticles	AgNPs	[15]
Gold Nanoparticles	Au NPs	
Zinc oxide	Zn O	
Copper oxide	Cu O	
Magnesium oxide	Mg O	
Titanium oxide	TiO_2	
Aluminum oxide	Al_2O_3	
Iron. Oxide	Fe_3O_4	
Tin. Oxide	SnO_2	
Tungsten(tri) oxide	WO_3	
Silicon d'oxide	SiO_2	[16]
Calcium oxide	CaO	[17]

I.3. التوصيف

يتم تحديد إمكانات واستخدامات الجسيمات النانوية من خلال الصفات التي تجعلها متميزة ويوضح الشكل(1. I) لمحة عامة عن تقنيات التوصيف.



الشكل (1. I): نظرة عامة على تقنيات التوصيف.

1.3.I. مطيافية الأشعة تحت الحمراء (*FTIR*)

وهي تقنية كيميائية تُستعمل لتحديد المجموعات الوظيفية *(Functional Groups)* المرتبطة بسطح المواد النانوية. تساعد في معرفة نوع الروابط الكيميائية والتفاعلات التي وقعت أثناء تحضير العينة [18].

2.3.I. تحليل تشتت الطاقة بالأشعة السينية(*EDX*)

تُجرى عادةً بالتزامن مع *SEM* أو *TEM* ، وهي تقنية تُستعمل لتحديد العناصر الكيميائية المكونة للعينة ونسبها المئوية، مما يؤكد نقاء المادة النانوية المحضرة[19].

3.3.I. المجهر الإلكتروني الماسح(*SEM*)

تقنية تصويرية متقدمة تستعمل شعاعاً مركزاً من الإلكترونات لمسح سطح العينة، مما يوفر صوراً ثلاثية الأبعاد عالية الدقة تبين شكل وتضاريس *(Morphology)* الجسيمات النانوية وتوزيعها[20].

I.4.3. المجهر الإلكتروني النافذ(*TEM*)

تعد التقنية الأقوى لتوصيف المواد النانوية، حيث تمر الإلكترونات من خلال عينة رقيقة جداً، مما يعزز رؤية البنية الداخلية للذرة وقياس حجم الجسيمات بدقة متناهية *(Sub-nanometer scale)*[21].

I.5.3. مطيافية الأشعة فوق البنفسجية والمرئية(*UV-Vis*)

تقنية ترتكز على امتصاص الضوء؛ تُستعمل في النانو لتحديد الخصائص البصرية، ومراقبة استقرار المعلقات النانوية، وحساب " فجوة الطاقة (*Band Gap*) " للمواد شبه الموصلة[22].

I.6.3. حيود الأشعة السينية(*XRD*)

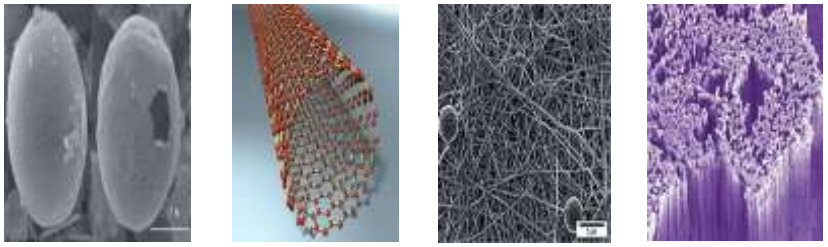
أداة أساسية لتحديد التركيب البلوري *(Crystalline Structure)* للمواد. تستعمل للتأكد من هوية المادة النانوية، درجة نقائها، وحجم البلورات (*Crystallite size*) باستعمال معادلة ديباي–شرر[23].

I.7.3. تقنية*BET (Brunauer-Emmett-Teller)*

الطريقة القياسية لحساب المساحة السطحية النوعية *(Surface Area)* وحجم المسام للمواد النانوية. هذه التقنية نشطة جداً في تطبيقات الحفز الكيميائي وامتصاص الغازات [24].

I.4. أشكال المواد النانوية

تختلف أشكال المواد النانوية باختلاف طريقة تحضيرها فيمكن أن تكون على شكل كرات أو أنابيب أو ألياف أو أسلاك أو رقائق [25]، كما هو موضح في **الشكل (I. 2)**.



أسلاك ألياف أنابيب كرات

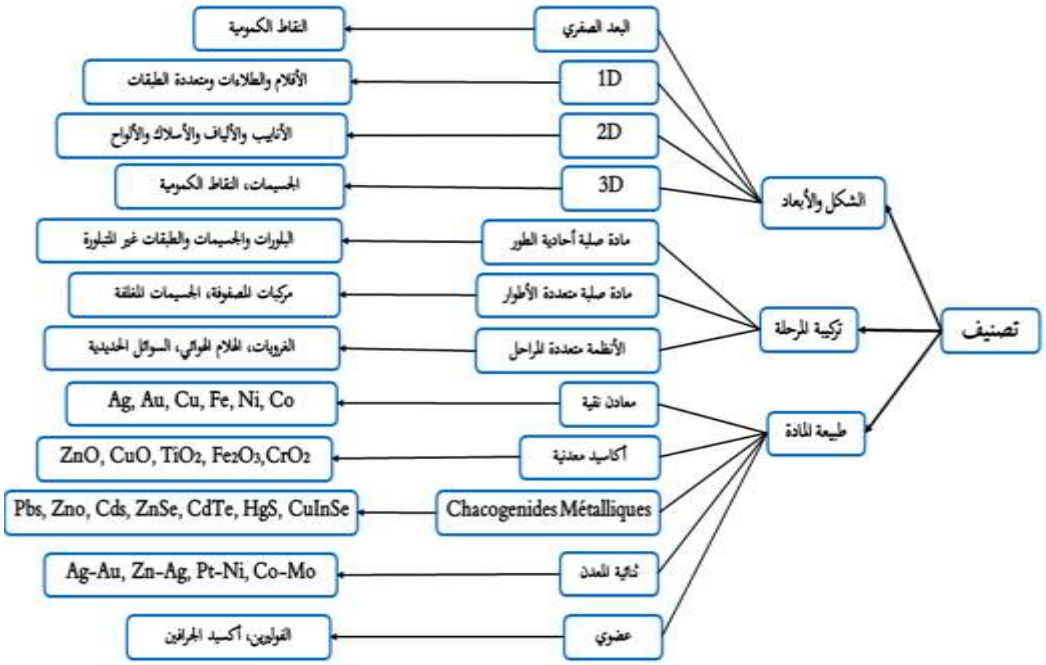
الشكل (I. 2): صور أشكال المواد النانوية.

I.5. تصنيف المواد النانوية

I.5.1. تصنيف المواد النانوية حسب أبعادها

إن إنتاج المواد التقليدية على المستوى النانوي يساهم حاليًا في التقدم الاقتصادي للعديد من البلدان، حيث تم الإبلاغ عن العديد من أنواع *NPs* (Nanoparticles) و *MNs* (Metal Nanoparticles) ، أيضا من المحتمل ظهور العديد من الأصناف منها في المستقبل، ولذلك فقد ألحت الحاجة إلى تصنيفها، و تم عرض الفكرة الأولى لتصنيف MNs من طرف *Gleiter* وآخرون [8]، أين أنجز تصنيف MNs على أساس أشكالها البلورية وتركيبها الكيميائي ، ومع ذلك لم يكن مخطط *Gleiter* مكتملًا لأنه لم يأخذ أبعاد NPs و MNs في الحسبان، و في عام 2007، طور بوكروبيفني وسكورخود (*Pokropivny and Skotokhod*) [26], [27] منهجية تصنيف جديدة لـ MNs بما في ذلك المركبات التي تم تطويرها في السنوات الاخيرة، مثل MNs 0D و1D و2D و 3D، حيث استند إلى التصنيف بشدة على حركة الإلكترونات على طول الأبعاد في *MNs*، على سبيل المثال الإلكترونات الموجودة في 0D لـ *MNs* المحاطة في فضاء بلا أبعاد، لأن 1D لـ *MNs* تشمل على إلكترونات يمكنها التحرك على طول المحور x ، وهو أقل من 100 نانومتر، وبالمثل فإن *MNs* ثنائية وثلاثية الأبعاد لها حركة إلكترونية على طول المحاور x – y و x و y و z على التتابع.

تحدد القدرة على التنبؤ بخصائص *MNs* قيمة تصنيف *MNs* ، وتقوم خصائص *MNs* بشكل كبير على حدود الجسيمات، ولذلك فإن تأثيرات الحجم الداخلي الكلاسيكي، مثل تقليل درجة الانصهار وتقوية الانتشار[28]، كما هو موضح في **الشكل (I. 3)**.



الشكل (I. 3): تصنيف المواد النانوية (*MNs*).

I.2.5. تصنيف المواد النانوية حسب أصلها

يمكن تصنيف المواد النانوية على أساس أصلها إلى عدة مجموعات وتعتمد هذه التصنيفات على مصدر أو طريقة إنتاج المواد النانوية، فيما يلي بعض التصنيفات الرائجة للمواد النانوية حسب أصلها[29]:

1. المواد النانوية الطبيعية

توجد هذه المواد في الطبيعة ولها أبعاد نانوية أو خصائص، وتضم الجسيمات النانوية التي تكونت نتيجة للانفجارات البركانية، والجسيمات النانوية في بعض أنواع الطين، والأنابيب النانوية التي تقع بشكل طبيعي مثل تلك الموجودة في عدة المعادن[29].

2. المواد النانوية المعتمدة على الكربون

تشمل هذه الفئة المواد النانوية المكونة أساسًا من ذرات الكربون وتضم مثلا: الجرافين وأنابيب الكربون النانوية، والفوليرين [29] .

3. المواد النانوية الهندسية

تم تصميم هذه المواد النانوية، أو تصنيعها، أو هندستها بشكل مستند لتطبيقات محددة وتشمل الجسيمات النانوية، والأسلاك النانوية، والأنابيب النانوية ....الخ والتي تم تطويرها من خلال التخليق الكيميائي[29].

4. الجسيمات النانوية المعدنية وأكاسيد المعادن:

الجسيمات النانوية المصنوعة من معادن متنوعة (مثل الفضة ، الذهب والحديد) أو أكاسيد المعادن (مثل أكسيد الزنك وثاني أكسيد التيتانيوم)، وعادة ما تتمتع هذه الجسيمات بخصائص كهربائية أو بصرية أو تحفيزية جيدة[29].

5. المواد النانوية شبه الموصلة

تتكون هذه المواد غالبا من أشباه الموصلات ولها تطبيقات في مجال الضوئيات والإلكترونيات، ومن الأمثلة النقاط الكمومية والأسلاك النانوية المصنوعة من مواد مثل السيليكون[29].

6. المواد النانوية البوليمرية

مواد نانوية مكونة من بوليمرات أو جسيمات نانوية قائمة على البوليمر وتستعمل هذه المواد في توصيل الأدوية، الطلاءات، والتطبيقات الطبية الحيوية المختلفة[29].

7. المواد النانوية البيولوجية

المواد النانوية المشتقة من مصادر بيولوجية أو يتم تكوينها باستخدام العمليات البيولوجية، مثل الجسيمات الشحمية، الجسيمات النانوية القائمة على البروتين، ومكونات تكنولوجيا النانو للحمض النووي[29].

8. المواد النانوية الهجينة

تجمع هذه المواد النانوية بين نوعين أو أكثر من المواد أو المواد النانوية المختلفة لاستخدام الخصائص الفريدة، على سبيل المثال الجمع بين أنابيب الكربون النانوية والجسيمات النانوية المعدنية لبناء مركبات نانوية هجينة[29].

9. المواد النانوية المركبة

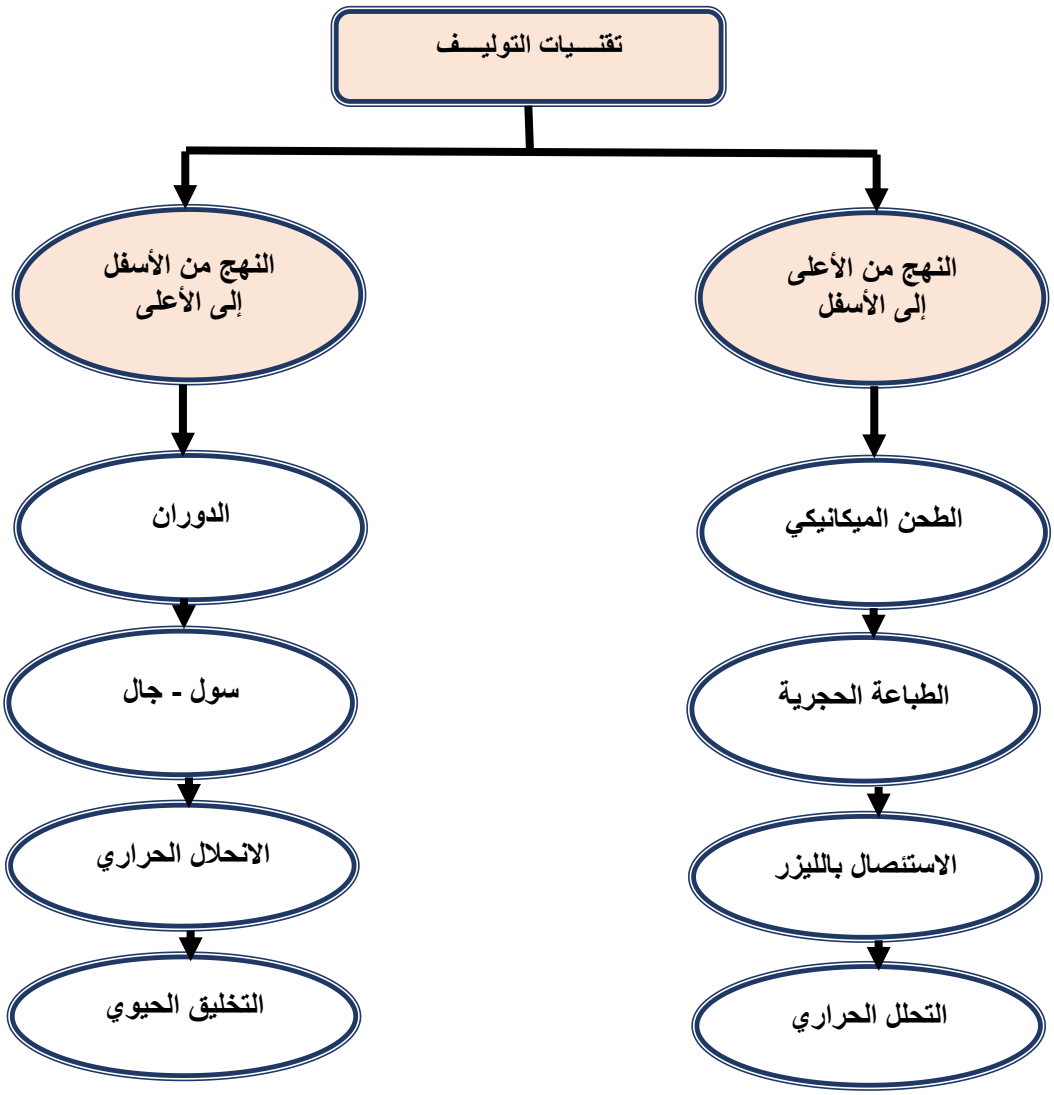
المواد النانوية التي تتكون من مادة مصفوفة مع إضافات نانوية مجمعة، على سبيل المثال المركبات النانوية البوليمرية مع مواد حشو نانوية مدمجة مثل الطين أو أنابيب الكربون النانوية[29].

10. المواد النانوية ذاتية التجميع

المواد النانوية التي تتشكل من خلال عمليات التجميع داخلي حيث تقوم الجزيئات أو الجسيمات النانوية بترتيب نفسها في هياكل مرتبة، منها: المذيلات، والمستحلبات النانوية، والطبقات الأحادية المجمعة داخليا[29] ، و توفر هذه التصنيفات نظرة عامة واسعة المجال على مجموعة متنوعة من المواد النانوية المتاحة، ولكل منها خصائصها وتطبيقاتها الفريدة ويستمر الباحثون تطوير مواد نانوية جديدة وتحسين المواد الموجودة لمتعدد الأغراض التكنولوجية والعلمية.

6.I. تخليق الجسيمات النانوية

يمكن تصنيع المواد النانوية بطريقتين مختلفتين، كما هو موضح في **الشكل (I .4)**.



الشكل (I .4): تقنيات التوليف من أسفل إلى أعلى (*bottom-up*) ومن أعلى إلى أسفل (*top-down*) للجسيمات النانوية[30].

I.1.6. طريقة من أسفل إلى أعلى *Bottom-Up Method*

تشمل طريقة التصنيع النانوي من الأسفل إلى الأعلى، أو التجميع الذاتي، على استعمال القوى الكيميائية أو الفيزيائية التي تقوم على المقياس النانوي لدمج وحدات البناء في هياكل وظيفية، وفي التوليف من أسفل إلى أعلى، يتم تصنيع المواد من الذرة إلى الكتلة إلى مستوى الجسيمات النانوية وتُعدّ الأنظمة البيولوجية مصدر إلهام للتقنيات التصاعدية لأنها تستعمل القوى الكيميائية لبناء كل ما هو ضروري للوجود.

يهدف العلماء إلى محاكاة الطبيعة من خلال إنشاء مجموعات ذرية القادرة على التجمع ذاتيًا في أشكال متزايدة التعقيد، وكانت طرق سول جل، الغزل، وترسيب البخار الكيميائي (CVD)، والانحلال الحراري، والتخليق الحيوي هي العمليات التصاعدية التي يتم استعمالها بشكل متكرر في تصنيع الجسيمات النانوية.

I.2.6. طريقة التصنيع الحيوي

يمكن تصنيع الجسيمات النانوية الآمنة للبشر والبيئة باستعمال التصنيع الحيوي، ويعد تصنيع الجسيمات النانوية باستخدام الأنظمة البيولوجية سريعًا وعمليًا ومفيدًا بيئيًا [31]، فضلًا عن الى انه يمكن تعديل سمية وحجم الجسيمات النانوية لتناسب مع التطبيق المراد، و لقد بحثت عددًا من الدراسات في جدوى تصنيع الجسيمات النانوية عن طريق استعمال الكائنات الحية الدقيقة مثل البكتيريا، والفطريات، الخميرة، الطحالب الدقيقة والفيروسات.

تتميز الكائنات الحية الدقيقة خلايا قابلة للتكيف بشكل طبيعي مع مجموعة واسعة من البيئات، وتتكاثر بسرعة، وتتطلب القليل من التكلفة، و تمثل السكريات الخارجية والسليلوز النانوي والأسلاك النانوية مجرد أمثلة قليلة على المواد النانوية الفريدة التي لديها البكتيريا والطحالب الدقيقة القدرة على إنتاجها [32].

بالمقارنة مع استعمال المواد الكيميائية والعمليات الفيزيائية، فإن إنتاج الجسيمات النانوية باستعمال المصادر البيولوجية (مثل البكتيريا، الخميرة، الفطريات، الطحالب والفيروسات) يُعتبر الأكثر أمانًا [33]، و تُفضل البكتيريا لإنتاج الجسيمات النانوية لأنه يمكن زراعتها بسهولة في ظروف صناعية والحفاظ على معدل نمو ثابت على الرغم من انخفاض محتوى المغذيات في الجسيمات النانوية المصنعة و تتمتع الكائنات الحية الدقيقة بالقدرة على تحويل العناصر غير العضوية إلى الجسيمات النانوية عبر مساراتها خارج الخلية أو داخل الخلايا، و قادرة على التكيف مع التركيزات المتزايدة للمعادن.

الطريقة البيولوجية لتصنيع الجسيمات النانوية هي طريقة خضراء و معدومة من السمية، ولكن المشكلة هي أنها توجد العديد من المركبات الأخرى في المستخلصات النباتية وتستغرق الكثير من الوقت لإزالة كل الشوائب مع وجود احتمال تواجد الجزيئات غير المطلوبة فيها في المنتج النهائي [33].

I.3.6. طرق من أعلى إلى أسفل *Top-Down Methods*

يتضمن النهج من الأعلى إلى الأسفل، أو المدمر، تفكيك المادة إلى وحدات بنائها الذرية، وتُعدّ الهياكل ذات الترتيب طويل الأجل والروابط على المستوى العياني مرشحة قوية للتقنيات من أعلى إلى أسفل، وباستعمال هذه الطريقة، يمكن تقسيم أجزاء كبيرة من المواد إلى قطع أصغر بحجم النانو.

بينما أن الطرق من أعلى إلى أسفل هي أكثر سهولة للوصول إليها، إلا أنها تفشل عند محاولة إنتاج جسيمات ذات أشكال أو أحجام معقدة، إن العيب الرئيسي لهذه الطريقة هو التحدي الذي يتمثل فيه هو إنتاج جزيئات بالحجم والشكل المناسبين، وتتضمن التقنيات الشائعة لتصنيع الجسيمات النانوية الطحن الميكانيكي، والطباعة الحجرية النانوية، والاستئصال بالليزر، والرش، والتحلل الحراري.

I.7. العوامل المؤثرة على تصنيع المركبات النانوية لأكاسيد المعادن

تشكل الجسيمات النانوية أثناء عملية التصنيع تحت تأثير عوامل متعددة التي تلعب دورًا مهمًا في تعيين حجمها وشكلها وتوزيعها، وإن من أهم العوامل المؤثرة على تشكّل الجسيمات النانوية خلال عملية التصنيع[34], [35]:

1. **المواد الأولية:** نوعية المواد الأولية التي تُستخدم في عملية التصنيع تلعب دورًا أساسيًا، وتختلف الخصائص الكيميائية والفيزيائية للمواد الأولية والمركبات المستعملة في التصنيع وتأثيرها على تكوّن الجسيمات النانوية.

2. **طريقة التصنيع:** هناك أساليب متعددة لتصنيع الجسيمات النانوية، مثل الترسيب الكيميائي البخاري، وتقنيات الطيف الليزري، والترسيب الذوباني، والتصنيع بواسطة الكرات الصغيرة، والعديد من الطرق الأخرى، كل آلية لها تأثيرات مختلفة على تشكل الجسيمات.

3. **درجة الحرارة والضغط:** درجة الحرارة والضغط خلال عملية التصنيع يمكن أن تؤثر بشكل كبير على تكوّن الجسيمات النانوية، وأي تغيير في هذه العوامل قد تؤدي إلى تكوين هياكل نانوية مختلفة.

4. **تركيز المواد والمذيبات:** تركيز المواد والمذيبات المستخدمة في عملية التصنيع قد يؤثر على تشكل الجسيمات النانوية، وتعديل تركيز المواد يمكن أن يؤدي إلى تكوين جسيمات نانوية أصغر أو أكبر حجمًا.

I.8. خصائص الجسيمات النانوية

بشكل عام، يمكن تقسيم خصائص الجسيمات النانوية إلى فئتين: كيميائية وفيزيائية.

I.8.1. الخصائص الفيزيائية

تتضمن الخصائص البصرية للجسيمات النانوية لونها؛ قدرته على نقل الضوء وامتصاصه وعكسه؛ وإمكانيتها على امتصاص وعكس الضوء فوق البنفسجي في المحلول أو بعد طلاءه على السطح هي أمثلة على الصفات البصرية التي تشكل تركيبها المادي، علاوةً على ذلك فإنه يغطي الخواص الميكانيكية للمادة، مثل مرونتها، وليونتها، وقوة الشد، والمرونة، وكلها عوامل مهمة في استعمال المادة.

إن الصفات المحبة للماء، والكارهة للماء، والتعليق، والانتشار، والترسيب هي من الخصائص الأخرى التي وجدت طريقها إلى العديد من العناصر الشائعة ولقد فتحت الموصلية وأشباه الموصلات والمقاومة للجسيمات النانوية، من بين الخصائص المغناطيسية والكهربائية الأخرى، الطريق لاستعمالها في تطبيقات التوصيل الحراري في أحدث الإلكترونيات.

I.8.2. الخواص الكيميائية

يتم تحديد تطبيقات هذه المادة من خلال خصائصها الكيميائية، والتي تتضمن تفاعل الجسيمات النانوية مع الهدف، وثباتها وحساسيتها لعناصر مثل الرطوبة، البيئة، الحرارة والضوء وتعتبر الجسيمات النانوية مناسبة للاستعمال في التطبيقات البيولوجية والبيئية نظرًا لخصائصها المضادة للبكتيريا والفطريات والمطهرة

والسامة وتلعب القابلية للاشتعال، التآكل، مقاومة التآكل، إمكانات الأكسدة وإمكانات التخفيض للجسيمات النانوية دورًا في تعيين تطبيقاتها الفردية.

I.9. تطبيقات تكنولوجيا النانو

بدأت تقنية النانو تخترق جميع مجالات الحياة فمن البحث العلمي والطبي إلى المجال العسكري والأسلحة[36].... الخ وفيما يلي نستعرض بعض تطبيقات النانو في بعض المجالات:

I.9.1. في المجال الطبي

علاج الأورام السرطانية باستعمال جسيمات الذهب النانوي[37]، حيث تمتص الضوء وتحوله إلى حرارة تقوم على تدمير الخلية المصابة دون التأثير على الخلايا المجاورة [38].

الكشف السريع والدقيق للفيروسات ورصد المبكر للأمراض وتعزيز النشاط المضاد للبكتيريا وتوسيع الأوعية[37].

تضاف حبيبات الفضة النانوية إلى المضادات الحيوية لزيادة كفاءتها لأنها قادرة على قتل أكثر من ستمائة نوع من الجراثيم و أنواع أخرى من الفيروسات دون أن تسبب أي إيذاء للجسم البشري[39] .

من العلاجات الجيدة والمستحدثة لعلاج داء السكري[39].

I.9.2. تنقية المياه

من أهم المجالات التي استعملت فيها تقنية النانو وخاصة أنه أهم المشاكل التي يعاني منها العالم في القرن الحادي والعشرين وهي تنقية المياه الملوثة وتحلية المياه المالحة[40].

يعد نقص المياه من المشكلات الخطيرة التي تواجه دول نامية كثيرة، لذا فإن استعمال تقنية النانو في تطوير تقنيات معالجة المياه التقليدية التي تحتوي على معالجات كيميائية، وتحلية المياه، والتنقية والمعالجة بالأشعة فوق البنفسجية، وغيرها من وسائل تنقية المياه، سيعمل إلى رفع كفاءة هذه التقنيات، كما تقدم تقنية النانو حاليا في هذا الميدان الحيوي ثلاث تقنيات معالجة تضم كل من: قضم أغشية، أنابيب النانو الكربونية، ومسام الخزف النانوية وتعمل هذه التقنيات بطرق مختلفة[41], [42].

I.3.9. الصناعات

تستعمل بشكل كبير في صناعة السبائك الفلزية نانوية الحبيبات والتي تدخل بشكل رئيسي في صناعة السيارات و الطائرات والموصلات الكهربائية المستعملة في الحواسيب والرقائق الإلكترونية وبطاريات السيارات [39] وعلى سبيل المثال صناعة الأجهزة الكهرومنزلية والأسلحة العسكرية[43].

I.4.9. المواد المعمارية

ساهمت تكنولوجيا النانو في انشاء مساكن فريدة بميزات عديدة لحل مشكلات الإسكان المتزايدة حيث تستطيع المساكن التي تستعمل بها تكنولوجيا النانو من مقاومة درجات الحرارة العالية والإشعاعات الضارة والحماية من الحرائق كما ستتمكن المباني من صيانة ومعالجة أي تشققات وتصدعات تلقائيا بصورة مباشرة وذاتية[44].

I.5.9. في الزراعة والأمن الغذائي

استعملت في تحسين الأتربة وتطوير الأسمدة والمبيدات الحشرية بحيث لا تكون خطرا على صحة الإنسان كمضادات للفطريات حيث تقوم بتخريب الجدار الخلوي للفطريات أو التأثير على الجينات الوراثية للفطر مما يتسبب في تخريبه[40],[45].

I.6.9. بعض التطبيقات الأخرى

استعملت في الصناعات النسيجية؛ فالملابس النانوية خفيفة الوزن ولها مقاومة عالية لامتصاص السوائل والأوساخ. وكذلك فان أصباغ النانو عديدة الاستخدامات انطلاقا من طلاء الثلاجات وصولا إلى أصباغ السيارات، والتي تعيق نمو البكتيريا والتصاق الغبار ... الخ[36].

خاتمة الفصل الأول

في الختام، يتضح أن علم وتقنيات النانو يمثلان قفزة نوعية في البحث العلمي الحديث، حيث أصبحت هذه التقنية في صدارة التخصصات التي تتبناها مراكز البحث العالمية، ومن خلال تطرق لهذا الفصل، يتضح أن المواد النانوية، بخصائصها الفريدة كالمساحة السطحية العالية والتقييد الكمي، حيث تمنح حلولا مبتكرة في مجالات حيوية تبدأ من الطب والتشخيص وصولاً إلى تنقية المياه والزراعة، كما أن تعدد طرق

التخليق، خاصة "النهج من أسفل إلى أعلى" والتصنيع الحيوي الأخضر، يفتح المجال لإنتاج جسيمات أكثر سلامة واستدامة .وبفضل تقنيات التوصيف الدقيقة مثل *XRD* و*TEM*، صار من الممكن تحديد البنية البلورية والمورفولوجيا بدقة متناهية، مما يعزز كفاءة هذه المواد في تطبيقاتها المختلفة[46].

مراجع الفصل الأول:

[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, pp. 1-27, 2019.

[4]M. Salari, Applications of nanotechnology in construction A Short Review, Advances in Applied NanoBio-Technologies, vol. 3, pp. 82-86,2022.

[5]C. Sequeira, Silver Nanoparticles for Hydrogen Peroxide Sensors, Biomedical Journal of Scientific & Technical Research, vol. 40, pp. 32438-32443, 2021.

[6]V. Harish, D. Tewari, M. Gaur, A. B. Yadav, S. Swaroop, M. Bechelany, et al., Review on nanoparticles and nanostructured materials Bioimaging, biosensing, drug delivery, tissue engineering, antimicrobial, and agro-food applications, Nanomaterials, vol. 12, p. 457, 2022.

[7]Z. Zlámalová Cílová, V. Čisťakova, R. Kozáková, and L. Lapčák, Chemistry and Production Technology of Hallstatt Period Glass Beads from Bohemia, Materials, vol. 15, p. 5740, 2022.

[8]V. Harish, D. Tewari, M. Gaur, A. B. Yadav, S. Swaroop, M. Bechelany, et al., “Review on nanoparticles and nanostructured materials: Bioimaging, biosensing, drug delivery, tissue engineering, antimicrobial, and agro-food applications,” Nanomaterials, vol. 12, p. 457, 2022.

[9]L. Pokrajac, A. Abbas, W. Chrzanowski, G. M. Dias, B. J. Eggleton, S. Maguire, et al., Nanotechnology for a sustainable future Addressing global challenges with the international network4sustainable nanotechnology, ed ACS Publications, 2021.

[10]M. Nasrollahzadeh, S. M. Sajadi, M. Sajjadi, and Z. Issaabadi, An introduction to nanotechnology, in Interface science and technology. vol. 28, ed Elsevier, pp. 1-27, 2019.

[11]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.

[12]J. Olchowik, R. M. Bzdyk, M. Studnicki, M. Bederska-Błaszczyk, A. Urban, and M. Aleksandrowicz-Trzcińska, The effect of silver and copper nanoparticles on the condition of english oak (Quercus robur L.) seedlings in a container nursery experiment, Forests, vol. 8, p. 310, 2017.

[13]E. A. Loshchinina, E. P. Vetchinkina, M. A. Kupryashina, V. F. Kursky, and V. E. Nikitina, Nanoparticles synthesis by Agaricus soil basidiomycetes, Journal of bioscience and bioengineering, vol. 126, pp. 44-52, 2018.

[14]B. Mughal, S. Z. J. Zaidi, X. Zhang, and S. U. Hassan, Biogenic nanoparticles Synthesis, characterisation and applications, Applied Sciences, vol. 11, p. 2598, 2021.

[15]S. Patil and R. Chandrasekaran, Biogenic nanoparticles A comprehensive perspective in synthesis, characterization, application and its challenges, Journal of Genetic Engineering and Biotechnology, vol. 18, p. 67, 2020.

[16]M. E. Vance, T. Kuiken, E. P. Vejerano, S. P. McGinnis, M. F. Hochella Jr, D. Rejeski, et al., Nanotechnology in the real world Redeveloping the nanomaterial consumer products inventory, Beilstein journal of nanotechnology, vol. 6, pp. 1769-1780, 2015.

[17]E. E. Khine, D. Koncz-Horvath, F. Kristaly, T. Ferenczi, G. Karacs, P. Baumli, et al., Synthesis and characterization of calcium oxide nanoparticles for CO2 capture, Journal of Nanoparticle Research, vol. 24, p. 139, 2022.

[18]NANDIYANTO, Asep Bayu Dan; OKTIANI, Rosi; RAGADHITA, Risti. How to read and interpret FTIR spectroscope of organic material. Indonesian journal of science and technology, 4.1 97-118, 2019.

[19]SCIMECA, Manuel, et al. Energy Dispersive X-ray (EDX) microanalysis A powerful tool in biomedical research and diagnosis. European journal of histochemistry EJH, 62.1 2841, 2018.

[20]GOLDSTEIN, Joseph I., et al. Scanning electron microscope (SEM) instrumentation. In Scanning electron microscopy and X-Ray microanalysis. New York, NY Springer New York, p. 65-91, 2017.

[21] INKSON, Beverley J. Scanning electron microscopy (SEM) and transmission electron microscopy (TEM) for materials characterization. In Materials characterization using nondestructive evaluation (NDE) methods. Woodhead publishing, p. 17-43, 2016.

[22]DORIĆ, Amra, et al. Development of the method for quantification of amino acid adsorbed on nanoparticle surface. In: CMBEBIH 2017: Proceedings of the International Conference on Medical and Biological Engineering 2017. Singapore: Springer Singapore, p. 171-175, 2017.

[23]BUNACIU, Andrei A.; UDRIŞTIOIU, Elena Gabriela; ABOUL-ENEIN, Hassan Y. X-ray diffraction: instrumentation and applications. Critical reviews in analytical chemistry, 45.4: 289-299, 2015.

[24]NADERI, Majid. Surface area brunauer–emmett–teller (BET). In Progress in filtration and separation. Academic Press, p. 585-608, 2015.

[25]A. M. Sabry, Materials developed by nanotechnology and their industrial applications in the field of product design, International Design Journal, vol. 10, pp. 447-456, 2020.

[26]S. O. Amusat, K. O. Otun, I. O. Azeez, K. G. Temesgen, N. N. Edward, D. Simi, et al., “Recent Advances on Smart Nanomaterials for Sensing Pharmaceuticals in Various Matrices: A Mini-review,” Analytical and Bioanalytical Electrochemistry, vol. 14, pp. 557-581, 2022.

[27]S. Katarzyna, Ł. Haryński, J. Wawrzyniak, P. Kupracz, and K. Grochowska, “Self-standing Nanoarchitectures,” 2020.

[28]J. Jeevanandam, A. Barhoum, Y. S. Chan, A. Dufresne, and M. K. Danquah, “Review on nanoparticles and nanostructured materials: history, sources, toxicity and regulations,” Beilstein journal of nanotechnology, vol. 9, pp. 1050-1074, 2018.

[29]D. Sannino, Types and classification of nanomaterials, Nanotechnology Trends and Future Applications, pp. 15-38, 2021.

[30]Y. Khan, H. Sadia, S. Z. Ali Shah, M. N. Khan, A. A. Shah, N. Ullah, et al., Classification, synthetic, and characterization approaches to nanoparticles, and their applications in various fields of nanotechnology A review, Catalysts, vol. 12, p. 1386, 2022.

[31]P. Kuppusamy, M. M. Yusoff, G. P. Maniam, and N. Govindan, Biosynthesis of metallic nanoparticles using plant derivatives and their new avenues in pharmacological applications–An updated report, Saudi Pharmaceutical Journal, vol. 24, pp. 473-484, 2016.

[32]P. Singh, Y.-J. Kim, D. Zhang, and D.-C. Yang, Biological synthesis of nanoparticles from plants and microorganisms, Trends in biotechnology, vol. 34, pp. 588-599, 2016.

[33]P. K. Dikshit, J. Kumar, A. K. Das, S. Sadhu, S. Sharma, S. Singh, et al., Green synthesis of metallic nanoparticles Applications and limitations, Catalysts, vol. 11, p. 902, 2021.

[34]L. I. Trakhtenberg, M. I. Ikim, O. J. Ilegbusi, V. F. Gromov, and G. N. Gerasimov, Effect of Nanoparticle Interaction on Structural, Conducting and Sensing Properties of Mixed Metal Oxides, Chemosensors, vol. 11, p. 320, 2023.

[35]T. T. V. Phan, D. T. Phan, X. T. Cao, T.-C. Huynh, and J. Oh, Roles of chitosan in green synthesis of metal nanoparticles for biomedical applications, Nanomaterials, vol. 11, p. 273, 2021.

[36]KUMAR, Narendra; DIXIT, Ambesh. Nanotechnology for defence applications. Cham: Springer International Publishing, 2019.

[37]Nimali,N.,Prabhu,Green synthesis of iron oxide nanoparticles (IONPs) and their nanotechnological applications, Journal of Bacteriology & Mycology, 6(4)260–262, 2018.

[38]CORTIE, Michael B.; CORTIE, David L.; TIMCHENKO, Victoria. Heat transfer from nanoparticles for targeted destruction of infectious organisms. International Journal of Hyperthermia, 34.2: 157-167, 2018.

[39]Abu-Huwaij al, Perceptive Review on Properties of Iron Oxide Nanoparticles and Their Antimicrobial and Anticancer Activity. Sys Rev Pharm ,11(8) 418-431, 2020.

[40]M.Kamil, F.Ahmed, M.T.Abdella, Phytochemical & Pharmacological Studies of Moltkiopsis Ciliata, Clinical Research and Clinical Trials, 4(3)62, 2021.

[41]N. Rana and A. Bassi, Role of Nanomaterials in the Treatment of Wastewater, in Modern Nanotechnology Volume 1 Environmental Sustainability and Remediation, ed Springer, pp. 125-144, 2023.

[42]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.

[43]Campos EA, Stocker-Pinto DVBS, Oliveira JIS, Mattos EC, Dutra RCL JSynthesis, Characterization and Applications of Iron Oxide Nanoparticles – a Short Review. Aerosp. Technol. Manag., São José dos Campos, Vol.7, No 3, pp. 267-276, 2015.

[44]Devi ,S, et al,H, Green synthesis of iron oxide nanoparticles using Platanus orientalis leaf extract for antifungal activity. Green Process Synth, 2018.'.

[45]Ionut-Florin, Valorisation des activités biologiques de certaines espèces végétales sahariennes Nord_africaines, thèse de doctorat, Université de Médecine de pharmacie de Timisoara, Roumanie, p62, P, 2015-2016.

[46] NASROLLAHZADEH, Mahmoud, et al. An introduction to nanotechnology. In: Interface science and technology. Elsevier, p. 1-27,2019.

الفصل الثاني:

نبات السكر و قشور البيض

يُعتبر نبات السِّدر (*Ziziphus lotus*) من النباتات الغنية بالمركبات الحيوية مثل الفلافونويدات والبوليفينولات، والتي تجعل مستخلصاته قادرة على العمل كعوامل مختزِلة ومثبتة في التخليق الأخضر للجسيمات النانوية. وقد كشفت دراسات حديثة إمكانية استعمال مستخلصاته النباتية في تصنيع جسيمات معدنية مثل الفضة والنحاس والزنك بطرق صديقة للبيئة، حيث تلعب المركبات النباتية دورًا هاما في بناء جسيمات نانوية مستقرة ونشطة [1]، كما تستعمل هذه الجسيمات في مجالات طبية وبيئية متنوعة بفضل خصائصها المضادة للبكتيريا والنشاط الحيوي العالي [2].

من جهة أخرى، تعد قشور البيض مادة حيوية غنية بكربونات الكالسيوم، ما يجعلها مصدرًا طبيعيًا مهمًا لتكوين الجسيمات النانوية، خاصة نانو كربونات الكالسيوم ونانو هيدروكسي أباتيت. وقد أكدت الدراسات إمكانية تحويلها إلى مواد نانوية بطرق خضراء منخفضة التكلفة وذات توافق حيوي عالٍ[3]، كما تستعمل هذه الجسيمات في التطبيقات الطبية مثل إعادة تكوين العظام، وفي المجالات البيئية والصناعية[4].

ويرتبط السدر بقشور البيض من حيث كونهما مصدرين طبيعيين في تكنولوجيا النانو: فالسدر يستعمل كعامل حيوي في التخليق الأخضر للجسيمات، بينما توفر قشور البيض المادة الخام المعدنية اللازمة لتكوين هذه الجسيمات، مما يبرز تكاملهما في إنتاج مواد نانوية مستدامة وصديقة للبيئة.

II.1. نبات السدر (*Ziziphus lotus*)

II.1.1. العائلة *Rhamnaceae – Rhamnacées* (النبقيات - السدرية)

العائلة النبقية هي من العوائل النباتية الطبية الواسعة الانتشار في متعددة مناطق العالم[5]، وبصفة خاصة في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية والمناطق الجافة[6]، حيث تحتوي أكثر من 900 نوع تجتمع في 58 جنس نستعرض من أهمها *ZIZPHUS* : (يضم 100 نوع) ، *Ramnus* يضم (150 نوع) و *pylica* (يضم 159 نوع)[7]، تنمو في معظمها على شكل أشجار وشجيرات ونادرا ما تكون أعشاب[8]، تتصف بوجود أوراق بسيطة متبادلة أو متعاكسة، أزهارها صغيرة خنثى صفراء إلى خضراء اللون[9]، قليلاً ما تكون ببنية، ثنائية و أحادية الجنس، الكأس يتشكل من 4 إلى 5 سبلات و التويجرمنر 4 إلى 5 بتلات حرة، الطلع يتكون من 5 أسدية [10]، والمدقة تتشكل من 2إلى 3 كرابل ملتحمة مع المبيض، أما سيقانها فهي اسطوانية الشكل ذو فروع متدلية، ثمارها لحمية بداخلها نواة صلبة [11].

2.1.II. تصنيف نبات السدر

يتبع نبات السدر حسب ما جاء به [12] التصنيف كما هو موضح في **الجدول (II. 1)**.

الجدول (II. 1): تصنيف نبات السدر [13].

النباتات	المملكة
Spermatophyta (النباتات البذرية)	**الشعبة**
Magnoliophyta (كاسيات البذور)	**تحت الشعبة**
Dicotyledoneae	**الصف/الطائفة**
Rhamnales	**الرتبة**
Rhamnaceae	**الفصيلة**
ZIZYPHUS	**الجنس**
Ziziphus lotus	**النوع**

3.1.II. وصف النبتة

السدر نبات شجري شائك منه بري ومنه المزروع، وقد اكتشف الإنسان شجرة السدر منذ آلاف السنين ينتمي نبات السدر إلى الفصيلة النبقية والتي تحتوي حوالي 58 جنس من أهمها *ZIZIPHUS LOTUS*، تضم حوالي 600 نوع ما بين أشجار وشجيرات ومتسلقات وقليلا ما تكون أعشابا، تنتشر في جميع مناطق العالم المتعددة.

تُعدّ شجرة السدر من الأشجار المعمرة، سريعة النمو، متوسطة إلى كبيرة الحجم ودائمة الخضرة شوكية متفرعة، أسطوانية الشكل ومنتشرة، وفيرة الظل. يبلغ ارتفاعها ما بين 3 إلى 4 أمتار، ذات أغصان متدلية. تحتوي على أشواك صغيرة حادة تخرج في أزواج، أحد الطرفين في اتجاه البراعم والآخر في الاتجاه المعاكس، وتتنوع كثافة الأشواك حسب الصنف كما تمتاز بمجموعها الجذري العميق [14].

1- الأوراق:

أوراقها صغيرة وقصيرة الحجم ومتبادلة على الفروع، ذو سطح أملس ولامع يخرج من قاعدة كل ورقة أذنين شوكيتين متفاوتتين في الحجم، كما هو موضح في **الشكل (1. II)** [15].

الشكل (1. II): أوراق نبات السدر.

2- الأزهـار:

لونها أخضر مصفر تمتد على طول الغصان الصغيرة، ثنائية الجنس تضم على 5 بتلات صغيرة و5 سبلات و5 أسدية، المبيض علوي[16]، كما هو موضح في **الشكل (2. II)**.

الشكل (2. II): أزهار السدر.

3- الساق:

لونها بني ذو أغصان متعرجة شوكية، تمتد قريبا من الأرض [17].

4- ثمار السدر:

بيضوية الشكل ملساء ذات لون أخضر شاحب مصفر وعند النضج تتحول إلى الاحمرار، يصل قطرها إلى 1 سم تشبه ثمار الزيتون، لب الثمار صغير لونه أبيض مخضر وله نكهة فريدة عند اكتمال النضج [18]، تنضج الثمار في فصل الربيع والصيف وتُؤكل طازجة [19]، كما هو وضح في **الشكل (3. II)**.

الشكل (II .3): ثمار السدر.

2.II. جنس *Zizyphus*

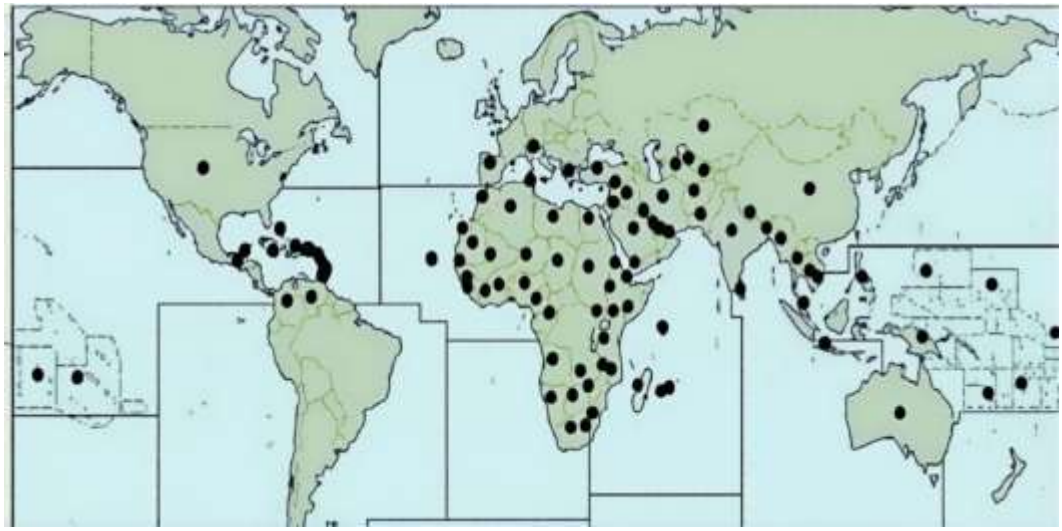
جنس *Zizyphus* ينتمي إلى العائلة السدرية من الرتبة *Ramnales* وتأتي كلمة *Zizyphus* من اللغة اليونانية *Zizyphos* من الاسم العربي *Zizouf* ، يحتوي هذا الجنس 100 نوع من نباتات جنس *Zizyphus*، أشكالها من أشجار وشجيرات دائمة الخضرة الأوراق. عدد من الأنواع توجد في معظم قارات تقريبا مثل النوعين *Ziziphus jujuba* و *Ziziphus maurtiana* إضافة إلى أنواع مختلفة التي تتوزع *Zizyphus nummularia Zizyphus mucranara* و *Zizyphus spinachrisi* مثل في مساحات معينة في العالم [20]، وهي شجيرة نموها بطيء جدا وتصل مدة حياتها بين 25–20 سنة. وتُنتج الثمار الناضجة في سبتمبر واكتوبر [21].

3.II. التوزع الجغرافي لنبات السدر

1.3.II. في العالم

يضم جنس نبات السدر على حوالي 50 نوعا من المناطق الاستوائية وشبه استوائية من نصف الكرة الأرضية، من بين الأنواع *Ziziphus lotus* ينمو في جنوب إسبانيا والبرتغال [22]، وأيضًا ينتشر هذا النوع النباتي عبر المغرب العربي [23]، وكذلك في سهوب صحراء شمال إفريقيا وآسيا الصغرى [24].

يُرجّح أن الموطن الأصلي ألشجار السدرة هي مناطق جنوب أوروبا وجبال الهيمالايا وشمال الصين وشبه جزيرة العربية وشمال إفريقيا والسودان وأمريكا الجنوبية كما هو موضح في **الشكل (4.II)** والتي تمثل توزع نبات السدر في العالم [25].



الشكل (4.II): توزيع نبات السدر في العالم.

2.3.II. في الجزائر

توجد في الجزائر الكثير من أشجار السدر التي تنبت بريا في بعض ظروف يصعب استغلالها حيث يستعمل *Ziziphus lotus* على نطاق واسع في المناطق القاحلة في جنوب الجزائر التي تمتاز بمناخ جاف مثل والية الجلفة ومناخ صحراوي كولاية بشار [26].

II .4. فوائد واستخدامات نبات السدرة

يعتبر نبات السدرة من النباتات الطبية حيث توجه العديد من الناس في استعمال الطب الشعبي كطريقة للتغلب على الآثار الجانبية والتكلفة الباهظة للأدوية المصنعة[27]، بنفس الطريقة شرع العلماء أبحاثا جديدة في الطب الشعبي كمحاولة للتغلب على المكروبات والحصول على العالج طبيعي لتفعيل المناعة [28]، تستعمل النباتات التي تنتمي إلى جنس *Ziziphus* في العديد من الاستخدامات الطبية في الطب الشعبي في العالم كله لامتيازه بالخصائص المسكنة للألم [29].

جنس معروف بأنه ذو خواص دوائية، حيث في العديد من الدول كالصين والهند والسعودية يستعمل في عالج أمراض عدة كالقرح والجروح وأمراض العين والتهاب القصبة الهوائية[30]، كذلك يستعمل في عالج الأمراض الجلدية وعالج الإسهال والحمى والأرق، كما تم اكتشاف فعالية للأوراق وسيقان وجذور هذا النوع النباتي يُعدّ كمضاد حيوي ومضاد للفطريات[31].

II .5. الأهمية البيئية لنبات السدر:

- يستعمل للرعي.
- أماكن الراحة والاستضلال.
- عامل لتثبيت الكثبان الرملية [32].

II .6. الأهمية الاقتصادية لنبات السدر:

- تستعمل أخشابه في صناعة الألعاب والزينة.
- تستعمل أخشابه كوقود في صناعة الفحم.
- ثماره تستعمل كغذاء وهذا راجع لثماره الحلو [33].

II .7. الأهمية الطبية والدوائية لنبات السدر

II.7.1. الاستخدامات الشعبية

الجزء المستعمل من النبات هو الأوراق، الجذور، والثمار، هذه الأخيرة تستخدم في حالة ضعف اللثة وذلك عن طريق مضغها لأطول مدة ممكنة كما تستخدم أوراقها في عالج التورمات والتقرحات.[34]

- خافض لدرجة حرارة الجسم [35].
- تستعمل أوراقه في الرقية وكذلك في تنظيف الجسم والشعر حيث تقضي على القشرة.[36]
- له دور في عالج الاضطرابات الهضمية وهذا بواسطة قتل الديدان الحلقية والتخلص من الغازات[37]، ويتم بغلي النبق وشربه فهو ينقي الدم وينظف المعدة كما يستخدم عسل السدر في عالج أمراض الكبد[38].

II.7.2. الاستخدامات الطبية

المستخلصات العضوية والمائية لنبات السدر التي تساهم على تنشيط وزيادة تكاثر الخلايا المناعية التائية [39] .

- يُطبق في عالج مرض السكري[40].
- بفضل وجود الصابونيات في الجذور يمكن استعمالها كمسكنات ومضادات للالتهابات[41].
- مضاد للتقرحات المعدية وهذا راجع لوجود التينيات والفالفونويذات المشهورة بتأثيراتها الوقائية على المعدة[42].

II.7.3. الفاعلية المضادة للبكتيريا والفطريات

نبات السدر له خاصية مضادة للسلالة البكتيرية الممرضة، نظرًا لاحتوائه على المواد الفينولية[43].

أثبتت العديد من الدراسات الخبرية أن المستخلص الميثانولي للسدر يحث على تثبيط نمو أنواع مختلفة من البكتيريا والفطريات[44].

- علاج للتقرحات

II.8. قشور البيض (*EggsHells*)

لقد كانت النظرة السائدة للنفايات الصناعية أو المنزلية على أنها نفايات منتهية الصلاحية وغير قابلة للاستفادة منها وكانت تهمل وترمى عشوائيا في الطبيعة دون اهتمام بالآثار البيئية السلبية ومن بين هذه النفايات قشور البيض.

تُعدّ قشور البيض وأغشيتها مركبات حيوية فعالة تشكل 10.2% من البيضة الكلية، نتيجة لتركيبها الكيميائي الغني بالعناصر الهامة وقد أصبح لها دور بارز في مجالات متعددة [45].

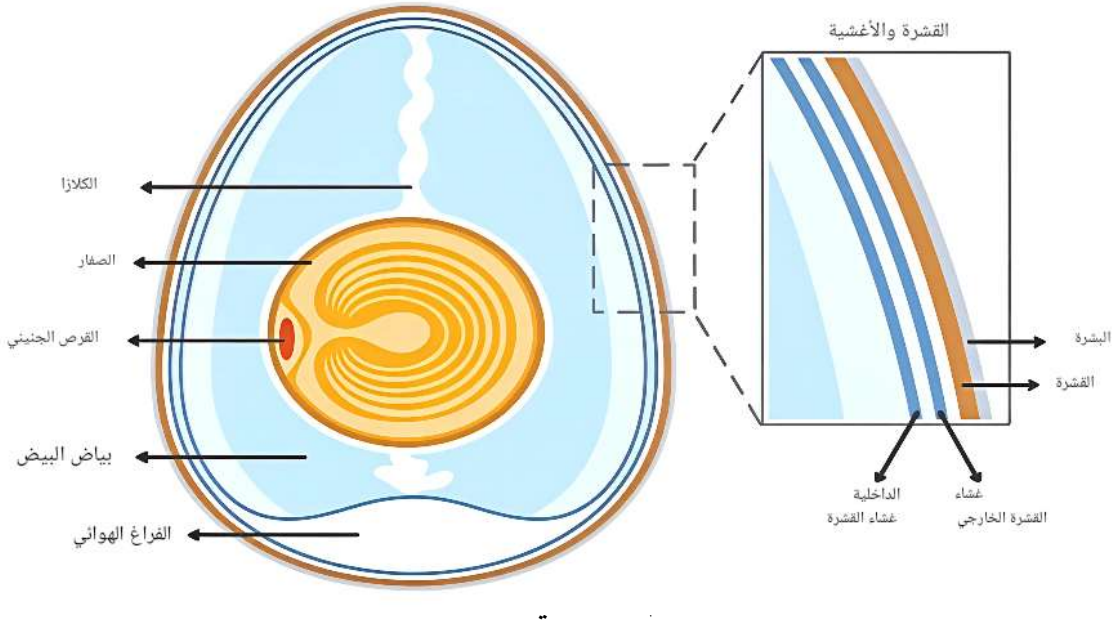
II.9. تعريف قشرة بيض الدجاج

يعد قشور البيض مصدرًا عضوي وبيولوجي، وهي غلاف كلسي خارجي للبيضة وتضم على بنية مسامية التي تسمح بتبادل الاكسجين والرطوبة داخل البيضة وخارجها. وهي الجزء الصلب الخارجي الذي يحافظ على البيضة، ويتألف أساس من كربونات الكالسيوم. كما تضم قشور البيض على آلاف المسام التي تتواجد في الجزء العلوي حيث ان الطبيعة الليفية لبروتينات المكونة لأغشية الداخلية جعلته من المواد المؤهلة للاستخدام كمواد مازة، ويمثل **الشكل (II .5)** قشور بيض الدجاج المنزلي.

الشكل (II .5): قشور البيض للدجاج المنزلي.

II.10. مكونات قشرة بيض الدجاج

تمثل الغطاء الخارجي الصلبة للبيضة وتعد مصدرا غنيا بالكالسيوم حيث تتكون تقريبا بالكامل من بلورات كربونات الكالسيوم. بالإضافة إلى ذلك تضم القشرة على بروتين ومعادن أخرى، ويبلغ تركيز الكالسيوم فيها حوالي 40% [46]، وتشتمل القشرة طبقة رقيقة من الطبقة الخارجية التي تحميها من البكتيريا المضرة عبر الحفاظ على سلامة مساماتها [47]، ويوضح **الشكل (II. 6)** مكونات البيضة وقشورها.



II.11. فوائد قشور البيض

يتضمن على نسبة عالية من الكالسيوم.

- يُعدّ مصدرًا هامًا للمعادن مثل الفسفور والفلور والكروم والنحاس.
- يُعزّز في تقوية العظام ومنع هشاشة العظام.
- يساعد على علاج تهيجات البشرة.
- يُخفّض من نسبة الكولسترول في الدم.
- يضم على مادة الكولاجين التي لها فوائد عديدة للبشرة والأنسجة.

II.12. استخدامات قشور البيض

- يمكن استعمال قشر البيض في زراعة الشتلات الصغيرة ونقلها للزراعة في الحديقة.
- استعماله في مسحوق قشر البيض كقناع للوجه له أهمية كبيرة للعناية بالبشرة.
- استخدام قشر البيض حول النباتات لصد وابعاد بعض الحشرات والزواحف.
- يستعمل في صناعة قوالب الشمع.

يتم استعمالها كسماد عضوي بحيث نرش قشور البيض على التربة لتحسين تغذيتها بالمواد العضوية.

يستعمل في قشر البيض في تنظيف وتبييض الملابس [48]، و**الشكل (II .7)** يوضح بعض استعمالات لقشور البيض.

الشكل (II .7): رسومات توضح بعض الاستخدامات لقشور البيض.

13.II. عرض لبعض دراسات سابقة

أجريت العديد من الدراسات حول المخلفات المنزلية التي تتطلب إعادة استغلالها للحد من المشاكل البيئية نذكر من بينها هذه الدراسات التي تم فيها استعمال قشور بيض الدجاج كمادة مازة، ولقد توجهت الدراسات الحديثة إلى تطوير هذه القشور إلى مواد نانوية ذات خصائص سطحية محسّنة، حيث تتغير إلى جسيمات دقيقة تزيد من كفاءة الامتزاز بفضل مساحتها السطحية الكبيرة ونشاطها الكيميائي العالي. كما كشفت هذه

المواد النانوية المستخلصة من قشور البيض قدرة ملحوظة على إزالة الملوثات والمعادن الثقيلة من المياه، مما يدعم من قيمتها كحل مستدام وصديق للبيئة.

II.14. أكسيد الكالسيوم (*CaO*)

II.14.1. الدراسة الأولى [49]

استنادا الى العمل المنجز من طرف الباحثين

Lulit Habte, Natnael Shiferaw, et al.2019

والذي جاء بعنوان:

Synthesis of Nano-Calcium Oxide from Waste Eggshell by Sol-Gel Method

تحضير أكسيد النانو كالسيوم من مخلفات قشر البيض بطريقة السول جل.

تستعرض هذه الدراسة طرق تحضير جزيئات أكسيد الكالسيوم من قشر البيض بطريقة سهلة، والهدف من هذه الدراسة هو إنتاج جزيئات أكسيد الكالسيوم من قشر البيض باستعمال طريقة التكليس، حيث تمت معالجة قشر البيض بحمض *HCL* لتكوين محلول *CaCl* مما ينتج إلى تكوين هيدروكسيد عن طريق التحلل المائي في هذه العملية، يتم تحضير هيدروكسيد المعدن ومن ثم معالجته بمحلول، حيث تم معالجة بواسطة *NaOH* مما يؤدي عنه هلام شديد التبلور يُترك طوال الليل، تتبع بعملية ترشيح وتجفيف للحصول على هلام أكسيد الكالسيوم.

تم إجراء توصيف الجسيمات باستعمال المجهر الإلكتروني الماسح (*SEM*) ، التحليل الطيفي لتحويل فوريه للأشعة تحت الحمراء (*FTIR*)، تحليل مضان الأشعة السينية (*XRF*) ، وحيود الأشعة السينية (*XRD*)، و أوضحت نتائج (*FTIR*) و (*XRD*) بوضوح تخليق أكسيد الكالسيوم من قشر البيض، والذي

يتكون بشكل أساسي من كربونات الكالسيوم، أظهرت صور (*FE - SEM*) لجزيئات أكسيد الكالسيوم أن الجزيئات كانت كروية الشكل تقريبًا ويتراوح حجم الجسيمات من 50 نانومتر إلى 198 نانومتر، لذلك يمكن اعتبار قشر البيض مصدرًا مهما لنفايات الكالسيوم لمختلف التطبيقات.

II.2.14. الدراسة الثانية [50]

استنادا الى العمل المنجز من طرف الباحثين

Yusra M. Alobaidi, Mahmood Mohammed Ali,et al.2022

والذي جاء بعنوان:

Synthesis of Calcium Oxide Nanoparticles from Waste Eggshell by Thermal Decomposition and their Applications

تحضير جزيئات أكسيد الكالسيوم النانوية من مخلفات قشر البيض بالتحلل الحراري وتطبيقاتها.

تناولت هذه الدراسة على إنتاج جزيئات أكسيد الكالسيوم النانوية من قشر البيض باستعمال الطريقة الفيزيائية، حيث أجريت عملية أولا على جمع قشر البيض وغسله وإزالة الأغشية الداخلية الملتصقة بالقشرة وتجفيفه وطحنه ثم تكليس المسحوق الناعم عند درجة حرارة 900 درجة مئوية درجة مئوية من أجل حصول على جزيئات أكسيد الكالسيوم المخصصة.

تم تشخيص الجسيمات باستعمال المجهر الإلكتروني الماسح (*SEM*)، ومطياف الأشعة السينية المشتتة للطاقة (*EDX*)، وحيود الأشعة السينية (*XRD*)، وكشفت الصور أن جزيئات أكسيد الكالسيوم ذات الحجم النانوي كانت متمثلة في حبيبات كروية تقريبا، وتراوح متوسط حجم صور (*SEM*) المعلقة التي أظهرت جسيمات (*CaO*) من 20 إلى 70 نانومتر.

في الختام، تُعتبر قشور البيض من المواد الحيوية الغنية بكربونات الكالسيوم، مما يجعلها موردًا طبيعيًا واعدًا يمكن استخدامه في العديد من التطبيقات العلمية والصناعية. فقد أظهرت الدراسات الحديثة إمكانية استخدامها في تحضير المواد النانوية، مثل أكسيد الكالسيوم، بالإضافة إلى توظيفها في مجالات الطب الحيوي، ومعالجة المياه، وصناعة المواد الصديقة للبيئة ، كما تساعد عملية إعادة تدوير قشور البيض في تقليل النفايات وتحقيق الاستدامة البيئية، وهو ما يتماشى مع التوجهات الحديثة نحو الاقتصاد الدائري. وعليه، فإن مواصلة البحث في خصائص قشور البيض وطرق معالجتها قد تفتح آفاقًا جديدة لاستخدامها كمادة أولية منخفضة التكلفة وعالية الكفاءة في تطبيقات متعددة [51].

خاتمة الفصل الثاني

في الختام، تعتبر المواد النانوية المُحضّرة من المصادر الحيوية مثل نبات السدر (*Ziziphus lotus*) وقشور البيض من أهم توجهات النانوتكنولوجيا الخضراء الحديثة، حيث توفر بديلاً صديقًا للبيئة عن الطرق الكيميائية التقليدية. إذ تُظهر مستخلصات نبات السدر قدرة عالية كمختزل ومثبت حيوي في تخليق الجسيمات النانوية، مع خصائص مضادة للبكتيريا وتطبيقات طبية واعدة[52]، في المقابل، تستعمل قشور البيض كمصدر غني بكربونات الكالسيوم والمواد الحيوية التي تساعد في تكوين جسيمات نانوية مستقرة وذات فعالية عالية، خاصة في التطبيقات الطبية والبيئية،[53] كما أن الدمج بين هذه الموارد الطبيعية يدعم مفهوم الاستدامة من خلال استغلال النفايات الحيوية وتحويلها إلى مواد ذات قيمة مضافة. وقد أكدت الدراسات الحديثة أن هذه المواد تمتلك خصائص متميزة مثل النشاط المضاد للأكسدة، والتحفيز الحيوي، وإمكانية استعمالها في معالجة التلوث وهندسة الأنسجة .وعليه، فإن تطوير المواد النانوية من مصادر طبيعية يمثل نطاقا واعدًا يجمع بين الكفاءة العلمية والحفاظ على البيئة، مما يفتح آفاقًا كبيرة للبحث والتطبيق في المستقبل.

مراجع الفصل الثاني

[1] Green synthesis of silver nanoparticles using Ziziphus spina-christi root extract (2021).

[2]Green synthesis of ZnO nanoparticles using Ziziphus spina-christi leaves (2023).

[3] Calcium carbonate nanoparticles from eggshell (review, 2021).

[4]Eggshell-derived nano-hydroxyapatite for biomedical applications (2025).

[5]YADAV, Ashish, et al. Sea buckthorn a multipurpose medicinal plant from upper Himalayas. In Medicinal plants From farm to pharmacy. Cham Springer International Publishing, p. 399-426,2019.

[6]HUANG, Jianping, et al. Global semi-arid climate change over last 60 years. Climate Dynamics, 46.3 1131-1150,2016.

[7]“MONGALO, N. I.; MASHELE, S. S.; MAKHAFOLA, T. J. Ziziphus mucronata Willd.(Rhamnaceae) it’s botany, toxicity, phytochemistry and pharmacological activities. Heliyon, 6.4, 2020.

[8]“ASFAW, Tilahun Belayneh, et al. Exploring important herbs, shrubs, and trees for their traditional knowledge, chemical derivatives, and potential benefits. In: Herbs, shrubs, and trees of potential medicinal benefits. CRC Press, p. 1-26, 2022.”.

[9]“DEHGAN, Bijan. Angiosperms: flowering plants. In: Garden plants taxonomy: volume 1: ferns, gymnosperms, and angiosperms (monocots). Cham: Springer International Publishing, p.173-603, 2023.”.

[10] “BAHUGUNA, Kiran. REVIEW ON SOME IMPORTANT PLANT FAMILIES. 2024”.

[11] “SHARMA, P. P.; DINESH, DR V. Angiosperms, Histology, Anatomy and Embryology. Educational Publishers & Distributors, 2020”.

[12] “KAID, Seloua. Quality evaluation of Algerian honeys Eucalyptus, Jujube, Euphorbia and multiflora, Master’s Thesis. Instituto Politecnico de Braganca (Portugal),2020.”.

[13] “MENG, Xi, et al. Deep learning for fine-grained classification of jujube fruit in the natural environment. Journal of Food Measurement and Characterization, 15.5 4150-4165, 2021.”.

[14] “CAHEN, Daniel. Taxonomy and Evolution of the Buckthorn Family (Rhamnaceae) in Southeast Asia,PhD Thesis. Oxford Brookes University, 2022.”.

[15] “MALIK, Khafsa, et al. Medicinal plants used for ENT disorders. In: Herbals of Asia: Prevalent Diseases and Their Treatments. Cham: Springer International Publishing, p. 173-240, 2021.”.

[16] “DEHGAN, Bijan. Angiosperms flowering plants. In Garden plants taxonomy volume 1 ferns, gymnosperms, and angiosperms (monocots). Cham Springer International Publishing, p. 173-603, 2023.”.

[17] “STANLEY, Henry M. In Darkest Africa. In: Nineteenth-Century Travels, Explorations and Empires, Part II vol 7. Routledge p. 309-332, 2021.”.

[18] “GUPTA, Sugam, et al. Food, fodder and fuelwoods from forest. In Non-Timber Forest Products Food, Healthcare and Industrial Applications. Cham Springer International Publishing, p. 383-42, 2021.”.

[19] “FINNEGAN, Elizabeth; O’BEIRNE, David. Characterising deterioration patterns in fresh-cut fruit using principal component analysis. II: Effects of ripeness stage, seasonality, processing and packaging. Postharvest Biology and Technology, 100: 91-98, 2015.”.

[20] “MONGALO, N. I.; MASHELE, S. S.; MAKHAFOLA, T. J. Ziziphus mucronata Willd.(Rhamnaceae) it’s botany, toxicity, phytochemistry and pharmacological activities. Heliyon, 2020, 6.4”.

[21] “LEVY, Allyson; SERRANO, Scott. Cold-Hardy Fruits and Nuts 50 Easy-to-Grow Plants for the Organic Home Garden or Landscape. Chelsea Green Publishing, 2022”.

[22] “PRIGIONIERO, Antonello, et al. Plants named ‘Lotus’ in antiquity Historiography, biogeography, and ethnobotany. Harvard Papers in Botany, 25.1 59-71, 2020.”.

[23] “HU, Liang; LI, Mingguang. Diversity and distribution of climbing plants in Eurasia and North Africa. In Biodiversity of lianas. Cham Springer International Publishing, p. 57-79, 2015.”.

[24] “WILLIAMS, Martin. When the Sahara was green how our greatest desert came to be. 2021”.

[25] “LIU, Mengjun, et al. The historical and current research progress on jujube–a superfruit for the future. Horticulture research, 7, 2020.”.

[26] “HOUMA, Imen. ZIZIPHUS LOTUS (L.) MORPHOLOGICAL DESCRIPTION FROM WILD POPULATIONS IN ALGERIA. AGROBIOLOGIA, 12.1 2915-2931, 2022.”.

[27] “SHAHRAJABIAN, Mohamad Hesam, et al. Jujube, a super-fruit in traditional Chinese medicine, heading for modern pharmacological science. Journal of Medicinal Plants Studies, 2019, 7.4 173-178”.

[28] “TIWARI, Ruchi, et al. Herbal immunomodulators-a remedial panacea for designing and developing effective drugs and medicines current scenario and future prospects. Current drug metabolism, 2018”.

[29] “NAHRIN, Afsana, et al. Ziziphus oenoplia Mill. a systematic review on ethnopharmacology, phytochemistry and pharmacology of an important traditional medicinal plant. Mini Reviews in Medicinal Chemistry, 22.4 640-660, 2022.”.

[30] “DAILAH, Hamad Ghaleb. The ethnomedicinal evidences pertaining to traditional medicinal herbs used in the treatment of respiratory illnesses and disorders in Saudi Arabia A review. Saudi Journal of Biological Sciences, 29.9 103386, 2022.”.

[31] “WANGA, Lucy; NYAMBOKI, Divinah Kwamboka. Medicinal Plants Used in the Management of Skin Disorders in Kenya A Review. Pharmacognosy Reviews, 17.33, 2023.”.

[32] “FENG, Xiao, et al. Characteristics of desertification and short-term effectiveness of differing treatments on shifting sand dune stabilization in an Alpine Rangeland. International Journal of Environmental Research and Public Health, 16.24 4968, 2019.”.

[33] “KUMAR, Rakesh; PANDEY, K. K. Natural colours for finishing and colouring of wooden handicrafts and toys. INSTITUTE OF WOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY, BENGALURU, 61, 2021.”.

[34] “ARUMUGAM, Balakrishnan; SUBRAMANIAM, Arunambiga; ALAGARAJ, Praveena. A review on impact of medicinal plants on the treatment of oral and dental diseases. Cardiovascular & Hematological Agents in Medicinal Chemistry (Formerly Current Medicinal Chemistry-Cardiovascular & Hematological Agents), 18.2 79-93, 2020.”.

[35] “OZSAHIN, Dilber Uzun, et al. Temperature reducer machine. In Practical Design and Applications of Medical Devices. Academic Press, p. 243-254, 2024.”.

[36] “YUSLEM, Nawir; UTAMI, Tri Niswati; MUNANDAR, Munandar. As-Sa’ūṭ (Gurah) therapy using Rotheca serrata in the Aswaja Ruqyah Jam’iyyah of North Sumatera. Health Notions, 8.3 51-58, 2024.”.

[37] “ELSE, Kathryn J., et al. Whipworm and roundworm infections. Nature reviews Disease primers, 6.1 44, 2020.”.

[38] “SHAHRAJABIAN, Mohamad Hesam, et al. Jujube, a super-fruit in traditional Chinese medicine, heading for modern pharmacological science. Journal of Medicinal Plants Studies, 7.4 173-178, 2019.”.

[39] “YU, Zhuo-ping, et al. Immunomodulatory effect of a formula developed from American ginseng and Chinese jujube extracts in mice. Journal of Zhejiang University-Science B, 17.2 147-157, 2016.”.

[40] “NATHAN, David M. Diabetes advances in diagnosis and treatment. Jama, 314.10 1052-1062, 2015.”.

[41] “SANTIAGO, Luis Ângelo Macedo, et al. Flavonoids, alkaloids and saponins Are these plant-derived compounds an alternative to the treatment of rheumatoid arthritis A literature review. Clinical Phytoscience, 7.1 58, 2021.”.

[42] “BHOUMIK, Dayananda; MASRESHA, Birhanetensay; MALLIK, Arunabha. Antiulcer properties of herbal drugs a review. Int J Biomed Res, 8.3 116-24, 2017.”.

[43] “SHI, Qianqian, et al. Comprehensive analysis of antibacterial and anti-hepatoma activity of metabolites from jujube fruit. Food Bioscience, 47 101511, 2022.”.

[44] “AAFI, Ensiye, et al. Brightening effect of Ziziphus jujuba (jujube) fruit extract on facial skin A randomized, double-blind, clinical study. Dermatologic Therapy, 35.7 e15535, 2022.”.

[45] “BALÁŽ, Matej, et al. State-of-the-art of eggshell waste in materials science recent advances in catalysis, pharmaceutical applications, and mechanochemistry. Frontiers in Bioengineering and Biotechnology, 8 612567, 2021.”.

[46] “MCCLELLAND, Stephanie C., et al. How much calcium to shell out Eggshell calcium carbonate content is greater in birds with thinner shells, larger clutches and longer lifespans. Journal of the Royal Society Interface, 18.182, 2021.”.

[47] “BOER, Magdalena, et al. Structural and biophysical characteristics of human skin in maintaining proper epidermal barrier function. Advances in Dermatology and AllergologyPostępy Dermatologii i Alergologii, 33.1 1-5, 2016.”.

[48] “AKPOLOME, Daniel, et al. Formulation and Evaluation of a Natural Cleaning Agent from Citrus Lemon Peel Extract, Eggshell, and Coconut Shell A Comparative Study with Commercial Cleaning Product. Direct Res. J. Eng. Inf. Technol, 13 12-36, 2025.”.

[49] “L. Habte, N. Shiferaw, D. Mulatu, T. Thenepalli, R. Chilakala, and J. W. Ahn, Synthesis of nano-calcium oxide from waste eggshell by sol-gel method, Sustainability, vol. 11, p. 3196, 2019.”.

[50] “Y. M. Alobaidi, M. M. Ali, and A. M. Mohammed, Synthesis of Calcium Oxide Nanoparticles from Waste Eggshell by Thermal Decomposition and their Applications, Jordan Journal of Biological Sciences, vol. 15, 2022.”.

[51] “Hassan, T. A., et al, Eggshell as a potential source of calcium carbonate in materials applications. Materials Today: Proceedings, 2018.”.

[52] “Masoud E.A. et al. Silver nanoparticles synthesized by Ziziphus spina-Christi leaf extract,2016.”.

[53] “Ayub M. et al. Eggshell-mediated nanoparticles and their applications,2023.”.

الفصل الثالث:

الجزء العملي

النتائج والمناقشة/

في هذا الفصل تم استعراض الجانب العملي حيث تم تحضير كل من جسيمات الكالسيوم والزنك النانوية باستعمال قشور البيض ومستخلص نبات السدر وسيتم توصيف هذه الجسيمات النانوية باستعمال تقنيات الطيف المختلفة، مثل جهاز الأشعة المرئية وفوق البنفسجية *(UV-Vis)* وجهاز الأشعة تحت الحمراء *(FTIR)*، وجهاز حيود الأشعة السينية *(DRX)*، وتم تنفيذ هذا العمل في مخبر

Valorisation et Technologie des Ressources Saharienes بجامعة الوادي– بالجزائر.

1.III المواد والأدوات والأجهزة المستعملة

1.1. III المواد الكيميائية

المواد الكيميائية المستخدمة يوضحها **الجدول (1.III):**

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

المواد	الصيغة الكيميائية	النقاوة (%)	الكتلة المولية(g/mol)
هيدروكسيد الصوديوم	NaOH	97	40
ماء مقطر	H_2O	99	18
أسيتات الزنك	Zn (CH_3CO_2)	30	124,38

2.1.III الأدوات و المواد

ماء مقطر، نبات السدر، قشور البيض، ملعقة، بيشر، قمع، ورق ترشيح، حوجلة، دورق، أنابيب الاختبار

3.1.III الأجهزة

مخلاط مغناطيسي، ميزان حساس، جهاز قياس الحرارة، جهاز الطرد المركزي، فرن تجفيف، فرن حرق، جهاز موجات فوق صوتية *(UL TRASONS- H)*، جهاز مطيافية الأشعة المرئية وفوق البنفسجية *(UV-Vis)*، جهاز انعراج الأشعة السينية *(DRX)*، جهاز مطيافية الأشعة تحت حمراء *(FTIR)*.

2.III المادة النباتية

1.2.III تجميع وتحضير النباتات

تم الحصول على نبات السدر من سوق الشعبي لولاية الوادي–الجزائر، كما هو مبين في **الشكل (1.III)**

الشكل (1.III): صورة تبين نبات السدر.

2.2.III الطحن

تم تحضير مسحوق النبات بطحنه كما هو مبين في **الشكل (2.III):**

الشكل (2.III): مسحوق نبات السدر.

3.III خطوات العمل

1.3.III تحضير المستخلص المائي للنبتة

تم غسل مسحوق النبات جيدا بالماء المقطر للتخلص من أي شوائب أو غبار أو مواد أخرى عالقة على النبات ثم تم تجفيف في الظل عند درجة حرارة الغرفة ، و بعد ذلك خلط 100g مسحوق النبات المجفف مع 1500ml من الماء المقطر عند درجة حرارة 65 درجة مئوية مع تحريك، أُجري تسخين الخليط وتحريكه باستمرار لمدة ساعتين، تم ترشيح المستخلص الأخضر الناتج باستعمال ورق الترشيح، يتم حفظ المستخلص الناتج في الثلاجة لاستعماله لاحقا كما هو موضح في **الشكل (3.III):**

الشكل (3.III): توضح مستخلص نبات السدر.

2.3 .III. تحضير جسيمات أكسيد الزنك النانوية

لتحضير جسيمات أكسيد الزنك النانوية *ZnO NPs* باستعمال مستخلص النبتة، حيث تم خلط 250 ml من مستخلص النبتة و100ml من 0.1mol أسيتات الزنك *($Zn(CH_3CO_2)$)* وتحريك الخليط باستعمال محرك مغناطيسي عند 70 درجة مئوية لمدة ساعتين، ثم نظيف قطرات من محلول NaOH بتركيز 2mol ببطء للخليط مع استمرار التحريك حيث يتغير لون المحلول وذلك دلالة على تشكل (ZnO NPs) كما في **الشكل (4.III)** وتم فصل الراسب عن المحلول باستعمال الطرد المركزي عند 3000 دورة في

الدقيقة لمدة 10 دقائق وغسل عدة مرات باستعمال الماء المقطر لإزالة أيونات أو شوائب متبقية من التفاعل ثم بعد ذلك تجفيف الراسب في فرن عند 80 درجة مئوية لمدة 24 ساعة بعد ذلك يتم حرقه عند 600 درجة مئوية لمدة 5 ساعات للحصول على *(ZnO NPs)* .

قبل التشكل(a)　　بعد التشكل(b)

الشكل (4.III): تشكل جسيمات أكسيد الزنك النانوية

نبات السـدر

طحن نبات السدر الجاف بمطحنة كهربائية

نقع 66,67 g من مسحوق نبات السدر في 1000 ml والتسخين عند 70 C°

الترشيح + 100ml ذات 0.1mol أسيتات الزنك $Zn(CH_3CO_2)$ + ماء مقطر

تغير اللون دليل على تشكل النانو بعد المزج والتسخين عند 80 C°

تشكل أكسيد الزنك النانوية بعد التجفيف والحرق عند 500 C°

ZnO NPs

الشكل (5.III): مخطط يوضح طريقة العمل لتوليف أكسيد الزنك النانوية بواسطة مستخلص نبات السدر (*Ziziphus lotus*).

III.3.3. تخليق جسيمات أكسيد الكالسيوم النانوية

بدأ تحضير جسيمات أكسيد الكالسيوم النانوية من قشور بيض الدجاج بغسل قشور البيض المجمعة جيدًا بالماء المقطر، ثم تجفيفها بالهواء لمدة 48 ساعة للتأكد من إزالة الرطوبة تمامًا، بعد ذلك طُحنت قشور البيض المجففة حتى تصير مسحوق أوليا، ثم تطحن بالمطحنة الكهربائية طحنًا ناعمًا، بعد ذلك كُلس هذا المسحوق في فرن عند درجة حرارة 700 درجة مئوية في الهواء الطلق لمدة 7 ساعات، مما سمح بالتحلل الكامل لكربونات الكالسيوم والمواد العضوية الحاضرة في قشور البيض، خلال هذه العملية يتبخر الماء وغاز ثاني أكسيد الكربون بكفاءة، مما أدى إلى تشكل جسيمات أكسيد الكالسيوم النانوية النقية كما هو موضح في **الشكل (6.III)**.

الشكل (6.III): عرض تخطيطي يوضح عملية تصنيع جسيمات أكسيد الكالسيوم النانوية بدءًا من قشور بيض الدجاج.

بعد تحضير العينات، يتم التحقق من نجاح المنتج النهائي من خلال تحليل العينة باستعمال التقنيات الطيفية: جهاز الأشعة المرئية وفوق البنفسجية *(UV-Vis)* وجهاز انعراج الأشعة السينية *(DRX)* وجهاز الأشعة تحت حمراء *(FTIR)*.

4.III طرق توصيف

1.4.III مطيافية الأشعة فوق بنفسجية *(Ultraviolet visible spectrophotomètre)*

يستعمل جهاز مطيافية الأشعة فوق البنفسجية – المرئية لقياس امتصاص المركبات الكيميائية للأشعة في نطاقي الأشعة فوق البنفسجية (200–400 نانومتر) والأشعة المرئية (400–800 نانومتر)، و يرتكز مبدأ يقوم الجهاز على انتقال الإلكترونات داخل الجزيئات من مستويات طاقة منخفضة إلى مستويات طاقة أعلى عند امتصاصها لطاقة ضوئية مناسبة. يتكوّن الجهاز غالبا من مصدر ضوء (مثل مصباح الديوتيريوم للأشعة فوق البنفسجية *Deuterium Lamp (UV)* ، ومصباح التنغستن للأشعة المرئية *Tungsten Lamp (Visible)*، وموزع طيفي مثل موشور أو شبكة حيود لفصل الأطوال الموجية، وحجرة لاحتواء العينة، وكاشف مثل ثنائي ضوئي أو كاشف صفيف ثنائي الأبعاد) لقياس شدة الضوء المار أو الممتص. توضع العينة غالبا في خلايا شفافة من الكوارتز أو الزجاج، ويتم رصد طيف الامتصاص الذي يمثل العلاقة بين الامتصاص والطول الموجي. يتيح هذا التحليل معلومات حول التركيب الإلكتروني للجزيئات، ويستعمل في تحديد تركيز المركبات، ودراسة التفاعلات الكيميائية كما هو موضح في الشكل (7.III).

الشكل (7.III): جهاز مطيافية الأشعة فوق البنفسجية (*UV*).

- **المبدأ**

يرتكز قياس طيف الامتصاص المرئي للأشعة فوق البنفسجية على انتقال إلكترونات التكافؤ التي تنتقل من الطبقة السفلية إلى الطبقة المثارة نتيجة لامتصاص الفوتون للأشعة فوق البنفسجية المرئية.

عندما تواجه الإلكترونات موجة ضوئية بتردد يتطابق مع ترددداتها الاهتزازية، فإنها تمتص طاقة الموجة الضوئية وتكتسب حركة اهتزازية. يتفاعل الإلكترون المهتز مع الإلكترونات القريبة ويبدل الاهتزاز إلى طاقة حرارية. لذلك يدل التحليل الطيفي للامتصاص إلى قياس امتصاص المادة للضوء كدالة لطول الموجة.

كلما زاد عدد الجزيئات التي تمتص الضوء بطول موجة معين زاد امتصاص الضوء وزادت شدة قمة طيف الامتصاص[1].

✓ **قانون بيرلامبرت *(Beer -Lambert Law)***

$$\log\left(\frac{Io}{I}\right) = \varepsilon cl \quad \text{..... III (1)}$$

حيث:

I_o : شدة الضوء الساقط.

I : شدة الضوء المنقول بواسطة محلول العينة.

C : تركيز العينة.

L : طول العينة.

ε: معامل الامتصاص المولي.

❖ تُعرف نسبة (I / I_0) بالنفاذية (T) ويعرف لوغاريتم نسبة (I_0 / I) المعكوسة بالامتصاصية (A).

نتيجة لـ:

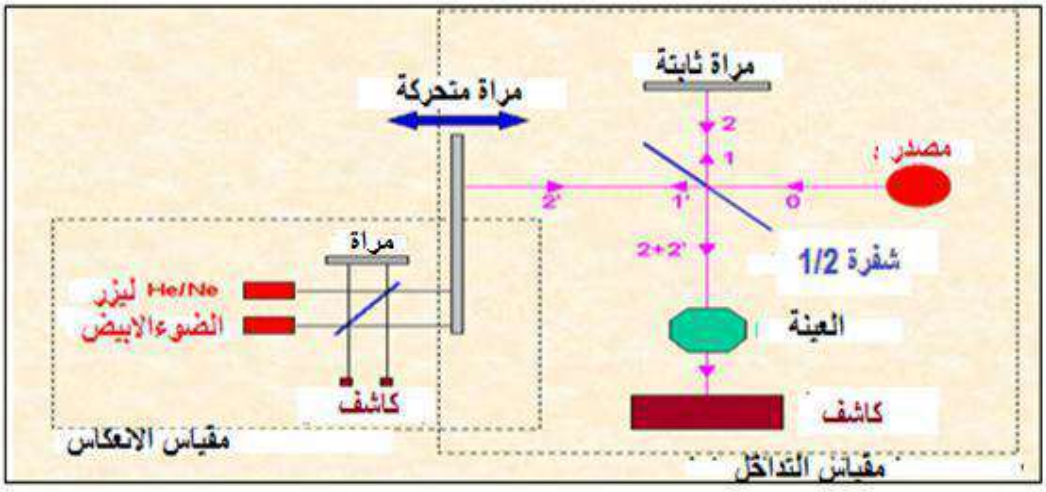
$$-\log\left(\frac{Io}{I}\right) = -\log T = \varepsilon cl \quad \text{..... III (2)}$$

أو $A = \varepsilon cl$

لذا $A = \log\left(\frac{1}{T}\right)$

2.4.III مطيافية الأشعة تحت الحمراء *(Fourier Transform infrared spectroscopy)*

يستعمل جهاز *FTIR* للحصول على الطيف الخاص بالعينة من خلال قياس امتصاصها أطوال موجية محددة، مما يؤدي الى اهتزازات في الروابط الكيميائية داخل الجزيئات، ثم مقارنة النتائج مع أطياف المواد المعروفة لتحديد هوية المادة. يتألف الجهاز من ثلاثة مكونات رئيسية، وهي مصدر الإشعاع، وهو عبارة عن مادة صلبة خاملة تسخن كهربائيا لتوليد انبعاث حراري يغطي مجال الأشعة تحت الحمراء من الطيف الكهرومغناطيسي؛ وموحد اللون *(Monochromator)* ، الذي يقوم على تحليل أو فصل الأشعة تحت الحمراء ذات الطيف الواسع إلى ترددات ضيقة ومحددة، التي تتيح من دراسة استجابة العينة بدقة عند كل تردد؛ وأخيرا الكاشف (Detector) الذي يرصد الأشعة الممتصة ويحولها إلى إشارات كهربائية. وتُعالج هذه الإشارات باستعمال برامج وخوارزميات حاسوبية للحصول على الطيف النهائي الذي يستعمل في تحليل بنية المادة. توجد أنواع متعددة من الكواشف من أهمها الكواشف الحرارية التي ترتكز على التغير في درجة الحرارة، والكواشف الكمية (أو الفوتونية) التي تعتمد على الامتصاص المباشر للفوتونات. وتعتبر مطيافية الأشعة تحت الحمراء أداة لا غنى عنها في التعرف على المركبات، التحقق من نقاوتها، ودراسة التفاعلات الكيميائية كما هو في **الشكل (8.III)**.

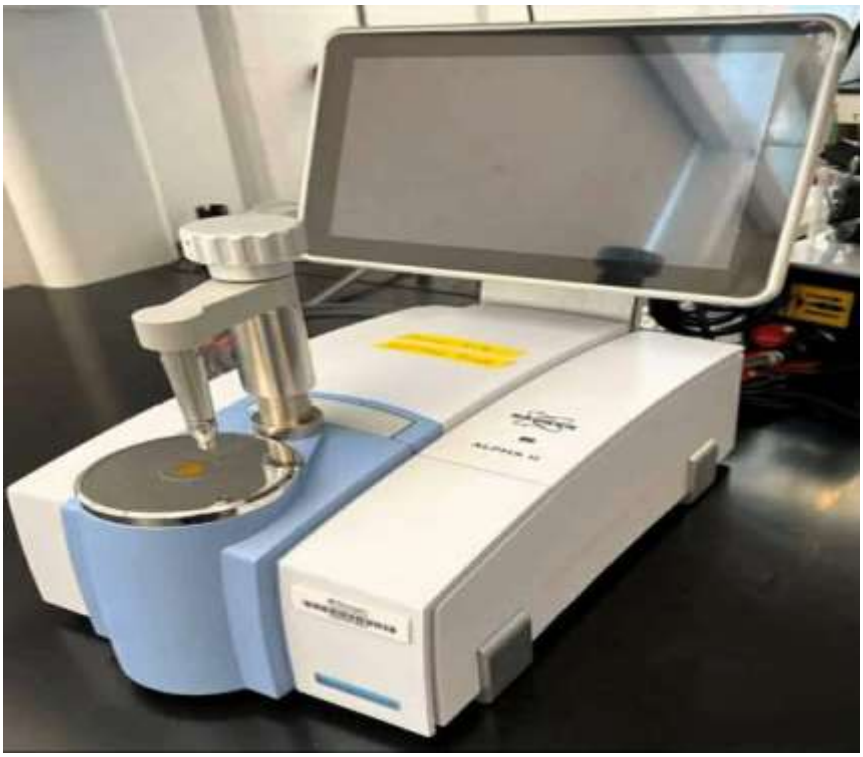


الشكل (8.III): مخطط توضيحي لجهاز الأشعة تحت الحمراء.

- **المبدأ**

مطيافية الأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه تغطي نطاقا طيفيا يتراوح بين 400 و4000 سم. تستعمل أدوات *FTIR* المتخصصة للكشف عن الجزيئات الحيوية المختلفة. يقوم مبدأ عمل مطيافية تحويل فورييه على فحص الإشعاع الكهرومغناطيسي المرسل إلى جهاز يسمى باسم "المتداخل الضوئي" *(interferometer)*. ثم، يتم قياس القدرة الضوئية الخارجة من المتداخل كدالة لاختلاف طول الذراعين،

باستعمال كاشف ضوئي *(photodetector)*. يتحكم في هذا الاختلاف عادة من خلال تحريك مرآة بدقة لمسافة محددة. إذا كان الضوء الداخل إلى المتداخل أحادي اللون، مما يسفر عن ذلك تذبذب جيبي في القدرة الضوئية، ويعكس تردد هذا التذبذب التردد البصري. أما إذا كان الضوء متنوع الألوان، فإن المخطط الناتج يسمى "المخطط التداخلي" *(interferogram)*، وهو ناتج عن تراكب لمكونات بترددات مختلفة كما هو في **الشكل (9.III)**.



الشكل (9.III): جهاز مطيافية الأشعة تحت الحمراء **(*FTIR*)**.

3.4.III مطيافية الأشعة السينية (*DRX*)

يتألف جهاز انعراج الأشعة السينية *(XRD)* من ثلاث مكونات رئيسية تعمل على تحليل البنية البلورية للمواد بدقة، كما هو في **الشكل (10.III)**. أول هذه المكونات هو حامل العينة، وهو الجزء الذي تثبت عليه العينة المراد تحليلها بشكل ثابت لضمان دقة القياسات، يلي ذلك كاشف الأشعة السينية، والذي يستعمل لقياس شدة الأشعة المنعكسة أو المنعرجة عن العينة عند زوايا مختلفة، ما يساعد في تعيين نمط الحيود،

أما المكون الثالث فهو مقياس الزاوية، وهو جهاز دقيق يتحرك عليه الكاشف لتسجيل البيانات عند زوايا مختلفة بدقة عالية، مما يسمح برسم نمط الحيود الذي يستعمل لاحقا لتحديد التركيب البلوري للمادة. حيث تعرض النتائج على شكل مخطط انعراج يعرف باسم *(Diffractogram)*، يبين هذا المخطط شدة الفوتونات المنعرجة كدالة للزاوية (2θ) باستعمال المعلومات المتوفرة في بنك المعطيات *(JCPDS ASTM)*، يسمح بتحديد طبيعة الطور البلوري الموجود في العينة وطريقة تبلوره عن طريق مقارنة الأطياف الناتجة مع الأطياف المرجعية المحفوظة في البطاقات.

الشكل (10.III): جهاز انعراج الأشعة السينية (*XRD*).

- **المبدأ**

الأشعة السينية هي أشعة كهرومغناطيسية تتميز أطوال موجية قصيرة جدا بين 0.01 نانومتر و5 نانومتر تقريبا)، و بسب خصائصها يتم استعمال الأشعة السينية في مختلف المجالات وهي تتيح على إعطاء معلومات حول الهياكل البلورية.

يتكون مبدأ التحليل عن طريق حيود الأشعة السينية من التفاعل الأخير مع المادة المراد تحليلها. هذه التفاعلات الجسدية الفوتون والإلكترون، تفاعلات الفوتون والنواة لا تذكر [2].

✓ **قانون براج *(Bragg)***

في الشبكة البلورية، يتميز ترتيب الذرات بانتظام ودوريا، وتسمى المسافة بين المستويات الذرية المتوازية ذات المؤشرات (h,k,l) تعرف بالمسافة البينية بين المستويات، عندما يتم تسليط اشعاع سيني على نوع بلوري، ذات طول موجي مناسب على بلورة، وذلك عند وقوع انحراف للإشعاع إذا تحقق شرط قانون براج، وكما هو موضح في **الشكل (11.III)**:

$$\eta\lambda = 2d_{(h,k,1)} \sin\theta \ldots\ldots\ldots 3\ III$$

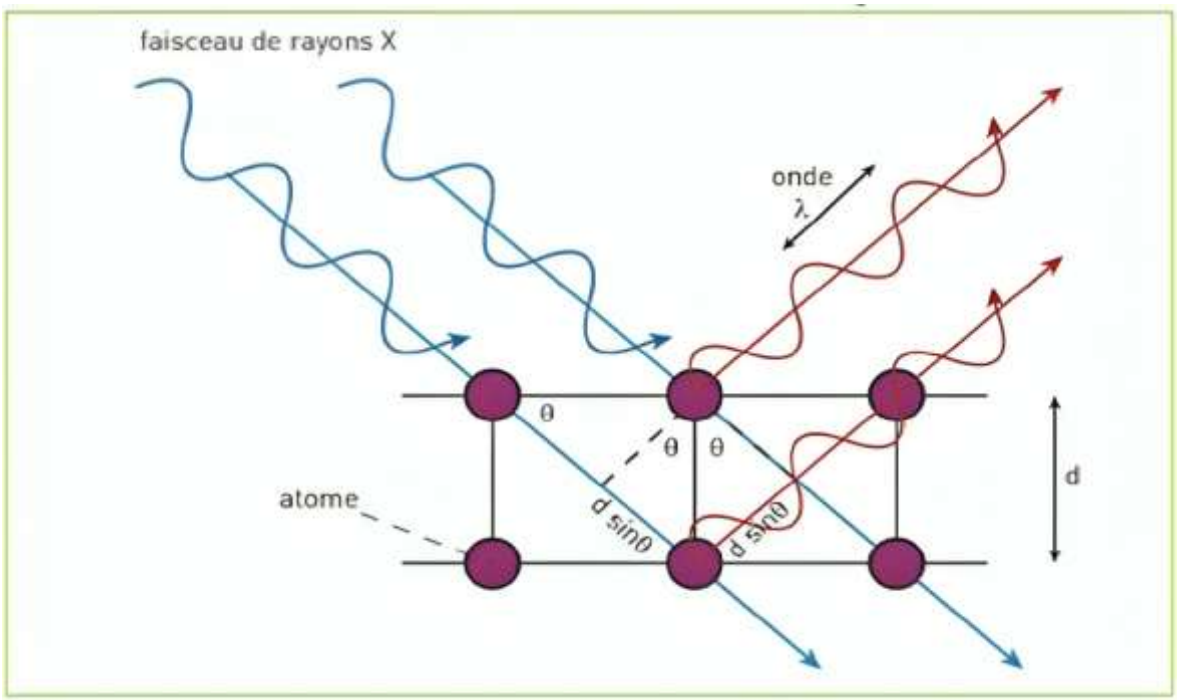
حيث:

d: مسافة شبكية بين مستويين متتاليين.

λ: الطول الموجي للأشعة السينية.

θ: زاوية الانعراج.

η: ترتيب الانعراج.



الشكل (11.III): رسم تخطيطي يوضح قانون براج [2].

بشكل عام، تتيح دارسة الحيود إمكانية تتبع كمية كبيرة من المعلومات مثل اتجاه بلورة واحدة والخصائص الهيكلية وحجم العينات وشكلها.

تحديد حجم الحبيبة:

على الرغم من وصف العديد من الطرق لتحديد الحجم باستخدام *XRD* ، إلا أن معادلة ديباي–شيرير هي الأكثر استخدامًا لتحديد الحجم[3].

$$D = 0.9\,\lambda/\beta\cos\theta \quad \text{..... (4) III}$$

حيث

D :هو حجم الحبوب بالنانومتر.

λ :هو الطول الموجي لحزمة الأشعة السينية.

θ :هي زاوية الانعراج.

β :هو العرض عند نصف ارتفاع معبارًا عنه بالرديان.

5.III. النتائج والمناقشة

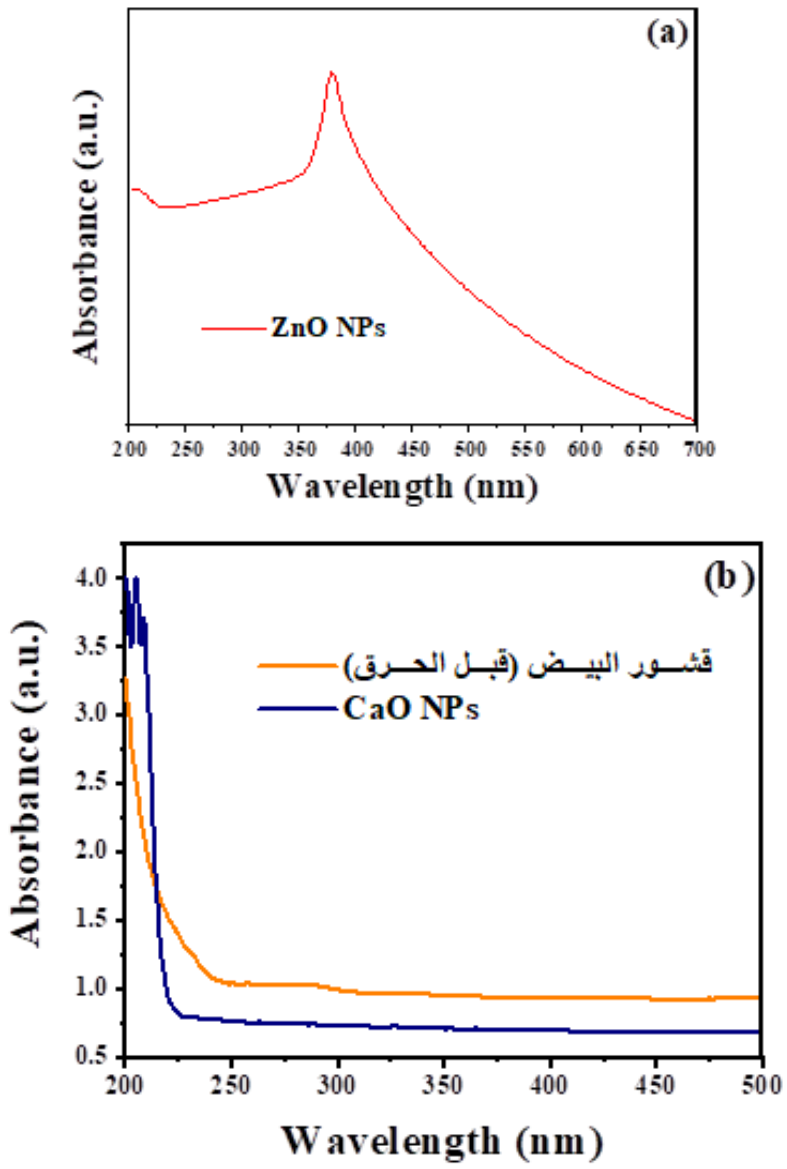
1.5.III. توصيف جسيمات نانوية

1.1.5.III. مطياف الامتصاص المرئي والأشعة فوق البنفسجية

يبين **الشكل (12.III) (a)** الأطياف *UV-Vis* لـ *ZnO NPs* تظهر نطاقات امتصاص مميزة عند 380 نانومتر.

تم رصد أطياف الأشعة فوق البنفسجية والمرئية لكل من قشور البيض المطحونة وجزيئات أكسيد الكالسيوم النانوية (*CaO NPs*) المشتتة في الماء، ضمن مجال أطوال موجية يتراوح بين 200 و800 نانومتر. يبين **الشكل (12.III) (b)** الأطياف قبل التكليس (قشور البيض المطحونة) وبعده (*CaO NPs*). تُظهر أطياف ما قبل التكليس لقشور البيض ذروةً تمتد من 250 نانومتر إلى 200 نانومتر، مما يشير على وجود كربونات الكالسيوم ($CaCO_3$) والذي يتعلق بالانتقالات الإلكترونية وأنماط الاهتزاز لأيونات

الكربونات (CO_3^{-2}) ، بعد التكليس يتغير طيف الأشعة فوق البنفسجية والمرئية لجزيئات أكسيد الكالسيوم النانوية في الماء ليبدأ من 240 نانومتر ويمتد إلى 200 نانومتر، ويرجع ذلك على من المحتمل تكوّن هيدروكسيد الكالسيوم ($Ca(OH)_2$)، بينما يعرف أكسيد الكالسيوم النقي بفجوة طاقة كبيرة ويُظهر امتصاصًا ضئيلاً للأشعة فوق البنفسجية والمرئية، فإن هيدروكسيد الكالسيوم المذاب قد يُبين قمم امتصاص ضعيفة حول 200–240 نانومتر، وتتطابق هذه الملاحظات مع دراسات[4]، [5] .

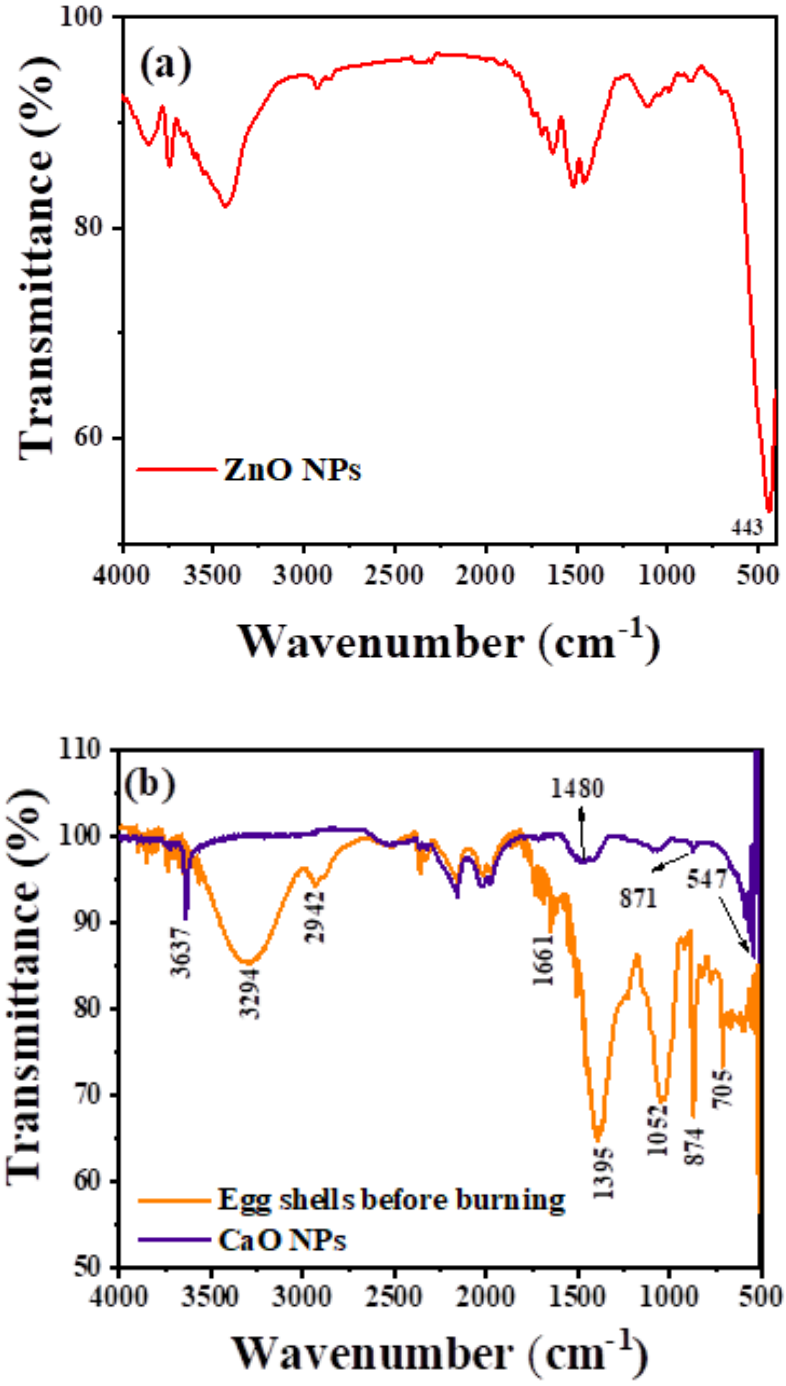


الشكل (Ⅲ.12): منحنى أطياف UV-Vis لـ ZnO NPs (a) وقشور البيض وأكسيد الكالسيوم(b).

III.1.5.2. جهاز "فوريه" لتحويل طيف الأشعة تحت الحمراء

يبين **الشكل (13.III) (a)** أطياف *FTIR* (المجموعات الوظيفية) للجسميات *ZnO NPs* المصنعة من نبات السدر، وتظهر القمم الواسعة عند $3441\ cm^{-1}$ الناجمة عن اهتزاز التمدد لمجموعات الهيدروكسيل (*OH*) ومجموعات amide I وamide II المتسببة عن القمم حول ($1644\ -1521\ cm^{-1}$) ، واهتزاز الإنحناء (C-H) عند تردد في حدود ($1426-1377\ cm^{-1}$)، اهتزازات التمدد (*C-O*) عند تردد (1010 $1125-cm^{-1}$)، وتعد اهتزازات التمدد لروابط *Zn-O* عند ($434\ cm^{-1}$)، مؤشرا على تكوين جسميات الزنك النانوية.

توضح أطياف *FTIR* لقشور البيض قبل وبعد الحرق **الشكل (13.III) (b)** (جسيمات *CaO* النانوية) في الشكل 3d. من الجدير بالذكر أن عينة قشر البيض بينت قمة بارزة عند ($1395\ cm^{-1}$)[6]، مما يشير الى كثافة عالية لجسيمات قشر البيض وارتباط قوي مع معادن الكربونات [7]. تؤكد القمم الإضافية التي سجلت عند حوالي ($874-705\ cm^{-1}$) وجود كربونات الكالسيوم، والتي تتطابق مع أوضاع التشوه داخل المستوى وخارج المستوى. ويظهر وجود الأمينات والأميدات داخل أغشية قشر البيض من القمم واضحة التي تتراوح من ($3552-3051cm^{-1}$)، ($1661\ cm^{-1}$)، و ($1395\ cm^{-1}$)، على التوالي [8]. بخصوص لجسيمات (*CaO*) النانوية، تُعزى القمة المكتشفة عند ($3637\ cm^{-1}$) إلى رابطة الهيدروكسيل الحرة (O–H)، والتي من محتمل ان تنتج عن بقايا الهيدروكسيد أو محتوى الرطوبة في العينة [9]. تدل حدة هذه القمة إلى تكوّن جسيمات والتي تتكون فقط من طور واحد، بينما تبين نطاقات الامتصاص الإضافية حول (cm^{-1} 1600) و ($800\ cm^{-1}$) وجود مجموعات الهيدروكسيل المتبقية [10]. ويتضح ظهور روابط (C–O)، المنسوبة إلى كربنة جسيمات (*CaO*) النانوية، من النطاق القوي والواسع التي سجلت عند ($1480\ cm^{-1}$) وقمة عند ($871\ cm^{-1}$) [11]. أثناء عملية التكليس، تتفاعل جسيمات (*CaO*) النانوية مع الهواء، مما يؤدي إلى توليد (CO_2 وH_2O)، والتي يتم امتصاصها فيم بعد على سطح (*CaO*) كأنواع (-OH) حرة وكربونات، مما يدل إلى تفاعلية (-OH) السطحية والأكسجين الشبكي لجسيمات (*CaO*) النانوية نتيجة لمساحة السطحية العالية للجسيمات النانوية إضافي.



الشكل (13.Ⅲ): أطياف FTIR لـZnO NPs المصنعة من نبات السدر(a) وقشور البيض وأكسيد الكالسيوم(b).

III.1.5.3. حيود الأشعة السينية (DRX)

يبين **الشكل (III.14) (a)** أنماط DRX لـ ZnO NPs المُصنَّع من نبات السدر ، كانت قمم عند 2θ تساوي 31.8° ، 34.5° ، 36.3° ، 47.6° ، 56.6° ، 62.9° ، 66.4° ، 68° ، 69.2° درجة مئوية و تتطابق مع (100) ، (002) ، (101) و (102) و (110) و (103) و (200) و (112) و (201) على التوالي، هذا يتطابق مع بطاقة JCPDS (01-079-0205) ، و تم حساب الحجم البلوري لـ (ZnO NPs). باستعمال معادلة (*Debye-Scherrer*) وكان الحجم البلوري لجسميات الزنك النانوية المصنع يساوي 19 نانومتر، حيث في جميع أطياف (ZnO NPs) لم يلاحظ أي قمم أخرى، مما يدل إلى درجة نقاء عالية وتبلور من (ZnO NPs) المحضر.

ويعطى قانون شيرر (*Debye-Scherrer*) بالعلاقة التالية:

$$D = \frac{K\lambda}{\beta \cos\theta}$$ حيث:

D: حجم البلورة (أو الحجم المتوسط للحبيبات البلورية).

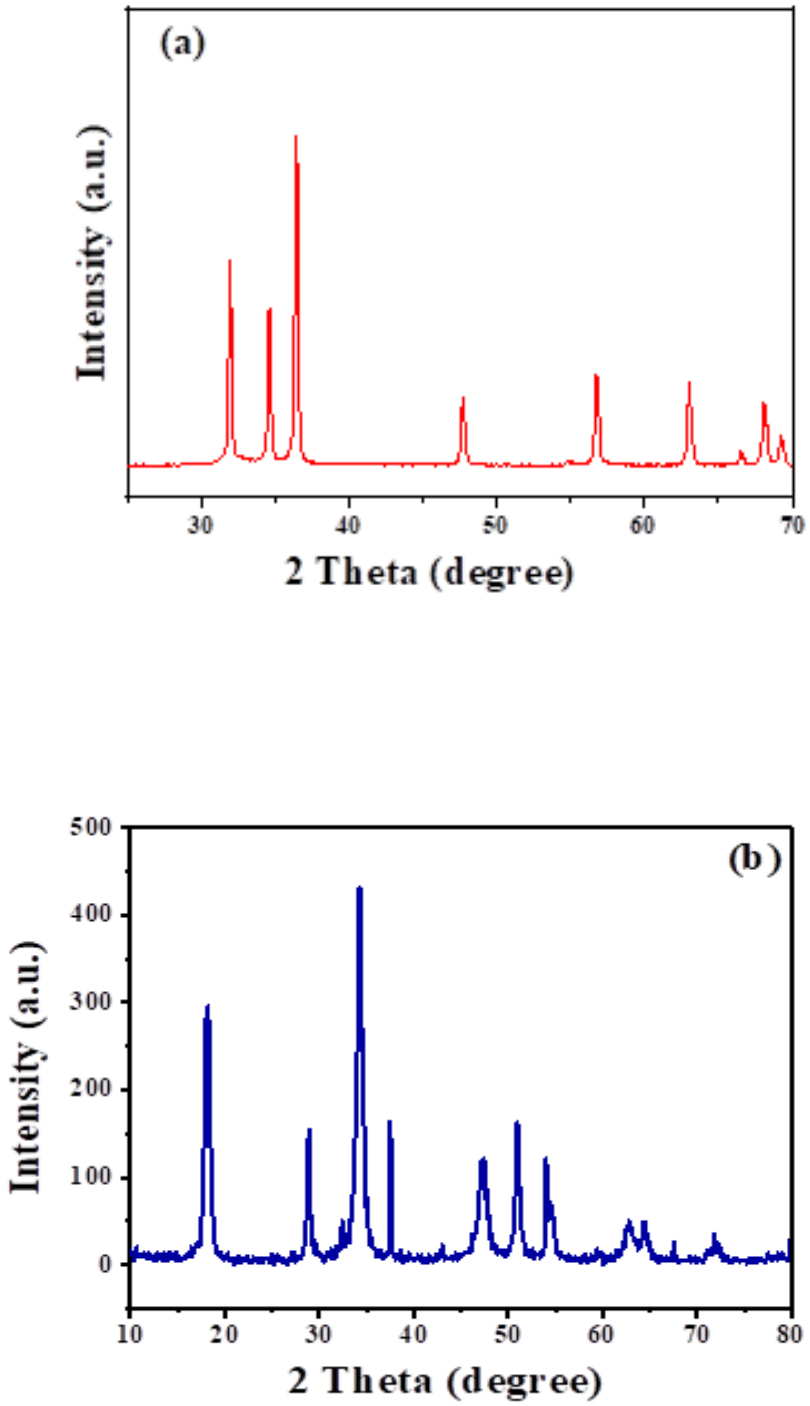
K: ثابت شيرر (عامل الشكل)، وقيمته ≈ 0.99 (قد تختلف حسب شكل البلورة).

λ: الطول الموجي للأشعة السينية المستخدمة.

β: عرض القمة عند نصف الارتفاع (FWHM)، ويُقاس الراديان.

θ: زاوية الحيود (نصف زاوية 2θ).

عرض أطياف *XRD* المعروضة في **الشكل (III.14) (b)** الخصائص المميزة لجسيمات أكسيد الكالسيوم النانوية (*NPs*). تدل القمم البارزة التي لوحظت عند 18.12° ، 28.86° ، 34.29° ، 47.44° ، 51.04° ، 54.09° ، 62.85° ، 64.35° ، 67.51° و 71.92° إلى وجود جسيمات أكسيد الكالسيوم النانوية *CaO NPs*. تتطابق هذه النتائج مع الدراسات السابقة [12]، [13]، [14]... في البداية، تم قياس حجم البلورات لجسيمات أكسيد الكالسيوم النقية *CaO NPs* وتحديده بـ 20 نانومتر، مما يشير على الطبيعة النانوية للمواد المصنعة.



الشكل (Ⅲ.14): أطياف DRX لـZnO NPs المصنعة من نبات السدر (a) وCaO NPs (b).

خاتمة الفصل الثالث

تم خلال من هذا العمل بنجاح تصنيع جسيمات أكسيد الزنك (*ZnO NPs*) وجسيمات أكسيد الكالسيوم النانوية (*CaO NPs*) ، إلى جانب المركب النانوي المشترك، وذلك بمساعدة من خلال طرق صديقة للبيئة ومنخفضة التكلفة باستخدام مستخلص نبات السدر وقشور بيض الدجاج وقد أثبتت خطوات العمل المتبعة، انطلاقا من استخلاص المواد النشطة نباتياً وحتى عمليات الكلسنة عند درجات حرارة عالية (600–700 درجة مئوية)، فعاليتها في الحصول على مساحيق نانوية نقية، وسوف تشكل هذه العينات المصنعة قاعدة أساسية لعمليات التوصيف اللاحقة باستخدام تقنيات *UV-Vis* و *FTIR* و *DRX* للتحقق من بنيتها البلورية وخصائصها الطيفية،و تفتح هذه النتائج امكانيات واعدة لاستغلال الموارد الطبيعية والنفايات العضوية في تطبيقات التقنية النانوية الحيوية، مما يعزز من قيمة البحث العلمي المستدام.

مراجع الفصل الثالث

[1] "Gourchala. F, « Caractérisation physicochimique, phytochimique et biochimique de cinq variétés de dattes d'Algérie, Phoenix dactylifera L (Deglet noor, Ghars, h'mira, Tamesrit et Tinissine). Effets de leur ingestion sur certains paramètres biologiques (Glycémie, profil lipidique, index glycémique et pression artérielle) » Thèse Doctorat en biochimie, Universite Badji Mokhtar –Annaba, p 6, 2015.".

[2] "Boukhenoufa Noureddine. « Contribution à étude des propriètès des films minces à base de ZnO », thèse doctorat, Universitè de Batna 2, page 43,44,45, 2017.".

[3] "FATIMAH, Siti, et al. How to calculate crystallite size from x-ray diffraction (XRD) using Scherrer method. ASEAN Journal of Science and Engineering, 2.1: 65-76, 2022.".

[4] "IKRAM, Muhammad, et al. RETRACTED: Facile Synthesis of La-and Chitosan-Doped CaO Nanoparticles and Their Evaluation for Catalytic and Antimicrobial Potential with Molecular Docking Studies. ACS omega, 7.32: 28459-28470, 2022.".

[5] "BHARATHIRAJA, B., et al. Calcium oxide nanoparticles as an effective filtration aid for purification of vehicle gas exhaust. In: Advances in Internal Combustion Engine Research. Singapore: Springer Singapore, p. 181-192, 2017.".

[6] "ADAIKALAM, Kathalingam, et al. Eco-friendly facile conversion of waste eggshells into CaO nanoparticles for environmental applications. Nanomaterials, 14.20: 1620, 2024.".

[7] "HERVO, F., et al. Effect of limestone particle size on performance, eggshell quality, bone strength, and in vitro/in vivo solubility in laying hens: a meta-analysis approach. Poultry Science, 101.4: 101686, 2022.".

[8] "TAKYAR, Surbhi. SUSTAINABLE EXTRACTION OF CALCIUM AND COLLAGEN FROM EGGSHELL WASTE USING SODIUM SULFITE TREATMENT, PhD Thesis, 2025.".

[9] "I. B. Amor, H. Hemmami, S. E. Laouini, H. B. Temam, H. Zaoui, and A. Barhoum, 'Biosynthesis MgO and ZnO nanoparticles using chitosan extracted from Pimelia Payraudi Latreille for antibacterial applications,' World Journal of Microbiology and Biotechnology, vol. 39, p. 19, 2023.".

[10] "B. Maringgal, N. Hashim, I. S. M. A. Tawakkal, M. H. Hamzah, and M. T. M. Mohamed, 'Biosynthesis of CaO nanoparticles using Trigona sp. Honey: Physicochemical characterization, antifungal activity, and cytotoxicity properties,' Journal of Materials Research and Technology, vol. 9, pp. 11756-11768, 2020.".

[11] "R. Atchudan, S. Perumal, J. Joo, and Y. R. Lee, 'Synthesis and characterization of monodispersed spherical calcium oxide and calcium carbonate nanoparticles via simple pyrolysis,' Nanomaterials, vol. 12, p. 2424, 2022.".

[12] "B. Bharathiraja, M. Sutha, K. Sowndarya, M. Chandran, D. Yuvaraj, and R. Praveen Kumar, 'Calcium oxide nanoparticles as an effective filtration aid for purification of vehicle gas exhaust,' Advances in Internal Combustion Engine Research, pp. 181-192, 2018.".

[13] "M. Ramli, R. B. Rossani, Y. Nadia, T. B. Darmawan, Febriani, Saiful, et al., 'Nanoparticle fabrication of calcium oxide (CaO) mediated by the extract of red dragon fruit peels (Hylocereus Polyrhizus) and its application as inorganic–anti-microorganism materials,' in IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, p. 012090,2019.".

[14] "B. Yazıcılar, F. Böke, A. Alaylı, H. Nadaroglu, S. Gedikli, and I. Bezirganoglu, 'In vitro effects of CaO nanoparticles on Triticale callus exposed to short and long-term salt stress,' Plant Cell Reports, vol. 40, pp. 29-42, 2021.".

الخاتمة العامة

الخاتمة العامة

في الختام، يعد التخليق الأخضر للجسيمات النانوية باستعمال المصادر الطبيعية المتجددة تغييرا استراتيجياً في مجال تكنولوجيا النانو نحو ممارسات أكثر استدامة وأقل ضرراً بالبيئة، ولقد أنجز بنجاح في هذا البحث تحضير أكسيد الكالسيوم النانوي *(CaO NPs)* من قشور البيض بواسطة طريقة التكليس الحراري عند درجة حرارة 700 درجة مئوية، كما تم تصنيع أكسيد الزنك النانوي*(ZnO NPs)* باستعمال المستخلص المائي لنبات السدر (*Ziziphus lotus*) كعامل اختزال وتثبيت أخضر.

تم تحليل جسيمات أكسيد الزنك النانوية وأكسيد الكالسيوم التي تم الحصول عليها باستعمال التقنيات القياسية: الأشعة المرئية وفوق البنفسجية *(UV-Vis)* والأشعة تحت الحمراء *(FT-IR)* وتقنية حيود الأشعة السينية*(DRX)* ، وكان حجم الجسميات لأكسيد الزنك النانوية قد بلغ حوالي 19 نانومتر و20 نانومتر لأكسيد الكالسيوم.

تتجلى أهمية هذه الطريقة في أنها غير سامة، منخفضة التكلفة، وصديقة للبيئة، حيث لعبت المركبات النشطة بيولوجياً الموجودة في مستخلص السدر (مثل الفلافونويدات، الفينولات، والبروتينات) أهمية مزدوجة كعوامل اختزال ومثبتات للجسيمات، بينما ساهم استعمال قشور البيض (*Eggs Hells*) – كمخلفات زراعية وغذائية في إعادة تدوير النفايات وتغييرها إلى مواد ذات قيمة مضافة.

يؤكد هذا العمل أن دمج المصادر الطبيعية (نبات السدر وقشور البيض) في تخليق الجسيمات النانوية، ويفتح آفاقاً واسعة لإنتاج مواد نانوية متقدمة ذات خصائص فيزيائية وكيميائية متميزة، يمكن توظيفها في تطبيقات متنوعة مثل معالجة المياه، والطب الحيوي، والزراعة المستدامة، والطاقة، مما يساعد في تحقيق أهداف التنمية المستدامة من خلال تقليل الاعتماد على المواد الكيميائية الخطرة ودعم الاقتصاد الدائري.