الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العالي

جامعة الشهيد حمه لخضر – الوادي

كلية التكنولوجيا

مذكرة نهاية الدراسة لنيل شهادة

ماستر أكاديمي

ميدان : التكنولوجيا

شعبة: هندسة الطرائق

تخصص: هندسة كيميائية

من إعداد الطلبة:

❖ للح عائشة ❖ عوادي ربيعة ❖ غراب إسراء

الموضوع

طرق تصنيع بسيطة للجسيمات النانوية الصديقة للبيئة من مصادر مختلفة ومراقبة أنشطتها البيولوجي (SiO_2 و CaO)

Facile synthesis of eco-friendly nanoparticles (SiO_2/CaO) from different sources and monitoring of their biological activities

نوقشت يوم :03/ 2024/06

أمام لجنة المناقشة:

Pr. بن مية عمار	استاذ محاضر (أ)	رئيس اللجنة	جامعة الوادي
MCB.بن الصغير البشير	استاذ محاضر (أ)	مناقش	جامعة الوادي
D.همامي هادية	استاذ محاضر (أ)	مشرف	جامعة الوادي
D.زيغود سمية	استاذ محاضر متعاقد (ب)	مساعد مشرف	جامعة الوادي

الموسم الجامعي:2024/2023

الإهداء

"وما يلقاها إلا الذين صبروا وما يلقاها إلا ذو حظ عظيم"

"من قال أنا لها نالها"

الحمد لله حمدا كثيرا طيبا مباركا فيه، الحمد لله الذي وفقني للوصول إلى هذه اللحظة الثمينة لمسيرة دامت لسنوات كانت مليئة بالاجتهاد والتعب والفشل والنجاح

أهدي هذه الكلمات الجميلة إلى كل من له وجود جميل في حياتي

إلى سندي ومصدر تشجيعي الدائم أبي العزيز" **غرابة العيد**"

إلى نور حياتي ومن دعواتها سر نجاحي أمي الحبيبة" **الزايز وهيبة**"

إلى منبع بسمتي وسعادتي، إلى أغلى الناس **إخوتي** وأخواتي

حفظكم الله وأدامكم نعمة علي

الى رفيقتي وأخت لم تلدها أمي "**سندس**"

أشكرك على ابتسامة كنت سببا فيها

انّ تعليم الناس وتثقيفهم في حدّ ذاته ثروة كبيرة نعتز بها، فالعلم ثروة ونحن نبني المستقبل على أساس علمي

"غرابة إسراء"

الإهداء

الحمد لله حبا وشكرا امتنانا على البدء والختام" واخر دعواهم الحمد لله رب العالمين"

بعد مسيرة دراسية دامت سنوات في طياتها الكثير من الصعوبات والمشقة والتعب ها انا اليوم أقف على عتبه تخرجي اقطف ثمار تعبي وأرفع قبعتي بكل فخر اللهم لك الحمد ولك الحمد إذا رضيت ولك الحمد بعد الرضا لأنك وفقتني على اتمام هذا العمل وتحقيق الحلم.

ها انا اليوم اهدي تخرجي إلى أبي الذي في كل مره قابلتني الدنيا بمواقفها الموحشة وجها لوجه كنت اختبئ في ظهر ابي وعندما كان الياس كنت أحاربه بابي إلى من دعمني بلا حدود وأعطاني بدون مقابل دعمه من أول مسيرتي الى فخر وسندي وقوتي في هذه الدنيا بعد الله سبحانه وتعالى اليك....

أبي الغالي نصر

الى من جعل الله الجنة تحت قدميها واحتضنني قلبها قبل يديها وسهلت الشدائد بدعائها إلى القلب الحنون التي كانت لي في الليالي المظلمة إلى من ارشدتني ورافقتني في كل مواقف حياتي ولا تزال تفعل اليك....

أمي الغالي امباركة

ثمره أيامي إلى اخوتي، الذين اتباهى بوجودهم واعتز بهم

اسراء، نورالدين، عزالدين، صالح

إلى جدي **محمد العيد** رحمه الله وجدتي **مريم** حفظها الله

إلى جدي **صالح** رحمه الله وجدتي **اوريدة** حفظها الله

إلى كل من كانت داعمة لي بالأوقات الصعبة **عوادي سارة**

انّ تعليم الناس وتثقيفهم في حدّ ذاته ثروة كبيرة نعتز بها، فالعلم ثروة ونحن نبني المستقبل على أساس علمي

"عوادي ربيعة"

الإهداء

الحمد لله حبا وشكرا وامتنانا على البدء والختام، واخر دعواهم ان الحمد لله رب العالمين. بعد تعب ومشقة دامت خمسة سنوات في سبيل الحلم والعلم حملت في طياتها امنيات الليالي، واصبح عنائي اليوم للعين قرة. ها انا اليوم اقف على عتبة تخرجي اقطف ثمار تعبي وارفع قبعتي بكل فخر فاللهم لك الحمد قبل الرضا ولك الحمد اذا رضيت ولك الحمد بعد الرضا . لانك وفقتني على إتمام هذا النجاح وتحقيق الحلم....

وبكل حب اهدي ثمرة نجاحي وتخرجي

الى من جعل الله الجنة تحت اقدامها، واحتضنني قلبها قبل يديها وسهلت لي الشدائد بدعائها

الى القلب الحنون والشمعة التي كانت لي في الليالي المظلمات سر قوتي ونجاحي جنتي

أمي الحبيبة

الى من زين اسمي باجمل الألقاب. الى من علمني ان الدنيا كفاح وسلاحها العلم والمعرفة. داعمي وسندي وقوتي فخري واعتزازي

أبي العزيز

الى ملائكة رزقني الله بهن الأعزاء من خلالهن طعم الحياة الجميلة، تلك الملائكة الاتي غيرن مفاهيم الحب والصداقة والسند في حياتي **اخواتي**

إلى **الاخوات** اللواتي لم تلدهن امي...الى من كانو كنز للوفاء والعطاء

صديقاتي كيدار سامية هند ميطو

انّ تعليم الناس وتثقيفهم في حدّ ذاته ثروة كبيرة نعتز بها، فالعلم ثروة ونحن نبني المستقبل على أساس علمي

"للع عائشة"

الشكر والعرفان

الحمـــد لله رب العالميــن والصلاة والسـلام على سيد الخلق أجمعيـن رسولنــا النبـي الاكرم الامين ﷺ وعلى أله وصحبــه أجمعيــن

الحمد والشكر لله الذي وفقنا وأعاننا لإنجاز هذه المذكرة والوصول لمنزلة العلم هذه، بالبدء نتقدم بجزيل الشكر والامتنان والعرفان للأستاذة والدكتورة

" همامي هادية"

لاقتراحها موضوع البحث ولما قدمته لنا من الدعم العلمي والتشجيع طوال مدة انجاز البحث فكانت خير مؤطر وموجه نسأل الله ان يرزقها كل الخير ويزيدها من علمه وفضله ويرزقها العمل به.

كما نتقدم أيضا بأجمل عبارات الشكر والامتنان والتقدير للأستاذة والدكتورة

" زيغود سمية"

ولما قدمته لنا من الدعم العلمي والمعرفي ومساعدتها لنا في هذا العمل المتواضع نسأل الله تعالى ان يرزقها كل الخير والتوفيق في علمها والعمل به

اما بعد نتقدم بأسمى عبارات الشكر والتقدير والاحترام للجنة المناقشة شكرا لكم أساتذتنا الكرام

ويطيب لنا أن نتقدم بالشكر الجزيل والامتنان لجميع العاملين في قسم هندسة الطرائق وبوجه الخصوص إلى كل الاساتذة لدورهم وتوجيههم لنا في مسيرتنا العلميـة خلال الخمس سنوات شكرا لكم.....

وفي النهايـة الشكر الوافر لمن شاركنا مقاعد الدراسة لجميع طلبة علوم وتكنولوجيا وتخصص هندسة كيميائية خاصة وفقهم الله.

شكرا

قائمة الرموز والاختصارات

الاختصار	المقصد
IBM	شركة الآلات التجارية الدولية (IBM)
Xe	Xenon
Ni	النيكل
NM	مواد نانوية
Al_2O_3	أكسيد الألومنيوم
NPs	جسيمات نانوية
AuNPs	جسيمات نانوية ذهبية
AgNPs	جسيمات نانوية فضية
Fe_3O_4NPs	جسيمات نانوية من أكسيد الحديد
NPs Cu	جسيمات نانوية نحاسية
ALNPs	Amino Lipid Nanoparticles
SiO_2	ثاني أكسيد السيليكون
SiO_4	ثاني أكسيد السيليكون رباعي الأوجه
H_2O	أول أكسيد ثنائي الهيدروجين (الماء)
$Si(OH)_4$	حمض السيليك
Na_2SO_4	كبريتات الصوديوم
H_2SO_4	حمض الكبريتيك
Na_2SiO_3	ميتاسيليكات الصوديوم
pH	درجة الحموضة (pH)
$(HO)_3SiOH_2$	Orthosilicic Acid
D3	شبكة ثلاثية الأبعاد
$SiCl_4$	رباعي كلوريد السيليكون
O_2	غاز الأكسجين
H_2	غاز الهيدروجين
HCL_2	حمض الهيدروكلوريك
Si-O	أكسيد السيليكون
PKS	قشرة نواة النخيل
NWA	الوزن الطبيعي بالنسبة للعمر
LWA	انخفاض الوزن بالنسبة للعمر
SiF3-2	أيون ثلاثي فلوروسيليكات
-SiF6	أيون سداسي فلوروسيليكات
TEOS	Tetraethyl Orthosilicate
SEM	مجهر إلكتروني ماسح
EDS	مطيافية الأشعة السينية المشتتة للطاقة
HCl	حمض الهيدروكلوريك
Sol-Gel	تقنية سول -جل
TMCS	ثلاثي ميثيل كلورو سيلان
HNO_3	حمض النيتريك
ACC	كربونات الكالسيوم غير المتبلورة
SiO_2Cl_2	أكسيد ثنائي كلوريد السيليكون
NPs	جسيمات نانوية
GS	خالي من سلفات الجنتاميسين
NH_2SiO	أمينوسيلان
FTIR	مطيافية الأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه
KBr	بروميد البوتاسيوم
TEM	مجهر إلكتروني نافذ

قائمة الرموز والاختصارات

رماد قش الأرز	**RHA**
جسيمات نانوية من السيليكون	**Si-NPs**
أزرق الميثيلين	**MB**
أكسيد الحديد الثلاثي	**Fe_3O_4**
أيون النحاس الثنائي	**Cu^{+2}**
جسيمات نانوية من السيليكا المسامية	**MSNs**
مرض فيروس كورونا 2019	**COVID-19**
ليوسين-ليوسين-37	**LL-37**
جسيمات شبيهة بالفيروسات	**VLPs**
بروتين سيكريشن بكتيري من النوع الثالث	**EspA**
تعدد أشكال النوكليوتيدات المفردة	**SNP**
سعة التبريد	**QQ**
حمض جادولينيوم-تترازاسيكلودوديكانيتيتراسيتيك	**Gd-DOTA**
عامل النمو الشبيه بالأنسولين	**IGF**
العلاج الضوئي الديناميكي	**PDT**
الألومنيوم	**Al**
اللجنة العلمية لسلامة المستهلكين	**SCCS**
كيان كيميائي جديد	**NCE**
مادة سانتا باربرا غير المتبلورة رقم 15	**SBA-15**
نانو-سيليكا	**NS**
أنواع الأكسجين التفاعلية	**ROS**
أيون البوتاسيوم	**K^+**
الصوديوم	**Na**
الزنك	**Zn**
المنغنيز	**Mn**
البوتاسيوم	**K**
الفسفور	**P**
الحديد	**Fe**
المغنيسيوم	**Mg**
أيون الصوديوم	**Na^+**
الزرنيخ	**As**
هيدروكسيد البوتاسيوم	**KOH**
التحليل الطيفي للأشعة الانتشارية	**EDX**
طيف الأشعة السينية	**XRD**
الميكروسكوب الذري للقوه	**AFM**
تحليل سطحي	**BET**
توزيع الحجم الديناميكي	**DLS**
سيليكات الصوديوم	**$Na\ SiO_4$**
برنامج احصائي لتحليل البيانات	**SPSS**
Hexadecyl trimethyly ammonium bromide	**CTAB**
رماد الذرة	**CCA**
حمض الفلوريد	**HF**
الافلاتوكسين	**AFB1**
Ultraviolet-Visible	**UV-Visible**
Polyethylene Glycol	**PEG**
استرات ميثيل الأحماض الدهنية	**FAME**
أكسيد النحاس	**CuO**
أكسيد المنغنيز (الرباعي)	**Mn_3O_4**

قائمة الرموز والاختصارات

أكسيد المغنيسيومNiO	**MgO**
أكسيد النيكل	**NiO**
أكسيد الكالسيوم	**CaO**
Brunauer-Emmett-Teller	**BET**
Thermogravimetric Analysis/Differential Thermogravimetric Analysis	**TG/DTG**
Computational Fluid Dynamics	**CFD**
Chloride de Ammonium	**NH4Cl**
Carbonate de Calcium Nanoparticules	**CC NPs**
كربونات الكالسيوم	**$CaCO_3$**
نوع من أنواع بكتيريا	**Bacilus cereus**
Escherichia	***E. coli***
Staphylococcus aureus	***S. aureus***
Pseudomonas aeruginosa	***P. aeruginosa***
Bio-Inspired Scalable Chemical Oscillator-6	**BiSCaO-6**
bio-Inspired Scalable Chemical Oscillator-2000	**BiSCaO-2000**
(2-Sulfosuccinyl) pyridine-Calcium Hydroxide	**(2SSP-Ca) OH**
(0/2-Sulfosuccinyl) pyridine-Calcium Hydroxide	**(0/2SSP-Ca) OH**
ثنائي أكسيد النتروجين	**NO_2**
نترات	**NO_3**
أكسيد الكالسيوم المكلس	**Lim CAO**
Bio-Inspired Scalable Chemical Oscillator-6/0	**BiSCaO-6/0**
Bio-Inspired Scalable Chemical Oscillator-2000/0	**BiSCaO-2000/0**
التحليل الوزني الحراري/المسح الحراري التفاضلي	**TG/DS**
كربون-أكسجين	**C-O**
كربون-نيتروجين	**C-N**
خلايا HepG2	**HepG2**
هيدروكسيد الصوديوم	**NaOH**
التصوير بالرنين المغناطيسي	**MRI**
كلوريد الكالسيوم	**$CaCl_2$**
هيدروكسيد الكالسيوم	**$(Ca(OH)_2$**
كلوريد الكالسيوم	**NaCl**
التحليل الحراري التوزيعي	**TGA**
تحليل الانبعاثات الفلورية للأشعة السينية	**XRF**
جسيمات كربونات الكالسيوم النانوية	**CCNPs**
جسيمات نانوية من أكسيد الكوبالت	**CONPs**
مول	**mol**
غرام	**g**
سنتيمتر مكعب	**Cm^3**
نانومتر	**Nm**
النسبة المئوية	**%**

قائمة المعادلات

قائمة المعادلات		
الرقم		الصفحة
الفصل الثاني		
1	$Na_2SiO_3 + H_2O + H_2SO_4 \rightarrow Si(OH)_4 + Na_2SO_4$	33
2	$2H_2 + 2O_2 + 2SiCl_4 \rightarrow 2SiO_2 + 4HCl_2$	34
الفصل الثالث		
1	$(CaCO_3+(s) +2HCl(aq)\rightarrow CaC_2(aq)+H_2O(l)+CO_2(g)$	62
2	$CaCl_2+(aq) +2NaOH(aq)\rightarrow Ca(OH)_2(s)+2NaCl(aq)$	62
3	$CaO(s) + H_2O(l) \rightarrow$ الحرارة $+ Ca(OH)_2(s)$	62

قائمة الجداول

قائمة الجداول		
الجدول		**الصفحة**
الفصل الأول		
الجدول (1.I)	مبادئ ومميزات تقنية النانو	**10**
الجدول (2.I)	مجموعة من العناصر الكيميائية في شكل نانو	**23**
الجدول (3.I)	تصنيف الجسيمات النانوية	**25**
الجدول (4.I)	الجسيمات الصديقة للبيئة	**26**
الفصل الثاني		
الجدول (1.II)	الخواص الفيزيائية للسيليكا البلورية وغير البلورية	**35**
الفصل الثالث		
الجدول (1.III)	الخصائص الفيزيائية لأكسيد الكالسيوم	**60**
الجدول (2.III)	بعض الطرق الكيميائية لتخليق الجسميات النانوية لأكسيد الكالسيوم	**63**

قائمة الأشكال

الشكل		الصفحة
الفصل الأول		
الشكل I.1	كاس الملك الاغريقي لايكورجوس.	**6**
الشكل I.2	السيف الدمشقي.	**7**
الشكل I.3	المعالجة الذرية الاولى بكتابة الرسالة الذرية (IBM) المكونة من ذرة Xe على سطح المادة Ni (110)	**8**
الشكل I.4	الخصائص البصرية للجزيئات النانوية من الذهب الغرواني والفضة.	**11**
الشكل I.5	تأثير الحصر الكمي على تجزئة مستوى الطاقة وتوسع فجوة النطاق في أشباه الموصلات.	**12**
الشكل I.6	قانون الاختلاف للصلابة العادية وصلابة الخدش مع زيادة درجة.	**13**
الشكل I.7	الخصائص المغناطيسية للجسيمات النانوية.	**14**
الشكل I.8	بعض تطبيقات النانو في الطب.	**15**
الشكل I.9	صور أشكال المواد النانوية.	**17**
الشكل I.10	الجسيمات النانوية المستخدمة في مجال الزراعة.	**18**
الشكل I.11	أبعاد الجسيمات النانوية.	**22**
الشكل I.12	صور أشكال المواد النانوية.	**23**
الشكل I.13	بعض أنواع الجسيمات الصديقة للبيئة.	**26**
الفصل الثاني		
الشكل II.1	بنية السيليكا.	**32**
الشكل II.2	هيكل السيليكا المتبلورة وغير المتبلورة.	**33**
الشكل II.3	أهم المصادر الطبيعية للاستخراج السيليكا.	**36**
الشكل II.4	استخلاص السيليكا من رماد قشر الأرز.	**36**
الشكل II.5	أهم الطرق المستعملة لتوليف الجسميات النانوية لسيليكا.	**39**
الشكل II.6	أهم الطريق الكيميائية لتصنيع السيليكا.	**41**
الشكل II.7	تحضير جسيمات السيليكا النانوية ومحلول السيليكا-جنتاميسين ذو البنية النانوية بواسطة التخليق بمساعدة الميكروويف.	**43**
الشكل II.8	تطبيقات السيليكا والنانو سيليكا	**45**
الشكل II.9	السيليكا في مستحضرات التجميل.	**46**

الشكل10.II	تطبيقات جسيمات السيليكا النانوية في الأسمنت والخرسانة.	**46**
الشكل11.II	النانو سيليكا في مجال الطب.	**47**
الشكل12.II	الاستخدام المحتمل لـ Si-NP في الزراعة.	**48**
الشكل13.II	التركيب البكتيري وآلية المقاومة.	**50**
الشكل14.II	التطبيقات الطبية الحيوية لجسيمات السيليكا.	**50**
	الفصل الثالث	
الشكل1.III	مخطط لعملية تصنيع الجسيمات النانوية بطريقة الكربنة.	**63**
الشكل2.III	بعض تطبيقات أكسيد الكالسيوم النانوي.	**67**
الشكل3.III	تطبيقاتCaO النانوي في الطب.	**68**
الشكل4.III	تمثيل تخطيطي للآلية المقترحة لجزيئات CaO-NPs في النشاط المضاد للبكتيريا.	**70**

الفهرس

العنوان	الصفحة
الإهداء	
شكر وعرفان	
قائمة الرموز والاختصارات	
قائمة المعادلات	
قائمة الجداول	
قائمة الأشكال	
الفهرس	
المقدمة العامة	1
الفصل الأول: تكنولوجيا النانو	
I .1.نبذة تاريخية لتطور تقنية النانو	6
I .2.علم النانو	8
I .1.2.مصطلح النانو Nano	8
I .2.2.مفهوم علم النانو Nanoscience	9
I .3.2.مقياس النانو	9
I .3.تقنية النانو تعريفا	9
I .4.مبادئ تكنولوجيا النانو ومميزاتها	9
I .5.خصائص الجسيمات النانوية	10
I .1.5.الخصائص البصرية	11
I .2.5.الخصائص الإلكترونية	12
I .3.5.الخصائص الميكانيكية	12
I .4.5.الخصائص المغناطيسية	13
I .5.5.الخصائص الحرارية	14
I .6.تطبيقات الجسيمات النانوية	15
I .1.6.تطبيقات الجسيمات النانوية في مجال الطب	15
I .1.1.6.توصيل الدواء	16
I .2.1.6.التصوير البيولوجي	16
I .3.1.6.علاج السرطان	16
I .4.1.6.هندسة الانسجة	16

I .2.6.تطبيقات الجسيمات النانوية في مجال الزراعة	17
I .1.2.6.تقليل التلوث البيئي	17
I .2.2.6.الأسمدة ونمو النبات	18
I .3.2.6.سلامة الأغذية	18
I .4.2.6.تنقية المياه	18
I .3.6.تطبيقات الجسيمات النانوية في مجال البيئة	19
I .1.3.6.التقنية البيولوجية	19
I .2.3.6.المستشعرات البيئة	19
I .3.3.6.محفزات كيميائية	19
I .4.3.6.إنتاج الوقود الحيوي	19
I .4.6.تطبيقات الجسيمات النانوية في صناعة الدفاع	20
I .7.المواد النانوية	21
I .1.7.تعريف المواد النانوية	21
I .2.7.تصنيف المواد النانوية	21
I .1.2.7.مواد نانوية أحادية البعد	22
I .2.2.7.مواد نانوية ثنائية البعد	22
I .3.2.7.مواد نانوية ثلاثية البعد	22
I .3.7.اشكال المواد النانوية	23
I .4.7.أنواع المواد النانوية	23
I .8.الجسيمات النانوية	24
I .1.8.تعريف الجسيمات النانوية	24
I .2.8.تصنيف الجسيمات النانوية	25
I .3.8.أنواع الجسيمات النانوية الصديقة للبيئة	25
قائمة المراجع	28
الفصل الثاني: دراسات سابقة: النانو سيليكا- SiO_2	
II .1.تعريف السيليكا	31
II .2.أنواع السيليكا	32
II .1.2.السيليكا غير المتبلورة	32
II .2.2.السيليكا المتبلورة	32

II .3.2.هلام السيليكا	33
II .4.2.السيليكا المترسبة	33
II .5.2.السيليكا الغروية	34
II .6.2.السيليكا المدخنة	34
II .3.خصائص السيليكا	34
II .1.3.الخصائص الكيميائية	34
II .2.3.الخصائص الفيزيائية	34
II .4.مصادر السيليكا وجسيماتها النانوية	35
II .1.4.المخلفات الزراعية	35
II .1.1.4.رماد قشر الأرز	36
II .2.1.4.رماد قصب السكر	37
II .3.1.4.كوز الذرة	37
II .4.1.4.قشرة نواة النخيل (PKS)	37
II .2.4.المخلفات الصناعية	37
II .1.2.4.الطين والمعادن	38
II .2.2.4.رمل الكوارتز (رمل السيليكا)	38
II .5.الطرق المعتمدة في تصنيع السيليكا وجسيماتها النانوية	38
II .1.5.الطرق البيولوجية	39
II .1.1.5.استخدام الفطريات والديدان	39
II .2.1.5.تخمير الخلايا الحية	39
II .3.1.5.استخدام البكتيريا	39
II .4.1.5.استخدام الطحالب	39
II .5.1.5.استخدام المستخلصات النباتية	40
II .6.1.5.استخدام التفاعلات الأنزيمية	40
II .2.5.الطرق الكيميائية	40
II .1.2.5.طريقة سول-جل	41
II .2.2.5.المعالجة القلوية (سول-جل)	41
II .3.2.5.الترشيح الكيميائي (المعالجة الكيميائية)	42
II .4.2.5.طريقة الترسيب المشترك	42

II .5.2.5.طريقة الأوتوكلاف ذو الضغط العالي	42
II .6.2.5.الطريقة الكيميائية الرطبة : تفاعلات التحلل المائي والتكثيف	43
II .7.2.5.طريقة التصنيع بمساعدة الميكروويف	43
II .8.2.5.المعالجة الحرارية	43
II .3.5.الطرق الفيزيائية	43
II .1.3.5.طريقة تكثيف البخار والتقطير	44
II .2.3.5.طريقة السحق الفيزيائي	44
II .3.3.5.طريقة الطحن الكروي الميكانيكي	44
II .4.3.5.طريقة الرش بالأيونات	44
II .6.تطبيقات السيليكا والنانو سيليكا	44
II .1.6.تطبيقات السيليكا في مجال الصناعة	45
II .1.1.6.السيليكا في مجال صناعة الأغذية	45
II .2.1.6.السيليكا في مجال صناعة مستحضرات التجميل	45
II .3.1.6.السيليكا في مجال صناعة مواد البناء	46
II .2.6.تطبيقات السيليكا في مجال الطب	46
II .1.2.6.توصيل الأدوية	47
II .2.2.6.زراعة الأسنان الطبية	47
II .3.6.تطبيقات السيليكا في البيئة	47
II .4.6.تطبيقات السيليكا في مجال الزراعة	48
II .7.التطبيقات البيولوجية	48
II .1.7.تنقية الجزيئات الحيوية	49
II .2.7.تغليف الطعام	49
II .3.7.نشاط مضادات للمكروبات	49
II .4.7.نظام توصيل الأدوية	50
II .5.7.تسليم اللقاح	51
II .6.7.تطبيقات أخرى	51
التحديات وافاق البحث	51
قائمة المراجع	54
الفصل الثالث: دراسات سابقة-"أكسيد الكالسيوم CaO"	

III.1. تعريف أكسيد الكالسيوم	59
III.2. خصائص أكسيد الكالسيوم	59
III.3. مصادر تصنيع أكسيد الكالسيوم وجسيماته النانوية	60
III.3.1. قشر البيض	60
III.3.2. مصادر معدنية	61
III.4. طرق تصنيع أكسيد الكالسيوم النانوي	61
II .1.4.الطرق الكيميائية	61
III.1.4.1. طريقة سول – جل	61
III.1.4.2. طريقة الكربنة	62
III.1.4.3. طريقة المحفزات	63
III.2.4. الطرق الفيزيائية	65
III.2.4.1. طريقة الاحتراق	65
III.3.4. الطرق البيولوجية : استخدام المستخلصات النباتية	65
III.5تقنيات توصيف جسيمات أكسيد الكالسيوم النانوية:	66
III.6. تطبيقات أكسيد الكالسيوم النانوي	67
III.6.1. تطبيقات في مجال الطب	67
III.6.2. تطبيقات في البيئة	68
III.6.3 . تطبيقات في مجال الزراعة	68
III.6.4. تطبيقات في مجال الصناعة	69
III.7. تطبيقات بيولوجية	69
III.7.1. نشاط تسليم وتوصيل الادوية	69
III.7.2. نشاط مضاد للميكروبات والسرطانات	69
III.7.2.1. نشاط مضاد للفطريات	69
III.7.2.2. نشاط مضاد للبكتيريا	70
III.6.2.3. علاج اللب السني	71
III.6.2.4. تطبيقات في مجال المضادات الحيوية	71
التحديات والافاق المستقبلة للبحث	71
الفصل الرابع: دراسات سابقة	
IV. الدراسات السابقة	78

IV .1. النانو سيليكا (SiO_2)	78
IV .1. 1. الدراسة الأولى	78
IV .1. 2. الدراسة الثانية	79
IV .1. 3. الدراسة الثالثة	79
IV .1. 4. الدراسة الرابعة	80
IV .1. 5. الدراسة الخامسة	81
IV .1. 6. الدراسة السادسة	81
IV .1. 7. الدراسة السابعة	82
IV .8.1. الدراسة الثامنة	83
IV .1. 9. الدراسة التاسعة	84
IV .1. 10. الدراسة العاشرة	85
IV .1. 11. الدراسة الحاديا عشر	86
IV .12.1.الدراسة الثانية عشر	87
IV .1. 13. الدراسة الثالثة عشر	88
IV .1. 14. الدراسة الرابعة عشر	89
IV .1. 15. الدراسة الخامسة عشر	89
IV .2.أكسيد الكالسيوم (CaO)	90
2.VI . 1. الدراسة الأولى	90
2.VI . 2. الدراسة الثانية	91
2.VI . 1. الدراسة الثالثة	92
2.VI . 4. الدراسة الرابعة	93
2.VI . 5. الدراسة الخامسة	93
2.VI . 6. الدراسة السادسة	94
2.VI . 7. الدراسة السابعة	95
2.VI . 8. الدراسة الثامنة	96
2.VI. 9. الدراسة التاسعة	97
2.VI . 10. الدراسة العاشرة	98
2.VI . 11. الدراسة الحاديا عشر	99
2.VI . 12. الدراسة الثانية عشر	100

2.VI . 13. الدراسة الثالثة عشر	101
2.VI . 14. الدراسة الرابعة عشر	102
2.VI . 15. الدراسة الخامسة عشر	103
مراجع الفصل	104

المعجزة العامة

تقنية النانوتكنولوجيا هي مجال يهتم بدراسة وتطوير الأنظمة والأجهزة والمواد على نطاق النانومتر، أي بمقياس يتراوح بين 1 إلى 100 نانومتر، في هذا النطاق الصغير جدًا، تتحكم الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمواد بطرق تختلف تمامًا عن السلوك الذي نعرفه على مقياس أكبر [1, 2].

تتيح تقنية النانوتكنولوجيا إمكانيات هائلة في مجالات متعددة، بما في ذلك الطب، والإلكترونيات، ، الطاقة، البيئة، المواد، والتصنيع ، على سبيل المثال يمكن استخدام النانوتكنولوجيا في تصميم أدوية تستهدف الخلايا السرطانية بدقة أكبر مما يمكن الوصول إليه باستخدام التقنيات التقليدية، كما يمكن تطبيقها في تصنيع مواد أخف وأقوى وأكثر مرونة، مما يسهم في تطوير مواد جديدة للصناعات المتنوعة، تعتبر التقنية تحديًا أيضًا، حيث تواجه العديد من التحديات التقنية والأخلاقية والبيئية، مثل ضمان سلامة البيئة والصحة العامة، وتنظيم استخدامها وتطبيقاتها بطريقة مسؤولة[3, 4].

في ظل التقدم المستمر في مجال النانوتكنولوجيا، يتزايد الاهتمام بتطوير طرق تصنيع بسيطة وصديقة للبيئة للجسيمات النانوية، خاصة تلك المكونة من أكسيد السيليكون (SiO_2) وأكسيد الكالسيوم (CaO). هذه الجسيمات لها تطبيقات هامة في العديد من المجالات الصناعية ، الطبية ، البيئية، ويُعتبر تصنيعها بطرق مستدامة أولوية لضمان الحد من الأثر البيئي والحفاظ على الموارد الطبيعية[5].

حيث تتميز طرق التصنيع البسيطة بكونها تستخدم مواد خام متاحة ورخيصة، وغالبًا ما تكون متجددة، وذلك لإنتاج جسيمات نانوية عالية الجودة ، على سبيل المثال يمكن استخدام المواد النباتية والمعدنية والمخلفات الصناعية كمصادر أولية في تصنيع SiO_2 وCaO، مما يساهم في تقليل التكاليف وتعزيز الكفاءة الإنتاجية، من الضروري مراقبة الأنشطة البيولوجية للجسيمات النانوية المنتجة لضمان سلامتها وفعاليتها، يشمل ذلك دراسة تأثيراتها على الأنظمة البيولوجية والبيئية لتقييم مدى سميتها وتحديد الاستخدامات

الآمنة له،القدرة على تتبع ومراقبة تفاعلات هذه الجسيمات في البيئات الطبيعية يعد خطوة حاسمة نحو تطبيقها بشكل مستدام[6, 7].

حيث تشتمل الدراسة على أربعة فصول:

الفصل الأول: تكنولوجيا النانو.

الفصل الثاني: النانو سيليكا.

الفصل الثالث: أكسيد الكالسيوم CaO.

الفصل الرابع: دراسات سابقة لنانو سيليكا واكسيد الكالسيوم.

ختاما الخلاصة العامة حول هذه الدراسة والتي تعرض مدى تحقيق الأهداف المرجوة من الدراسة.

مراجع المقدمة العامة

[1] 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.

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

[3] P. Boisseau and B. Loubaton, "Nanomedicine, nanotechnology in medicine," *Comptes Rendus Physique*, vol. 12, pp. 620-636, 2011.

[4] S. Kargozar and M. Mozafari, "Nanotechnology and Nanomedicine: Start small, think big," *Materials Today: Proceedings*, vol. 5, pp. 15492-15500, 2018.

[5] H. Saleem, S. J. Zaidi, and N. A. Alnuaimi, "Recent advancements in the nanomaterial application in concrete and its ecological impact," *Materials*, vol. 14, p. 6387, 2021.

[6] V. Vaibhav, U. Vijayalakshmi, and S. M. Roopan, "Agricultural waste as a source for the production of silica nanoparticles," *Spectrochimica acta part A: Molecular and biomolecular spectroscopy*, vol. 139, pp. 515-520, 2015.

[7] D. Kulkarni, R. Sherkar, C. Shirsathe, R. Sonwane, N. Varpe, S. Shelke, *et al.*, "Biofabrication of nanoparticles: sources, synthesis, and biomedical applications," *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, vol. 11, p. 1159193, 2023.

الفصل الأول:

تكنولوجيا النانو

نعيش حاليا تطورا تكنولوجيا كبيرا على كافة الأصعدة والميادين، نجد أن تكنولوجيا النانو تجذب الإهتمام بشكل كبير بسبب استخدامها في مجموعة واسعة من الميادين والتخصصات العلمية، وذلك بسبب الحجم الفريد لمركبات نانوية الأبعاد، حيث تركز على دراسة وتطوير المواد والأنظمة على مقياس النانوي، تتيح تقنية النانو اكتشاف خصائص المواد على نطاق صغير جدا مما يفتح أبواب واسعة لتطبيقات متنوعة في مجالات (الطب، الزراعة والبيئة و....)[1].

I .1. نبذة تاريخية لتطور تقنية النانو:

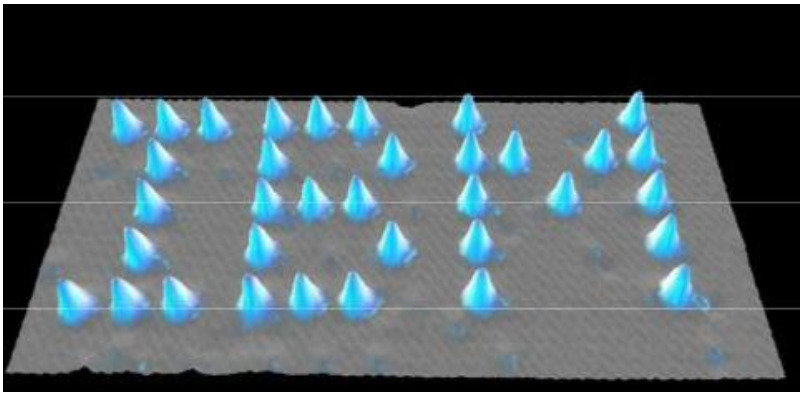
لا يوجد فعليًا متى بدأ الإنسان في استخدام المواد على نطاق واسع الاختلاف، ولكن من المعروف أنه تم استخدامه في صناعة الزجاج في الحضارة اليونانية، كما يشير إلى ذلك الكأس اليوناني الموجود في المتحف البريطاني الذي يعود إلى القرن الرابع (**الشكل (I- 1)**) ولكن تحديدًا واحدًا من أقدم العصور تطبيقات تقنية الزجاج المتنوعة في مجال المنتجات حيث تأثر لونه من الأخضر إلى الأحمر تبعاً لزاوية سقوط الضوء عليه، كما تم استخدام جسيمات النانو من الذهب والفضة في صناعته ممزوجة بالفضة، وقد استخدمت في العلوم الإسلامية حيث كانت السيوف الدمشقية الشهيرة بقوتها وصلابتها تحتوي على مواد نانوية" **الشكل (I-2)**[2, 3].

الشكل (I-1): كاس الملك الاغريقي لايكورجوس.

الشكل (I-2): السيف الدمشقي

- في عام 1867، قدم الفيزيائي جيمس ماكسويل فكرته المستقبلية للتحكم في حركة الذرات والجزيئات.
- في عام 1959، ألقى الفيزيائي الشهير ريتشارد فاينمان محاضرة بعنوان " مساحة كبيرة في القاع " في اجتماع الجمعية الفيزيائية الأمريكية في معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا، وفي هذه المحاضرة تفلسف حول إمكانية تحقيق أجهزة وآلات دقيقة، بالإضافة إلى تطوير طريقة لتحريك الذرات والجزيئات بشكل مستقل للوصول إلى الحجم المطلوب ولم يستخدم مصطلح تكنولوجيا النانو، بل وصفها بأنها تكنولوجيا مستقبلية للتحكم المباشر في الذرات والجزيئات وتعتبر محاضرته الاشارة الأولى والانطلاقة الفعلية لتقنية النانو ومن هنا بدأ التطور وتقدم تبعاً لذلك[3]:
- في عام 1974، تم تقديم مصطلح تكنولوجيا النانو من قبل البروفيسور الياباني Norio Taniguchi في محاضرة بجامعة طوكيو.
- خلال عام 1981، تم ابتكار جهاز الميكروسكوب النفقي المسحي Scanning Tunneling Microscope بواسطة العالمان *Gerd Binning* و *Heinrich Rohrer* في شركة IBM .
- في عام 1986، تم نشر أول كتاب عن المحركات الخلقية بتقنية النانو بواسطة العالم *K. Kric Drexler* وهو مجهر القوة الذرية.
- في عام 1990، بدأ العالم الفيزيائي *D.M. Eigler* حيث تم تحريك الذرات باستخدام جهاز Scanning Tunneling Microscope، وذلك عن طريق كتابة أول رسالة ذرية IBM تحتوي على

35 ذرة Xe خامة سطح Ni (110) تفتح هذه المعالجات آفاق جديدة لإمكانية تجميع الذرات المنفردة باستخدام لغة البرمجة الأساسية تراكيب نانوية دقيقة باستخدام الجهاز، مما أدى إلى ثورة علمية كبيرة في هذا المجال **الشكل (I-3)** [3].



الشكل (I-3): المعالجة الذرية الاولى بكتابة الرسالة الذرية (IBM) المكونة من ذرة Xe على سطح المادة Ni(110) .

❖ في عام 2000، تم إطلاق المبادلة الوطنية المزدوجة لتكنولوجيا النانو للمرة الأولى، المتنوعة ومنح جائزة *Feynman* في تقنية الاختلاف لتلبية احتياجات البروتينية وأنواعها.

❖ من عام 2005 إلى عام 2010، تم تطوير أنظمة النانو والشبكات ثلاثية الأبعاد ومنتجات النانو المتنوعة. في عام 2011 بدأت تقنية التطور التكنولوجي النانوي [4].

I.2. علم النانو:

I.2.1. مصطلح النانو Nano

نشأ مصطلح « نانو » من المصطلح اليوناني القديم « نانوس » ، الذي يشير إلى كيان صغير. في سياق القياسات، يشير النانو إلى جزء من المليار، وتحديدًا جزء من المليار من المتر أو جزء من المليون من المليمتر، يُعد النانومتر بمثابة وحدة الطول المستخدمة لقياس أبعاد الذرة، ويُرمز له بـ («NM»2008 *Leydecker*)، يعتبر المستوى النانومتر ضروريًا في مجال تكنولوجيا النانو [2].

I.2.2. مفهوم علم النانو Nanoscience:

يشير علم النانو إلى مجال الدراسة الذي يركز على فحص وتوصيف المواد على مستوى النانو، يشمل هذا التخصص تحليل سماتها الكيميائية والفيزيائية والميكانيكية، بالإضافة إلى استكشاف الظواهر ذات الصلة التي تنشأ بسبب أبعادها الضئيلة[2].

I.2.3. مقياس النانو:

مقياس النانو هو المدى المتعدد الذي يتراوح بين (1-100) نانومتر (0.1 نانو متر للأبعاد الذرية)[5].

I.3. تعريف تقنية النانو:

توجد لها عدة مفاهيم نذكر منها:

هو تطبيق مبادئ ومفاهيم الهندسة والعلوم في تصميم وانتاج موارد واجهزه مفيدة تعتمد على مستوى النانو، تقنيه النانو تشمل تكنولوجيا التطور في مجال أقل من 100 من مقياس النانو.

العلم والهندسة والتقنية التي تمكننا من التحكم المباشر في الذرات والجزيئات والهياكل الفيزيائية التي تقل عن 100نانومتر والتي تؤثر عليها بشكل مباشر من خلال مراقبة قياس ودراسة خصائصها الهامة (الفيزيائية والكيميائية والميكانيكية.....) ويمكن استخدام تطبيقاتها في مختلف المجالات العلمية [6].

I.4. مبادئ تكنولوجيا النانو ومميزاتها:

ندرج أهم مبادئ ومميزات تكنولوجيا النانو مبينة في **الجدول (I.1)**[7].

الجدول (1.I): مبادئ ومميزات تقنية النانو.

المبدأ	المميزات
القدرة على التحكم في البنية الداخلية للمادة من خلال تحريك ذراتها بدقة وإعادة ترتيبها	انشا مواد جديدة ومبتكرة وموجودة لان الذرة هي اللبنة الأساسية للمادة
تختلف الخواص الفزيائية والكيمائية للمادة عند المقياس النانوي مقارنة بخواصها عند الحجم الطبيعي	اكتشاف خصائص جديدة ومميزة للمواد يؤدي إلى اختراعات جديدة في مختلف المجالات التطبيقية
تقنية النانو تعتمد أساسا على فيزياء وكيمياء الأحياء والهندسة والكهرباء والالكترونيات	هناك ترابط بين التخصصات والمجالات العلمية المختلفة مما يشجع الجميع للدخول فيها والتعاون فيما بينها
القدرة على التحكم في جزيئات المواد والآلات وتنقيتها من الشوائب وكذلك تخليصها من العيوب	تصبح خصائص المواد والآلات أفضل عندما تصبح أصغر حجما وأخف وزنا وأقوى وأسرع وأرخص وأكثر كفاءة في استخدام الطاقة
تعتمد تقنية النانو على الأبحاث التطبيقية علميا في شكل اختراعات وتطبيقات مفيدة	تحول الخيال العلمي إلي واقع ملموس وحقيقي

5.I. خصائص الجسيمات النانوية:

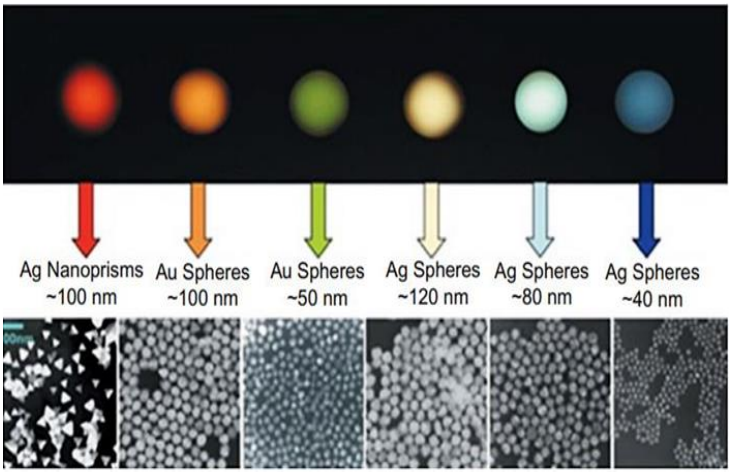
تمت دراسة الخصائص المعتمدة على الحجم والمتعلقة بالجسيمات النانوية والمواد النانوية على نطاق واسع، ومع ذلك، لا يزال هناك حاجة لتوضيح الخصائص التحفيزية المعتمدة على الشكل بطريقة أكثر شمولًا. يتغير تفاعل الجسيمات النانوية ويتحول بسبب التغيرات في حجمها، حيث تصبح نقطة انصهار الطور النانوي أقل بشكل ملحوظ مقارنة بأقسامها الأكبر، وتتغير لونها بسبب التغير في الحجم، يؤثر الحجم المحدد للجسيم على التوزيع الفضائي للإلكترونات، مما يؤدي إلى تشكيل مستويات طاقة كمية نتيجة لتأثير الحجم، يُظهر هذا التأثير للحبس الكمومي تطبيقات متعددة في المجالات مثل: البصريات غير الخطية وأشباه الموصلات والإلكترونيات الضوئية، تظهر هذه الجسيمات النانوية بعض الظواهر الفريدة التي سيتم مناقشتها بإيجاز أدناه[8].

I.1.5. الخصائص البصرية:

عند تقليل حجم المادة إلى النانومتر، يحدث الحبس الكمومي للشحنات، مما يؤدي إلى تشكيل مستويات طاقة منفصلة، كما ينتج تغيير في لون المادة وظهور ظاهرة رنين البالزمون السطحي، حيث يصبح التباعد بين مستويات الطاقة بارزًا للغاية[9].

تتأثر الخصائص البصرية للمواد النانوية بشكل كبير بحجم الجسيمات وشكلها، فعلى المستوى النانوي تتفاعل الجسيمات بشكل مختلف مع الضوء مقارنة بالمواد السائبة، وتظهر خصائص بصرية مميزة **الشكل (4-I)**.

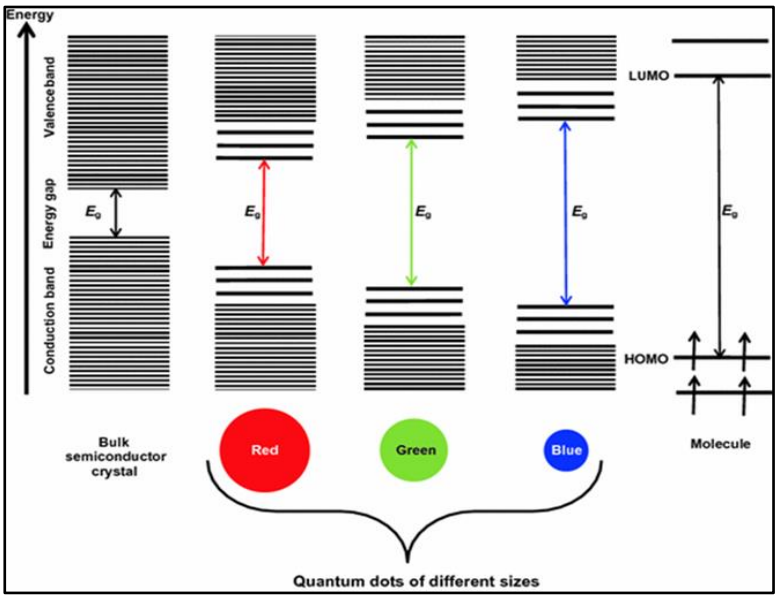
تمثل المواد النانوية فرصة لضبط طول الموجة للإشعاع الضوئي، مما يعزز التطبيقات المحتملة في المجالات مثل: الإلكترونيات الضوئية وأجهزة الاستشعار البصرية، شهدت الأبحاث الحديثة تركيزًا متزايدًا على تحضير وتوصيف الجسيمات النانوية والمواد المركبة النانوية، مما يعزز فهمنا للخصائص البصرية وتوسيع نطاق التطبيقات المحتملة[9].



الشكل (I-4): الخصائص البصرية للجزيئات النانوية من الذهب الغرواني والفضة.

I.2.5. الخصائص الإلكترونية:

تمتلك المواد النانوية خصائص إلكترونية تعتمد على حجمها وبنيتها، مما يجعلها مثيرة للاهتمام في تصميم الأجهزة الإلكترونية النانوية. تتضمن هذه الخصائص الكهربائية مثل: الموصلية والمقاومة، ويمكن التحكم فيها عن طريق تغيير حجم الجسيمات النانوية، يتأثر التوصيل الكهربائي بالتركيب الإلكتروني للمواد النانوية، ويمكن تحويل بعض المواد الموصلة إلى عوازل عند تقليل حجمها (**الشكل (I-5)**)، هناك عوامل مثل الشوائب وحجم الحبيبات تؤثر أيضًا على الخصائص الكهربائية، و تقدم المواد النانوية مجموعة واسعة من الخصائص الجديدة والتطبيقات المحتملة، ومع ذلك ينبغي مراعاة المخاطر البيئية والصحية المحتملة للاستفادة منها بطريقة مستدامة[10].

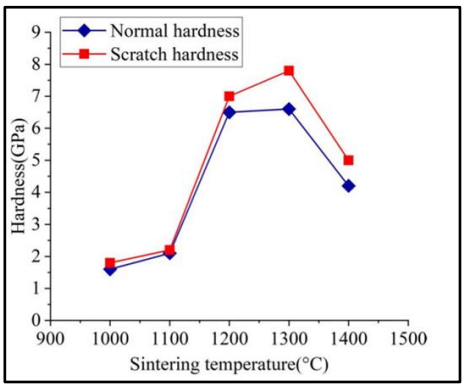


الشكل (I-5): تأثير الحصر الكمي على تجزئة مستوى الطاقة وتوسع فجوة النطاق في أشباه الموصلات.

I.3.5. الخصائص الميكانيكية:

تتكون الخصائص الميكانيكية للمواد من عدة جوانب مثل الهشاشة، القوة، اللدونة والصلابة، المتانة وقوة التحمل والمرونة وإجهاد الخضوع (**الشكل (I-6)**)، تمتاز المواد النانوية بخصائص ميكانيكية ممتازة

نتيجة تأثير الحجم والتأثيرات السطحية والكمية للجسيمات النانوية، ويمكن أن تحسن الجسيمات النانوية الخصائص الميكانيكية للمواد من خلال تحسين حدود الحبيبات وتشكيل بنية داخل الحبيبات أو بينها. تتأثر الخواص الميكانيكية بعوامل مثل النوع والتوزيع وحالة التكتل والتشتت والبنية البلورية ومساحة السطح وكيمياء السطح، باستخدام التقنيات المبتكرة والمعالجة المناسبة، يمكن تحسين الخواص الميكانيكية للمواد النانوية وخلق منتجات جديدة محسنة لمختلف التطبيقات الصناعية[10].



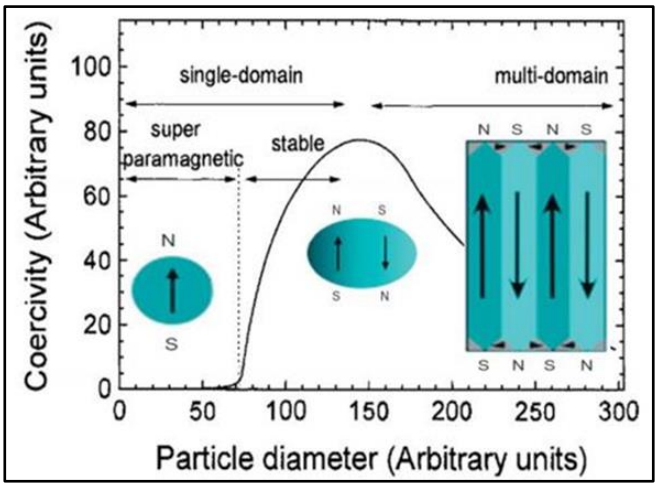
الشكل (I-6): قانون الاختلاف للصلابة العادية وصلابة الخدش مع زيادة درجة حرارة التصليد.

I.4.5. الخصائص المغناطيسية:

تتميز المواد المغناطيسية على المقياس النانوي بسلوك فريد يختلف عن الحالة الطبيعية الكبيرة، حيث يتغير سلوك الخواص المغناطيسية مثل التمغنط والخاصية الاتجاهية نتيجة لتقليص حجم الجسيمات وحركة الإلكترونات المحصورة.

يعزى التغير في الخواص المغناطيسية للمواد النانوية إلى كسر التناظر، والتأثيرات السطحية، وزيادة الإلكترونات على السطح، و يستخدم المواد المغناطيسية النانوية على نطاق واسع في التطبيقات الطبية والتخزين الإلكتروني وعزل الخلايا والتشخيص الطبي، تتفاوت خصائص المواد المغناطيسية النانوية بسبب تأثيرات السطح والبيئة الإلكترونية ونقل الشحنة والتفاعل المغناطيسي، مما يجعلها تظهر مجموعة متنوعة من السلوك غير المألوف مقارنة بالمواد السائبة، و تعتمد الخواص المغناطيسية للمواد النانوية على بنية

المجال المغناطيسي للمواد المغناطيسية (**الشكل (I-7)**)، حيث تظهر الجسيمات ذات المجال الفردي سلوكًا مغناطيسيًا موحدًا بينما تظهر الجسيمات ذات المجالات المتعددة سلوكًا غير منتظم، قد تصبح المواد النانوية مغناطيسية فائقة، حيث تعكس جزيئات النانو سلوكًا فائقًا بفعل التأثيرات السطحية والتأثير المغناطيسي الحرج[10].



الشكل (I-7): الخصائص المغناطيسية للجسيمات النانوية[10].

I .5.5.الخصائص الحرارية:

المواد النانوية تظهر موصلية حرارية أعلى بكثير من السوائل العادية في حالتها الصلبة، حيث تكون موصلية الحرارة للنحاس في درجة حرارة الغرفة أكبر بنحو 700 مرة من تلك للماء وحوالي 3000 مرة أكبر من تلك لزيت المحرك، حتى الأكاسيد مثل ألومينا (Al_2O_3) تظهر موصلية حرارية أعلى من الماء. الموائع النانوية، التي تتكون من تشتيت جسيمات صلبة بحجم نانوي في سوائل مثل الماء أو زيت الديزل، يمكن أن تعرض خواص موصلية حرارية متقدمة بشكل كبير مقارنة بالسوائل العادية، تظهر الموائع النانوية خواص موصلية حرارية فائقة بفضل انتقال الحرارة على سطح الجزيئات، ويفضل استخدام جسيمات ذات مساحة سطح كبيرة لزيادة كفاءة انتقال الحرارة[11].

تتميز الجسيمات النانوية بخصائص فريدة تجعلها مواد مثيرة للاهتمام في مجالات متعددة، متفوقة بفضل حجمها الصغير وتأثيرات السطح، تلعب هذه الخصائص دورًا مهمًا في تطبيقات متنوعة مثل الطب، والصناعة، والإلكترونيات، والطاقة ، ومع ذلك يتطلب استخدام الجسيمات النانوية فهمًا دقيقًا لخصائصها وتأثيراتها على البيئة والصحة العامة، مما يتطلب بحثًا ودراسات إضافية لضمان استخدامها بشكل آمن وفعال في المستقبل[11].

I.6. تطبيقات الجسيمات النانوية:

مع تطور التكنولوجيا النانوية وتميزها بمختلف الخصائص، تم اكتشاف أن تكنولوجيا الجسيمات النانوية تتمتع بإمكانيات كبيرة يمكن الاستفادة منها في العديد من المجالات المختلفة كالفلاحة، الصحة، والصناعة كما هو موضح في **الشكل (I-8)** .

الشكل (I-8): بعض تطبيقات الجسيمات النانوية.

I.1.6. تطبيقات الجسيمات النانوية في مجال الطب:

من أهم الميزات التي أدت إلى بروز استخدام الجسيمات النانوية (NPs) في مجال الطب تميزها بخصائص فيزيائية وكيميائية وذلك بفضل حجمها الصغير. فقد تنوع استخدام الجسيمات النانوية في هذا المجال بين أنظمة التشخيص وتصوير الأشعة والخلايا وغيرها [12].

I.1.1.6. توصيل الدواء:

استعملت الجسيمات النانوية (NPs) في الادوية، وذلك في تحديد الجرعات الدقيقة لتقليل الآثار الجانبية.

I.2.1.6. التصوير البيولوجي:

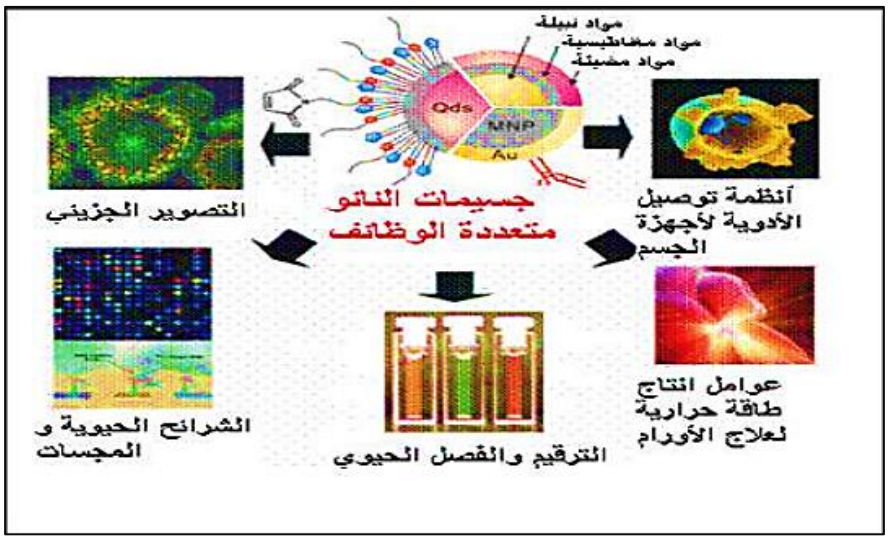
أدت الخصائص البصرية للجسيمات النانوية إلى تطور التصوير البيولوجي، مكنت كذلك من حساب خواص الاحتراض البصري للجسيمات النانوية مثل الجسميات النانوية للذهب (AuNPs) والفضة (AgNPs)، وبعض الحسابات الأخرى مثل حسابات خواص الامتصاص والتشتت لهذه الاخيرة[12].

I.3.1.6. علاج السرطان:

استعملت جسيمات الذهب في هذا المجال في الكشف الكيميائي وعلاج السرطان، ولديها القدرة على التحكم في إطلاق الدواء المرتبط بالجسيمات النانوية ويكون ذلك بطريقتين الأولى الإطلاق المستمر والثانية الاستجابة التحفيزية، على سبيل المثال الاستجابة لحساسية الحموضة والأنزيمات.

I.4.1.6. هندسة الأنسجة:

طبقت الجسيمات النانوية لأكسيد الحديد (Fe_3O_4NPs) لتصوير الرنين المغناطيسي للمساعدة على رؤية الأعضاء والأنسجة، في جانب آخر من جوانب الطب تم اكتشاف أن للجسيمات النانوية أهمية في هندسة الأنسجة فهي تساعد على تحفيز وإصلاح الأنسجة والأعضاء (**الشكل (I-9)**)[13].



الشكل (I-9): بعض تطبيقات النانو في الطب[14].

I.2.6. تطبيقات الجسيمات النانوية في مجال الزراعة:

عند التحدث عن تأثير الجسيمات النانوية في مجال الزراعة، فإننا نجد ذلك الأثر في عدة جوانب متنوعة من هذا المجال.

I.1.2.6. تقليل التلوث البيئي:

تساعد الجسيمات النانوية في التقليل من التلوث البيئي، ويتحقق ذلك باستخدام الجسيمات النانوية في توصيل المبيدات الحشرية والعشبية بطريقة مستهدفة وذلك للتقليل من عدد المواد الكيميائية، على سبيل المثال فإن الجسيمات النانوية للفضة (AgNPs) والنحاس (NPs Cu) تمتلك خصائص مضادة للبكتيريا

تفيد في التحكم في الآفات والأمراض التي تصيب المحاصيل وتستعمل هذه الأخيرة كأنظمة توصيل للمكونات النشطة.

I.2.2.6. الأسمدة ونمو النبات:

عند التطرق لجانب الأسمدة ونمو النبات، فالأسمدة النانوية إضافة جيدة جدا فهده الأسمدة أكثر فعالية من الأسمدة التقليدية، فبفضل الجسيمات النانوية يمكن التحكم في إطلاق المواد الغذائية فينتج عن ذلك فعالية أكبر للامتصاص عند النبات[15].

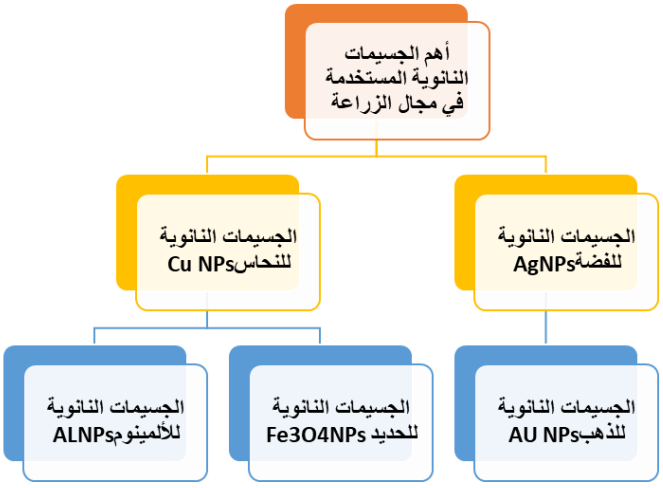
تمتلك الجسيمات النانوية للذهب (AuNPs)، الفضة (AgNPs)، النحاس (Cu NPs)، الألومينيوم (AlNPs) والحديد (Fe_3O_4NPs) خصائص تسميديه لتعزيز نمو النبات[15].

I.3.2.6. سلامة الأغذية:

تساهم الجسيمات النانوية في السلامة الغذائية ويتحقق دلك باكتشاف العوامل الممرضة في المواد الغذائية والقضاء عليها[16].

I.4.2.6. تنقية المياه:

تستعمل الجسيمات النانوية في تنقية مياه الري، فتقل المخاطر ويتحسن المنتوج الزراعي وسلامة الغداء وتتحقق الجودة المطلوبة لمنتجات الطعام[17].



الشكل (I-10): الجسيمات النانوية المستخدمة في مجال الزراعة.

I.3.6. تطبيقات الجسيمات النانوية في مجال البيئة:

إن الحجم الصغير للجسيمات النانوية وخصائصها الفيزيوكيميائية جعل لها استخداما واسعا في المجال البيئي، ونذكر بعضها فيما يلي[18]:

I.1.3.6. التقنية البيولوجية:

في التقنية البيولوجية تستخدم الجسيمات النانوية في إزالة وتحليل الملوثات البيئية، على سبيل المثال الجسيمات النانوية للفضة (AgNPs) لها القدرة على تحليل الملوثات العضوية مثل الأصباغ العضوية تحليلا فعالا[18].

I.2.3.6. المستشعرات البيئة:

بالنسبة لمستشعرات البيئة، تستخدم الجسيمات النانوية كمستشعرات بيئية لمراقبة الملوثات، أيضا تستعمل كمستشعرات لاكتشاف الفلزات الثقيلة، كمستشعرات بيئية لمراقبة الملوثات، كمستشعرات لاكتشاف الفلزات الثقيلة، وتكشف أيضا مستشعرات النانو عن المسببات الميكروبية مثل السموم[18].

I.3.3.6. محفزات كيميائية:

يتم استخدام الجسيمات النانوية (NPs) كمحفزات في التفاعلات الكيميائية، مثل عمليات التنقية.

I.4.3.6. إنتاج الوقود الحيوي:

كشفت الدراسات أن الجسيمات النانوية للبلاتين لديها القدرة على تحويل الكتلة الحيوية إلى وقود مما يؤدي إلى إمكانية استعمالها في إنتاج الوقود الحيوي، حيث تزايد الوعي بأنه لا يمكن الاعتماد على الوقود الأحفوري لتوليد الطاقة على المدى الطويل بسبب ندرته واستنفاذه ، لذلك أصبح البحث وتطوير التكنولوجيات الخضراء ذات أهمية كبيرة، لتوفير حلول لا تُجدد فقط ولكن بأسعار معقولة أيضًا، يمكن أن تكون الجسيمات النانوية حاسمة في تقنيات الطاقة، حيث تقدم خصائصًا مرغوبة مثل مساحة سطح كبيرة وخصائص بصرية وتحفيزية فريدة[19].

استخدام الجسيمات النانوية (NPs) في تقسيم الماء الكيميائي والكهروكيمياوي يساهم في تحسين كفاءة إنتاج الوقود، مما يقلل من استهلاك الوقود في المركبات ومحطات الطاقة.

استخدام الجسيمات النانوية في تطبيقات تخزين الطاقة يساعد في تطوير أجهزة توليد الطاقة بكفاءة عالية وتحسين أداء الألواح الشمسية.

تعزيز كفاءة الألواح الشمسية باستخدام الجسيمات النانوية، مما يساهم في تقديم إنتاج طاقة أرخص في المستقبل.

الخلايا الشمسية المعتمدة على الجسيمات النانوية قد تكون أقل تكلفة في الإنتاج والتركيب، مما يمكن من تصنيعها بشكل لفات مرنة باستخدام تقنيات التصنيع المشابهة لتلك المستخدمة في الطابعات.

يمكن استخدام الجسيمات النانوية في تحسين كفاءة إنتاج الوقود من المواد البترولية الخام وتقليل الاحتكاك في المركبات ومحطات الطاقة[19].

I.4.6. تطبيقات الجسيمات النانوية في صناعة الدفاع:

يمكن استخدام الجسيمات النانوية لتحسين كفاءة وأداء عمليات المعالجة الكيميائية، مثل تكرير وتخليق المواد الكيميائية. وتتمثل إمكانيات الاستخدام في صناعة الدفاع للجسيمات النانوية في النقاط التالية[20]:

- تُمكِّن الجسيمات النانوية (NPs) من تحسين حساسية وتحديدية الأجهزة الاستشعار المستخدمة في أنظمة الدفاع، مثل أجهزة الاستشعار لاكتشاف التهديدات الكيميائية أو البيولوجية أو الإشعاعية.
- تستطيع الجسيمات النانوية (NPs) تحسين أداء ومتانة الطلاءات الواقية المُطبَّقة على معدات الدفاع، مثل الطلاءات المقاومة للمواد الكيميائية أو البيولوجية. فعلى سبيل المثال، يمكن لجسيمات المعادن تحسين الخصائص الميكانيكية والمتانة للطلاء، مما يجعله أكثر مقاومة للتآكل والصداء[20].

وهكذا فإن تطبيقات الجسيمات النانوية (NPs) تشمل مجموعة واسعة من الصناعات والتقنيات، فهي تساهم في تحسين الأداء وتعزيز الكفاءة في مجموعة متنوعة من التطبيقات.

باستخدام خصائصها المميزة، مثل الحساسية والتوصيلية والمتانة، تفتح التقنيات النانوية أفاقًا جديدة للابتكار وتطوير المنتجات والعمليات وباستمرار التطور في هذا المجال، يتوقع أن تتزايد أهمية وانتشار تطبيقات الجسيمات النانوية في المستقبل[19, 20].

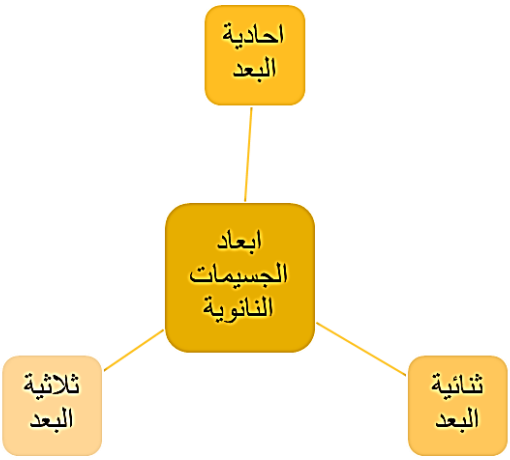
I.7. المواد النانوية:

I.7.1. تعريف المواد النانوية:

وهي الجيل المتطور من المواد المتقدمة التي تتميز بحجمها الصغير جدا، تتراوح مقاييس ابعادها بين 1-100 نانومتر، يكسبها صغر حجمها سلوك مغاير عن المواد التقليدية الكبيرة، حيث تتوفر بها صفات وخصائص متميزة لا توجد في المواد التقليدية [21].

I.7.2. تصنيف المواد النانوية:

يعرض **الشكل (I-11)** تصنيف المواد النانوية وفق أبعادها.



الشكل (I-11): أبعاد الجسيمات النانوية.

I.7.2.1. مواد نانوية أحادية البعد:

وهي تلك المواد التي يقل مقياس أبعادها عن 100 نانومتر، أي بمعنى التي تمتلك بعد نانوي واحد فقط، مثل الأغشية الرقيقة المستخدمة في الحماية من التآكل والصداء، الأفلام الرقيقة المستخدمة في تغليف المواد الغذائية وكذلك اشباه الموصلات[2].

I.2.2.7. مواد نانوية ثنائية البعد:

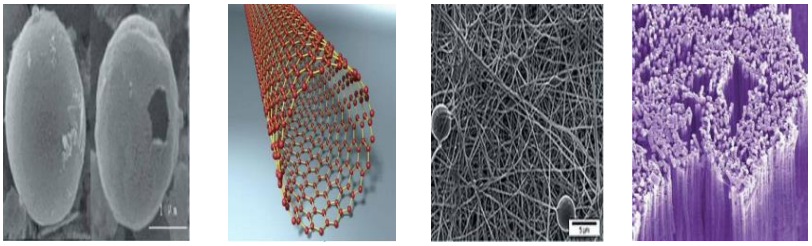
وهي المواد التي يقل إحدى أبعادها عن 100 نانومتر، والتي تمتلك بعدين نانوي، كأنابيب الكربون النانوية، الاسلاك النانوية وأجهزة الاستشعار [2].

I.3.2.7. مواد نانوية ثلاثية البعد:

والتي تتمثل في المواد التي تمتلك ثلاثة أبعاد نانوية، كالحبيبات النانوية ومساحيق الفلزات والمواد السيراميكية فائقة النعومة [2].

I.3.7. أشكال المواد النانوية:

تختلف أشكال المواد النانوية (**الشكل (I-12)**) باختلاف طريقة تحضيرها فيمكن أن تكون على شكل كرات أو أنابيب أو ألياف أو أسلاك أو رقائق [2].



أسلاك **ألياف** **أنابيب** **كرات**

الشكل (I-12): صور أشكال المواد النانوية.

I.4.7. أنواع المواد النانوية:

توجد العديد من المواد الكيميائية التي تكون بشكل نانو (**الجدول (I-2)**).

الجدول (I-2): مجموعة من العناصر الكيميائية في شكل نانو.

المركب الكيميائي	الصيغة الكيميائية	المرجع
Platine	Pt	[19]
Palladium	Pd	
Sélénium	Se	
Nickel	Ni	
Silver	AgNPs	[20]
Gold	Au NPs	
Zinc oxide	Zn O	
Copper oxide	Cu O	
Magnesium	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	[22]
Calcium oxide	CaO	[23]

I.8. الجسيمات النانوية:

I.8.1. 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 [24].

I.8.2. تصنيف الجسيمات النانوية:

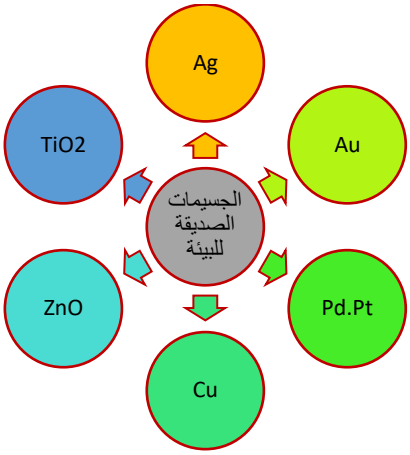
يعرض **الجدول (I-3)** تصنيف الجسيمات النانوية الى فئات بناء على شكلها وحجمها وخصائصها الكيميائية.

الجدول (I-3): تصنيف الجسيمات النانوية.

فئة الجسيمات النانوية	المصدر	الخصائص
قائمة على الكربون	الفو ليرين والانابيب الكربونية	التوصيل الكهربائي، وقوتها العالية، وهيكلها، والتصاق الإلكترونات، وقابليتها للتكيف
معدن	معدن صافي	خاصية كهربائية مميزة بسطحها الموضعي
سيراميك	غير عضوية غير معدنية	درجات حرارة معالجة ومبردة محددة
قائمة على الدهون	شظايا دهون	تطبيقات بيولوجية جسيمات كروية
اشباه الموصلات	غير معدنية	فزيائية وكيمائية فريدة

بوليميرية	عضوي	حجمها 1–1000 نانو متر تحمل مواد فعالة مرتبطة في السطح النواة والهيكل

I .3.8.أنواع الجسيمات النانوية الصديقة للبيئة:



الشكل (I-13): بعض أنواع الجسيمات الصديقة للبيئة.

نعرض في **الجدول(I-4)** العديد من الجسيمات النانوية المختلفة: خصائص وتطبيقات.

الجدول(I-4): الجسيمات الصديقة للبيئة[25].

الجسيم	الصيغة	الخصائص	التطبيقات
الفضة	Ag	فعالية مكروبيه عالية ضد البكتيريا الخبيثة والحميدة	صناعات البيولوجية والصيدلانية
الذهب	Au	انخفاض السمية / الامتصاص والتشتت القوي / بسيطة التحضير	علوم الاحياء و الطب

البلاتين والبلاديوم	Pd, Pt	مستدامة الثمن المنخفض صديقة للبيئة	تطبيقات تحليل الماء بواسطة الكهرباء
النحاس	Cu	محفز ومنشط ناقل جيد الكهرباء	الأجهزات الالكترونيات
أكسيد الزنك	ZnO	أمنة وسهلة ومنخفضة الثمن	البصريات، الالكترونيات والطب
أكسيد التيتانيوم	TiO_2	إزالة المواد الكيمائية الضارة من المياه خالية من السموم	الأقمشة، مستحضرات التجميل، الأصبغة، المواد الغذائية والبلاستيك

إن تكنولوجيا النانو كانت حاضرة عبر العصور التاريخية الماضية لكن لم تولى اهتماما كبيرا في ذلك الزمن، لكن في السنوات الأخيرة أوجدت اهتمام كبيرا في وسط الباحثين والعلماء من مختلف المجالات.

قدم علم النانو وتقنية النانو المتقدمة العديد من الخصائص والتطبيقات المتنوعة بمختلف المجالات والتقنيات الحديثة، مما لفت انتباه الباحثين إلى الجسيمات النانوية الصديقة للبيئة الأمنة والإقتصادية ما تقدمه من خدمات لمختلف المجالات وخاصة البيئة، حيث كانت جسيمات أكسيد السيليكا وجسيمات أكسيد الكالسيوم الأكثر صداقة للبيئة مما جعلها محط دراستنا.

المراجع الفصل الأول:

[1] A. Rozhin, S. Batasheva, M. Kruychkova, Y. Cherednichenko, E. Rozhina, and R. Fakhrullin, "Biogenic silver nanoparticles: Synthesis and application as antibacterial and antifungal agents," *Micromachines*, vol. 12, p. 1480, 2021.

[2] 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.

[3] P. Gupta, "Introduction and historical background," in *Nanotoxicology in Nanobiomedicine*, ed :Springer, 2023, pp. 1-22.

[4] L. H. Madkour and L. H. Madkour, "Introduction to nanotechnology (NT) and nanomaterials (NMs)," *Nanoelectronic materials: fundamentals and applications*, pp. 1-47, 2019.

[5] R. W. Kelsall, I. W. Hamley, and M. Geoghegan, "Nanoscale Science and Technology," 2005.

[6] S. Malik, K. Muhammad, and Y. Waheed, "Nanotechnology: A revolution in modern industry," *Molecules*, vol. 28, p. 661, 2023.

[7] R.-M. B. Sotropa[1], "The advantages and disadvantages of nanotechnology," *Romanian Journal of Oral Rehabilitation*, vol. 10, 2018.

[8] D. Guo, G. Xie, and J. Luo, "Mechanical properties of nanoparticles: basics and applications," *Journal of physics D: applied physics*, vol. 47, p. 013001, 2013.

[9] K. L. Kelly, E. Coronado, L. L. Zhao, and G .C. Schatz, "The optical properties of metal nanoparticles: the influence of size, shape, and dielectric environment," vol. 107, ed: ACS Publications, 2003, pp. 668-677.

[10] I. Khan, K. Saeed, and I. Khan, "Nanoparticles: Properties, applications and toxicities," *Arabian journal of chemistry*, vol. 12, pp. 908-931, 2019.

[11] O. Oktaviani, "Nanoparticles: properties, applications and toxicities," *Jurnal Latihan*, vol. 1, pp. 11-20, 2021.

[12] A. A. Patil, "Nanoparticles: Properties, Applications and Toxicities," ed: IJISET, 2020.

[13] M. Rahman, "Magnetic resonance imaging and iron-oxide nanoparticles in the era of personalized medicine," *Nanotheranostics*, vol. 7, p. 424, 2023.

[14] A. Haleem, M. Javaid, R. P. Singh, S. Rab, and R. Suman, "Applications of nanotechnology in medical field: a brief review," *Global Health Journal*, vol. 7, pp. 70-77, 2023.

[15] A. Yadav, K. Yadav, and K. A. Abd-Elsalam, "Nanofertilizers: Types, delivery and advantages in agricultural sustainability," *Agrochemicals*, vol. 2, pp.2023 ,336-296 .

[16] K. A. Altammar, "A review on nanoparticles: characteristics, synthesis, applications, and challenges," *Frontiers in Microbiology*, vol. 14, p. 1155622, 2023.

[17] G. Sangeetha, N. Usha, R. Nandhini, P. Kaviya, G. Vidhya, and B. Chaithanya, "A review on properties, applications and toxicities of metal nanoparticles," *International Journal of Applied Pharmaceutics*, vol. 12, pp. 58-63, 2020.

[18] C. S. Santos, B. Gabriel, M. Blanchy, O. Menes, D. García, M. Blanco, *et al.*, "Industrial applications of nanoparticles–a prospective overview," *Materials Today: Proceedings*, vol. 2, pp. 456-465, 2015.

[19] 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.

[20] 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.

[21] W. G. Kreyling, M. Semmler-Behnke, and Q. Chaudhry, "A complementary definition of nanomaterial," *Nano today*, vol. 5, pp. 165-168, 2010.

[22] 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.

[23] 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.

[24] 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.

[25] M. N. Javed, S. A. K. Bangash, M. Abbas, S. Ahmed, A. Kaplan, S. Iqbal, *et al.*, "Potential and Challenges in Green Synthesis of Nanoparticles: A Review," *Xi'an Shiyou Daxue Xuebao (Ziran Kexue Ban)/J. Xi'an Shiyou Univ,* vol. 19, pp. 1155-1165, 2023.

الفصل الثاني:

النانو سيليكا

تعتبر النانو تكنولوجيا واحدة من أكثر المجالات إثارة للإعجاب في العصر الحديث، حيث تمتلك القدرة على تحويل العديد من الصناعات والتطبيقات عبر تصميم وتطوير مواد جديدة ذات خصائص فريدة. ومن بين هذه المواد، تأتي النانو سيليكا ومركباتها الهجينة على رأس القائمة نظرًا لاستخداماتها المتعددة والمتنوعة في العديد من المجالات مثل الطب، والصناعة، والبيئة، رغم أهمية هذه المواد إلا أن تحضيرها بطرق التوليف التقليدية يمكن أن يكون معقدًا ومكلفًا، مما دفع الباحثين إلى استكشاف طرق بديلة لتخليق النانو سيليكا ومركباتها الهجينة بكفاءة أكبر وتكلفة أقل، وتتضمن هذه الطرق البديلة استخدام التقنيات الحديثة مثل الطرق الخضراء والمستدامة، وتطبيقات تفاعلية تعتمد على الطاقة والكواشف الحيوية.

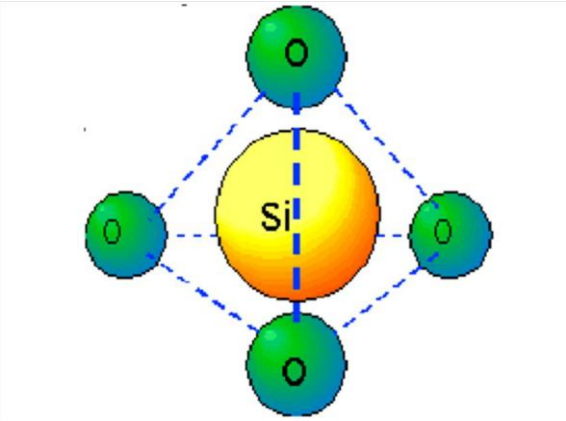
تهدف هذه الدراسة إلى استعراض وتحليل طرق بديلة لتوليف النانو سيليكا ومركباتها الهجينة، أيضا التطبيقات المحتملة في المجالات مثل التصنيع، والطب، وحماية البيئة، من خلال فهم أفضل لهذه الطرق البديلة، نأمل أن يسهم هذا البحث في تعزيز تطبيقات النانو سيليكا ومركباتها الهجينة في مختلف المجالات، وبالتالي تحقيق تطورات مهمة في مجالات العلوم والتكنولوجيا.

II .1. تعريف السيليكا :

السيليكا هي ثاني أكسيد السيليكون (SiO_2)، كتلتها الجزيئية 61g/mol ، تعتبر مركبًا غير عضويًا مفيدًا له تطبيقات واسعة، حيث تشكل حوالي 75% من قشرة الأرض ويمكن استخلاصها أو تصنيعها من مصادر متنوعة مثل رمال الشواطئ وغيرها من الموارد الطبيعية مثل نفايات الفحم والكتلة الحيوية، وتلقى الآن اهتماما متزايدًا.

يتنوع هيكليها حيث يشمل هياكل بلورية وغير بلورية، وتتميز بخصائص فيزيائية وكيميائية مميزة، يعتبر الكوارتز والكوارتزيت من أشكال السيليكا الأكثر استقرارا ونقاءا، وهي موجودة في معظم الصخور المعدنية، يتم تصنيع جسيمات السيليكا النانوية بعدة طرق مختلفة اعتمادًا على مصدرها واستخدامها[1].

تحتوي السيليكا (الشكل (II-1))، أو أكسيد السيليكون، على جزيئات ثلاثية الذرات خطية، حيث ترتبط كل ذرة سيليكون منها باثنين من ذرات الأكسجين، و تتكون الوحدة الكيميائية الأساسية في السيليكا من رباعي أوكتاهيدرال سيليكون (SiO_4)، حيث تحيط كل من الذرات الأربع للأكسجين بذرة سيليكون مركزية في شبكة ثلاثية الأبعاد ومتعددة الأوجه[1].



الشكل (II-1): بنية السيليكا.

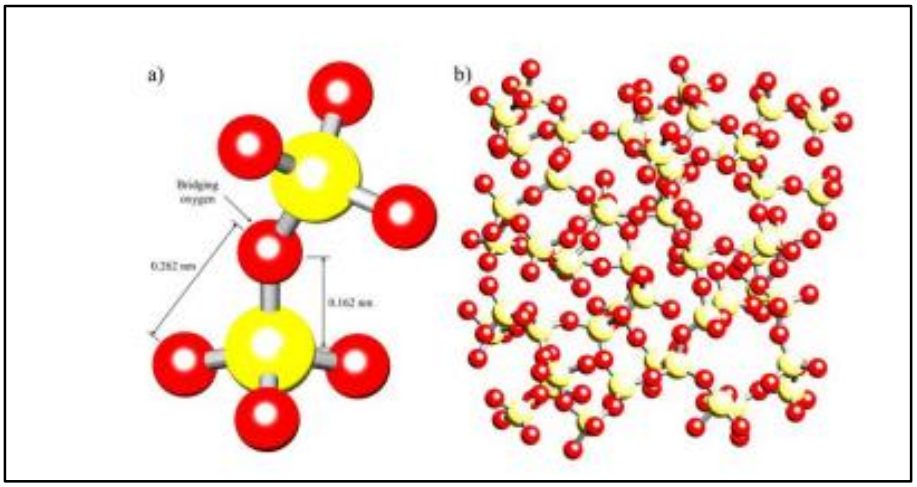
2.II. أنواع السيليكا :

1.2.II. السيليكا غير المتبلورة :

يعتمد تمييز السيليكا غير المتبلورة على إجراء تحليل بالأشعة السينية لمعرفة تأثير تركيبها البنيوي، والكيميائي السطحي، وحجم المسامات، بالإضافة إلى التركيب المجاور لها، يمكن تصنيفها إلى نوعين: الطبيعية والصناعية[2].

2.2.II. السيليكا المتبلورة:

الكوارتز هو الأكثر شيوعًا في الطبيعة، حيث يمثل شكلًا من أشكال السيليكا التي تظهر في شكل بلورات منتظمة، والتي تُعرف بالتكتوسيليكات (tectosilicates)، يُشير مصطلح "البلورات" إلى ترتيب جزيئات SiO_2 في هيئة متبلورة، لتشكيل البنية البلورية، يتم ترتيب ذرات الأكسجين والسيليكون في شكل ثلاثي الأبعاد، حيث ترتبط كل ذرة سيليكون بأربع ذرات أكسجين[2].



الشكل (2-II): هيكل السيليكا المتبلورة وغير المتبلورة.

3.2.II. هلام السيليكا:

يتميز جيل السيليكا بالشكل الصلب المسامي غير المتبلور من ثاني أكسيد السيليكون المائي بصيغة كيميائية $SiO_2 + H_2O$، حيث يتألف من سيليكات مترابطة بشكل عشوائي وذات جسيمات أولية يتم تشكيلها كيميائيًا في مجموعات، تُعتبر عملية سول–جيل (Sol-Gel) الطريقة الأكثر دراسة وتوثيقًا لتحضيره، وتتم عن طريق التحمل المائي لسيليكات الصوديوم وإضافة حمض السيليك وفقًا للتفاعل التالي [3]:

$$Na_2SiO_3 + H_2O + H_2SO_4 \rightarrow Si(OH)_4 + Na_2SO_4 \ldots\ldots\ldots (1)$$

4.2.II. السيليكا المترسبة:

تتكون السيليكا المترسبة عن طريق التفاعل الحمضي لسيليكات الصوديوم، ويحدث التفاعل بمختلف الأحماض أحدها حمض الكبريتيك، لتعديل قيمة الرقم الهيدروجيني (pH) للمحلول الساخن إلى قيمة ما بين 9 و10، و يتم تكثيف الجسيمات الأولية المتشكلة في مجموعات، ثم يتم ترسيبها تحت ظروف قاعدية معينة بالنسبة للرج، والمدة، ودرجة الحرارة، والحموضة، وتركيز المحلول، تتميز السيليكا المترسبة ببنية مسامية كبيرة، بينما تتميز الهلامية ببنية مسامية دقيقة[3].

5.2.II. السيليكا الغروية:

السيليكا الغروية أو متوسطة المسام، تُشكل عملية ترسيب لجسيمات صغيرة الحجم في الوسط السائل، حيث يتم تحضير مركبات دقيقة الحجم والمستقرة، ويبلغ قطرها عادةً من 5 إلى 51 نانومتر عندما يكون التركيز أكثر من 51%[3].

6.2.II. السيليكا المدخنة:

هي فئة من السيليكا البيرو جينية (Pyrogen)، التي تنتج في طور البخار عند درجات حرارة عالية. تُعتبر واحدة من العمليات الأكثر استخدامًا لإنتاج السيليكا الصناعية، حيث يتم إنتاجها عن طريق احتراق $SiCl_4$ مع الهيدروجين والأكسجين، وذلك وفقًا للتفاعل التالي:

$$H_2 + O_2 + SiCl_4 \rightarrow SiO_2 + 4HCl_2 \ldots\ldots\ldots (2)$$

يتم التحكم في الخصائص الرئيسية مثل حجم الجسيمات ومساحة السطح عن طريق نسبة المواد المتفاعلة.

3.II. خصائص السيليكا:

تتميز السيليكا بخصائص متنوعة، جعلت لها اهتماما كبيراً من طرف الباحثين، ومكنت من استعمالها في مختلف المجالات، فيما يلي نذكر أهم الخصائص الكيميائية والفيزيائية.

1.3.II. الخصائص الكيميائية :

ثاني أكسيد السيليكون يتفاعل عند درجات الحرارة والضغوط العادية في غياب مواد محفزة، وذلك مع عدد من المواد العنصرية أو المركبة، أو مع أحماض مخففة أو مركزة[4].

2.3.II. الخصائص الفيزيائية :

تتراوح نقطة انصهار السيليكا إلى 1700 درجة مئوية، وهذا يعود إلى الارتباط القوي الذي يتمتع به الرباعي السيليكون ($Si - O$)، الذي يمتاز بالتساهمية بين السيليكون والأكسجين، بالإضافة إلى ذلك يعزى

سمك المواد العازلة للسيليكا إلى غياب الإلكترونات الحرة في التركيب الجزيئي، مما يؤدي إلى سمكها كعازل كهربائي. تتميز السيليكا بأنها غير قابلة للذوبان في الماء وجميع المذيبات العضوية، بينما تذوب بسهولة في القلويات وحمض الكبريتيك[4].

الجدول (II-1) التالي يوضح بعض الخصائص الفيزيائية للسيليكا البلورية والسيليكا غير البلورية:

الجدول (II-1): الخواص الفيزيائية للسيليكا البلورية وغير البلورية.

الخاصية	الوحدة	السيليكا البلورية	السيليكا غير البلورية
درجة الانصهار	$م^2$	حوالي 1700	حوالي 1700
الكثافة	$غ/سم^3$	2.6	2.2
معامل الانكسار	-----	1.46	1.46
المقاومة النوعية	أوم. سم	$10^{16} - 10^{12}$	$10^{18} <$
التوصيلية الحرارية	واط . م/K°	1.3	1.4
معامل التمدد الحراري	K^{-1}	$10x7.64^{-7}$	$10x5.4^{-7}$

II.4. مصادر السيليكا وجسيماتها النانوية:

II.4.1. المخلفات الزراعية:

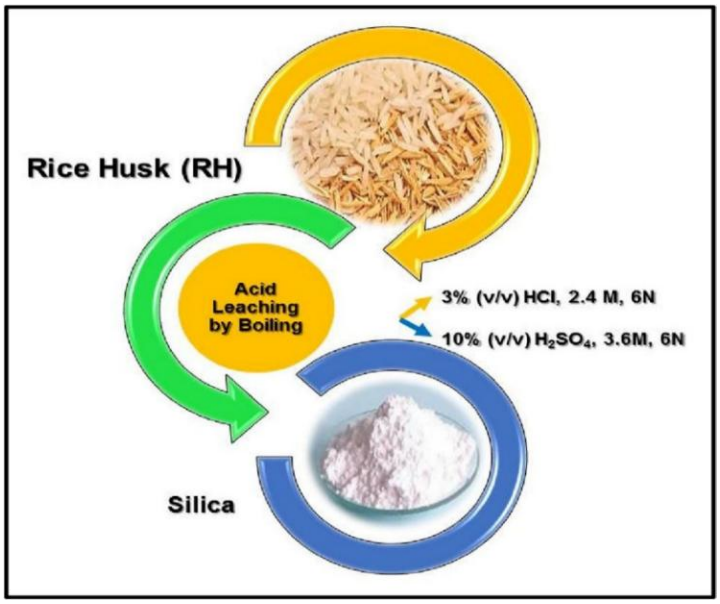
تنتشر السيليكا في الطبيعة على نطاق واسع (**الشكل (II-3)**)، حيث يمكن الحصول عليها سواء من خلال التوليف أو الاستخراج الطبيعي للمواد البيولوجية وغير البيولوجية مثل رمال الشواطئ والفحم وتشمل مصادرها الشائعة المخلفات الزراعية مثل قش الأرز ورماد النخيل، التي تحتوي على نسب عالية من السيليكا تتراوح بين 45%-91%، كما تشمل المصادر الأخرى قصب السكر، لب جوز الهند، ساق الخيزران، وأوراق الفواكه مثل التفاح والموز والبرتقال، بالإضافة إلى البن والقمح ويحتوي رماد القمح على

نسبة تصل إلى حوالي 91% من السيليكا، وبالإضافة إلى ذلك تشمل المصادر الأخرى الطحالب، ونواة الزيتون، التمر، الطين، قشور الفول السوداني والجوز[4].

الشكل (II-3): أهم المصادر الطبيعية للاستخراج السيليكا.

II.1.1.4. رماد قشر الأرز :

قشر الأرز يُعتبر واحدًا من أعلى المواد الطبيعية إنتاجًا للسيليكا، حيث يحتوي على نسبة تتراوح بين 87% إلى 97% من هذه المادة وقد أشارت الأبحاث السابقة إلى الخصائص الفريدة للسيليكا المستخلصة من قشور الأرز، مثل غير المتبلور والحجم الفائق الدقة والتفاعلية العالية (**الشكل (II-4)**)[4].



الشكل (II-4): استخلاص السيليكا من رماد قشر الأرز.

II.2.1.4. رماد قصب السكر :

يعد قصب السكر من بين مصادر الطبيعة المتاحة لاستخراج. يُظهر رماد تفل قصب السكر نسبة عالية من السيليكا، بواسطة طريقة السول–جل، يمكن الحصول على جسيمات السيليكا النانوية من رماد تفل قصب السكر، حيث يكون حجمها حوالي 10.00 نانومتر تقريباً، مع نسبة نقاء تصل إلى حوالي 97%، تكون السيليكا المستخلصة في الغالب غير متبلورة[4].

II.3.1.4. كوز الذرة:

تُعتبر الذرة واحدة من أكثر المحاصيل الغذائية انتشارًا في العالم، ويتم استخراجها من نواة الذرة (الكوز)، يحتوي رماد كوز الذرة على أكثر من 60% من السيليكا بالإضافة إلى كميات ضئيلة من العناصر المعدنية. يُستخدم خبز الذرة كمصدر للإنزيمات والمواد الماصة [5].

II.4.1.4. قشرة نواة النخيل (PKS):

تعد أمريكا وآسيا وأفريقيا، وخاصة نيجيريا، موطناً لكمية كبيرة من أشجار نخيل الزيت المعروف باسم نواة النخيل، تتكون نواة النخيل من أجزاء مختلفة لثمرة النخيل Elaeis guineensis، قشرة نواة النخيل هي القشرة الداخلية الصلبة لثمرة النخيل التي تحيط بالبذور، وتُعرف أحيانًا بقشرة النخيل الزيتية، يتم الحصول عليها كنفايات متبقية في عملية استخلاص زيت النخيل من الثمار، كما تم استخدام PKS في العديد من التطبيقات التي تشمل تخزين الطاقة، والكتلة الحيوية، والأسمدة الحيوية، والقطب الكهربائي ذو المكثف الفائق[6].

II.2.4. المخلفات الصناعية:

تم تحويل بعض منتجات النفايات الصناعية إلى مواد مفيدة لتركيب جسيمات السيليكا النانوية بأقل جهد، الرماد المتطاير للفحم هو نفايات أو منتج ثانوي لمحطات الطاقة التي تعمل بالفحم، و تم الإبلاغ عن تخليق جسيمات السيليكا النانوية غير المتبلورة من الرماد المتطاير الغني بالسيليكا، و تعتبر هذه الطريقة فعالة واقتصادية لتوليف الجسيمات النانوية للسيليكا[7].

II.1.2.4. الطين والمعادن:

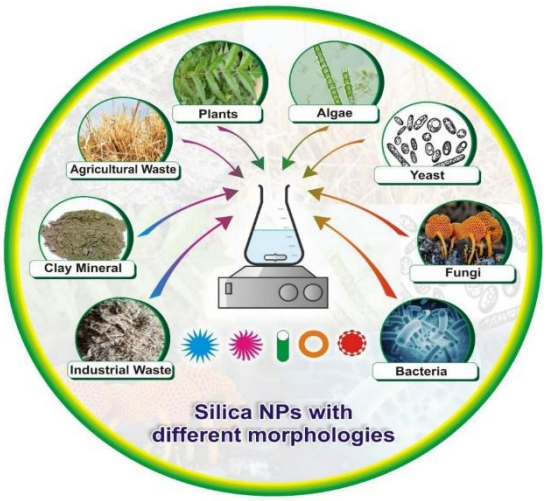
تم استخدام الطين والمعادن في تحضير السيليكا النانوية. مثلاً، يحتوي ملاطية البيروفيليت، وهو معدن طيني، على كمية كبيرة من السيليكا، كما يقوم ذو الفقار وآخرون بتحضير جسيمات السيليكا النانوية باستخدام طين البنتونيت، تم تحضير الطين الغني بالسيليكا من البنتونيت من خلال سلسلة من العمليات الحمضية والحرارية، ثم تم معالجته بمحلول هيدروكسيد الصوديوم لتحضير سيليكات الصوديوم، تم الحصول على جزيئات السيليكا عن طريق التحلل المائي لمحلول سيليكات الصوديوم مع حمض النيتريك في وجود الإيثانول، تمت دراسة تأثير تركيز الحمض على حجم الجسيمات وتأثيره على تلك الجسيمات في هذه الدراسة[7].

II.2.2.4. رمل الكوارتز (رمل السيليكا):

رمل السيليكا هو مادة مهمة مستخدمة في عدة صناعات نظرا لتوافرها الوفير، خصوصا في إندونيسيا، يتم إنتاجه من تحلل الصخور التي تحتوي على الكوارتز، الأبحاث في إندونيسيا نجحت في استخلاص سيليكا عالية النقاء من رمال الشواطئ، مما يعزز أهميتها الاقتصادية والبيئة[8].

II.5. الطرق المعتمدة في تصنيع السيليكا وجسيماتها النانوية:

تم استخلاص السيليكا وتوليف جسيماتها النانوية من العديد من المصادر وخاصة المخلفات الزراعية بمختلف الطرق، تنوعت هذه الأخيرة إلى طرق كيميائية، فيزيائية، وبيولوجية نذكر منها (**الشكل (II-5)**):



الشكل (II-5): الطرق المستعملة لتوليف الجسميات النانوية للسيليكا.

II.1.5. الطرق البيولوجية :

II.1.1.5. استخدام الفطريات والديدان :

الفطريات أصبحت محط اهتمام كبير في الفترة الأخيرة، حيث اعتُبرت مصانع طبيعية لتصنيع الجسيمات النانوية، وذلك بفضل قدرتها على إفراز كميات كبيرة من الأنزيمات التي يمكن التحكم بها بسهولة في المختبر، من بين هذه الفطريات: فطر الرشاشيات، والبنسليوم، وفيوزاريوم [7].

II.2.1.5. تخمير الخلايا الحية :

تم استخدام الخمائر، وهي كائنات حقيقية النواة بسيطة، لإنتاج الجسيمات النانوية[7].

II.3.1.5. استخدام البكتيريا :

تمت دراسة إنتاج مركبات السيليكا النانوية باستخدام البكتيريا الأكتينوباكتر، في هذه الدراسة تعرضت البكتيريا لسيليكات البوتاسيوم والسيليكون معًا، مما أدى إلى تخليق جسيمات السيليكا النانوية بواسطة إنزيمات الاختزال والأكسيداز التي تفرزها البكتيريا[7].

II.4.1.5. استخدام الطحالب:

الدياتومات هي نوع من الطحالب ذات الخلية الواحدة الموجودة في التربة وتوجد تقريبًا في كل نوع من البيئات المائية، سواء كانت بحرية أو عذبة، تثير السيليكا الحيوية والدياتومات اهتمامًا كبيرًا للتطبيقات

التكنولوجية في مجالات الطب الحيوي والصناعي، وخاصة في مجال الطب الحيوي، وعمليات التصنيع الصناعي، والعلوم الطبية الحيوية، و يمكن استخدام الدياتومات الفريدة والاستقرار الحراري الجيد والمساحة السطحية المناسبة والتعديلات الكيميائية البسيطة والخصائص البصرية والمقاومة الميكانيكية وصديقة البيئة كمنصات توصيل ذكية[7].

II.5.1.5. استخدام المستخلصات النباتية:

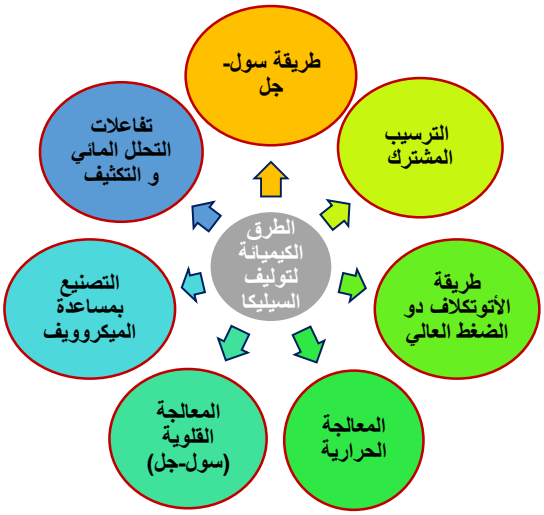
تزايدت الدراسات حول التوليف الأخضر للجسيمات النانوية باستخدام نباتات مختلفة، استخدمت الطرق الاصطناعية مستخلصات أجزاء مختلفة من النباتات من مصادر متنوعة كعوامل اختزال أو تحلل مائي لتوليف المواد النانوية، يعد هذا النهج الصديق للبيئة مفيدًا لتجنب استخدام المواد الكيميائية الضارة في التوليف، تم استخدام معظم الدراسات مستخلصات أجزاء النبات كقاعدة في توليف جسيمات السيليكا النانوية في خطوة التحلل المائي القلوي[7].

II.6.1.5. استخدام التفاعلات الأنزيمية:

تم استخدام الإنزيمات لتحسين استقرارها وفعاليتها في التفاعلات الحيوية. من خلال استخدام تقنيات التحضير الجديدة، تم إنتاج جزيئات سيليكا مسامية عالية الجودة، مما سمح بتحميل الإنزيمات عليها بشكل فعال، هذا يبرز أهمية استخدام الناقلات المائية للإنزيمات في تطبيقات الكيمياء الحيوية والبيولوجية[9].

II.2.5. الطرق الكيميائية:

تشير العديد من الدراسات إلى تصنيع جسيمات السيليكا النانوية باستخدام طرق متنوعة، مثل المعالجة الكيميائية التي تشمل استخدام المواد العضوية وغير العضوية، والمعالجة الحرارية، يصاحب استخدام هذه الطرق مزايا وعيوب تتم تعديلها وفقًا للخصائص الفيزيائية والكيميائية للمادة التي تراد تصنيعها(**الشكل -6 (II)**)[1].



الشكل (II-6): أهم الطريق الكيميائية لتصنيع السيليكا.

II.1.2.5. طريقة سول–جل:

يُستخدم في الوقت الحاضر طريقة sol-gel بشكل شائع لتوليف جزيئات السيليكا النانوية، حيث تسمح هذه الطريقة بضبط البنية الهندسية وحجم الجسيمات من خلال التفاعلات الكيميائية عند درجة حرارة محددة. يتم تحويل المعلق الغروي (sol) إلى طور سائل مستمر (gel) في هذه العملية، بالإضافة إلى ذلك تُعتبر طريقة sol-gel طريقة تركيب كيميائي مرنة لتصنيع مجموعة متنوعة من المواد الضوئية في تشكيلات مختلفة مثل الأحجار المتراصة، والطلاءات، والألياف، والأفلام لتطبيقات الأجهزة البصرية[1].

II.2.2.5. المعالجة القلوية (سول–جل):

تم استخدام طريقة الاستخلاص القلوية سول–جل في العديد من الدراسات، حيث يمكن تحويل الرماد إلى هلام السيليكا من خلال عدة عمليات، في البداية، يتم إنتاج السيليكا من الرماد عن طريق تسخين محلول سيليكات الصوديوم أو هلام ألكوكسيد السيليكون أو هلام الهاليد حتى تتحول إلى بوليمر جيلاتيني، يمكن تكرار العملية حتى تصل المواد الهلامية إلى الحالة الصلبة المطلوبة، هيدروكسيد البوتاسيوم وهيدروكسيد الصوديوم هما محلولان قلويان شائعان يستخدمان، إن استخدام الذوبان القلوي للسيليكا غير المتبلورة كاستراتيجية منخفضة الطاقة لديه القدرة على تقليل التكلفة مقارنة بعملية الصهر التقليدية[1].

II.3.2.5. الترشيح الكيميائي (المعالجة الكيميائية):

تم استخدام الترشيح الحمضي لتحسين جودة السيليكا الموجودة في المخلفات الزراعية عن طريق إزالة أي ملوثات غير ضرورية، ويتطلب ذلك معالجة حمضية مباشرة لتحليل المركبات العضوية والتخلص منها،و يُعتبر الترشيح الحمضي الشديد إجراءً فعالًا لإزالة الملوثات المعدنية والمواد العضوية من المخلفات الزراعية[1].

II.4.2.5. طريقة الترسيب المشترك:

تمت دراسة تخليق جسيمات السيليكا النانوية باستخدام طريقة الترسيب المشترك من قبل مناصر ناندا إرياوان في عام 2014، تتميز هذه الطريقة بعدة مميزات، أولاً يمكن الحصول على جسيمات السيليكا ذات نقاء عالٍ باستخدام هذه الطريقة، مما يعزز جودة المنتج النهائي ، ثانيًا تتميز بسهولة التنفيذ، حيث يتم الترسيب بطريقة بسيطة مما يجعل عملية الفصل سهلة عند استخدام درجات حرارة منخفضة، وثالثًا فإن العملية تتطلب وقتًا قليلاً نسبيًا مقارنة بالطرق الأخرى، وهو ما يسهل عملية التصنيع ويقلل من التكاليف، ورابعًا، تتميز بالاستخدام البسيط للمعدات، حيث لا تتطلب العملية استخدام معدات معقدة أو خاصة ، وأخيرًا فإنها تتطلب تكلفة منخفضة نسبيًا، مما يسهل الوصول إلى مسحوق السيليكا بحجم بلوري معين بتكلفة مناسبة[1].

II.5.2.5. طريقة الأوتوكلاف ذو الضغط العالي:

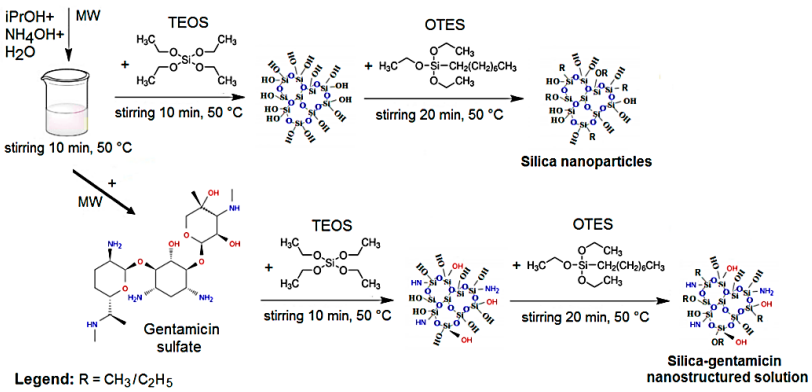
تتم عملية التفاعل في الأوتوكلاف عند درجة حرارة تصل إلى 175 درجة مئوية وضغط يصل إلى 100 بار في محلول مائي ومرحلة غازية غنية بثاني أكسيد الكربون لفترة تتراوح بين 0.50 إلى 12 ساعة، بعد الفصل، يمكن الحفاظ على الجزء المنفصل عن السيليكا في حالات الكربونات والأليفين الخاملة، تظهر الكربونات كمادة محددة في جسيمات السيليكا التي يقل قطرها عن 40 ميكرومتر، وتكون السيليكا المتكونة على شكل جزيئات كروية ناعمة[4].

II.6.2.5. الطريقة الكيميائية الرطبة : تفاعلات التحلل المائي والتكثيف:

تتضمن الطرق الكيميائية الرطبة تفاعلات التحلل المائي المباشر التي تحدث في مرحلة البخار في حالة عدم وجود حرق، تتضمن مزايا هذه الطريقة تصنيع جسيمات السيليكا النانوية باستخدام مواد أولية رخيصة الثمن مثل رباعي كلوريد السيليكون والماء، وتكون العمليات صديقة للبيئة وبسيطة، استهلاك الطاقة منخفضًا، قدرات الإنتاج على نطاق واسع[4].

II.7.2.5. طريقة التصنيع بمساعدة الميكروويف :

تم تصنيع جسيمات السيليكا النانوية (NPs) مع وبدون كبريتات الجنتاميسين (GS) من خلال عملية محفزة أساسية باستخدام نظام بمساعدة الميكروويف (**الشكل (II-7)**)[10].



الشكل (II-7): تحضير جسيمات السيليكا النانوية ومحلول السيليكا–جنتاميسين ذو البنية النانوية بواسطة التخليق بمساعدة الميكروويف.

II.8.2.5. المعالجة الحرارية:

الطريقة الحرارية تشمل التسخين عبر عمليات الكلسنة أو البيروليز[8].

II.3.5. الطرق الفيزيائية:

تتضمن عملية تخليق الجسيمات النانوية من السيليكا باستخدام الطرق الفيزيائية تطبيق قوى خارجية، مثل الحرارة أو الطاقة الميكانيكية، لتسهيل تكوين الجسيمات، تتضمن هذه الطرق طريقة تكثيف البخار والتقطير وطريقة السحق الفيزيائي وطريقة الطحن الميكانيكي[11].

II.3.5.1. طريقة تكثيف البخار والتقطير:

تشمل هذه الطريقة تسخين المواد الأصلية وتبخيرها، ثم تكثيفها بإضافة غاز خامل للحصول على جسيمات السيليكا وعلى الرغم من أن الإجراء بسيط نسبيًا، إلا أن العائد ضئيل جدًا، وتتطلب متطلبات المعدات مستوى عالٍ، وجمع الجسيمات النانوية للسيليكا أثناء عملية التشغيل الفعلية أكثر تعقيدًا وتحديًا[11].

II.3.5.2. طريقة السحق الفيزيائي:

باستخدام التوتر الميكانيكي من الخارج، تتشوه جزيئات المواد الصلبة ومن ثم يتم سحقها إلى الحجم المطلوب. تؤدي هذه الطريقة إلى الحصول على جسيمات السيليكا النقية بشكل أقل وتوزيع غير منتظم عند استخدامها في الإنتاج الصناعي[11].

II.3.5.3. طريقة الطحن الكروي الميكانيكي:

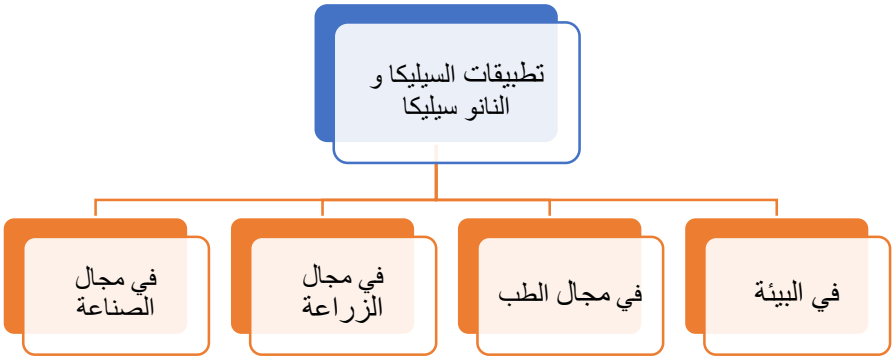
تستخدم هذه التقنية كرات لسحق المتفاعلات إلى الحجم المطلوب باستخدام القوة الميكانيكية. تُستخدم عادة لتقليل الصلب الضخم إلى جسيمات صغيرة، يمكن تنفيذ الإنتاج المستمر بسهولة نسبيًا في الصناعة، ولكن طريقة الطحن الكروي الميكانيكي عادة ما تتطلب الكثير من الوقت، مما يجعلها غير مناسبة للأبحاث المخبرية التي تنطوي على إنشاء جسيمات السيليكا النانوية[11].

II.3.5.4. طريقة الرش بالأيونات:

تستخدم في هذه الطريقة حقل كهربائي يتم تطبيقه لأيونات الأرغون أو غازات خاملة أخرى، مما يؤدي إلى ظاهرة الانبعاث اللامع، تهاجم الجزيئات الناتجة عن التأيين الهدف، ثم تتبخر وتترسب عليه، توفر هذه التقنية القدرة على ضبط طاقة الأيونات، والتدفق، وأنواعها، وزاوية السقوط عبر نطاق واسع[11].

II.6. تطبيقات السيليكا والنانو سيليكا:

تم اكتشاف أن تكنولوجيا جسيمات السيليكا النانوية تتمتع بإمكانيات كبيرة يمكن الاستفادة منها في العديد من المجالات كالزراعة، الطب، والصناعة (**الشكل (II-8)**).



الشكل (II-8): تطبيقات السيليكا والنانو سيليكا.

II.1.6. تطبيقات السيليكا في مجال الصناعة:

تمتلك جسيمات السيليكا والسيليكا النانوية شهرة واسعة في قطاع الصناعة وتستخدم بشكل متنوع في التطبيقات الصناعية المختلفة. تم ادخالها في عدد من الصناعات مثل:

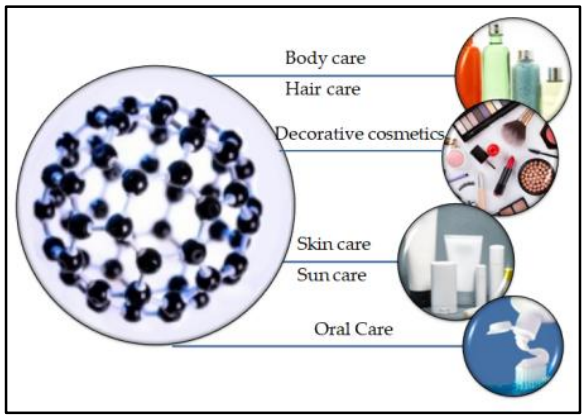
II.1.1.6. السيليكا في مجال صناعة الأغذية:

- ✓ تم استخدام الجسيمات النانوية من السليكون في صناعة الأغذية وتخزين المواد الغذائية.
- ✓ تستخدم السيليكا كعامل تنقية في مجالات العصائر والزيوت ومصانع الخمور، كما تستخدم كحامل للنكهة والروائح[12].
- ✓ تُعتبر المستحلبات النانوية والبوليمرات والجسيمات الشحمية من الإضافات الشائعة في مجال الأعلاف.
- ✓ في صناعة الأغذية، تُستخدم تقنية النانو سيليكا بشكل رئيسي للحد من استخدام المواد الحافظة[13].

II.2.1.6. السيليكا في مجال صناعة مستحضرات التجميل:

- ✓ تم اقتباس الجسيمات الشحمية لأول مرة في مستحضرات التجميل من قبل شركة كريستيان ديو، بعد ذلك، قامت العديد من شركات تصنيع مستحضرات التجميل بدمج تكنولوجيا النانو في تركيباته[12].

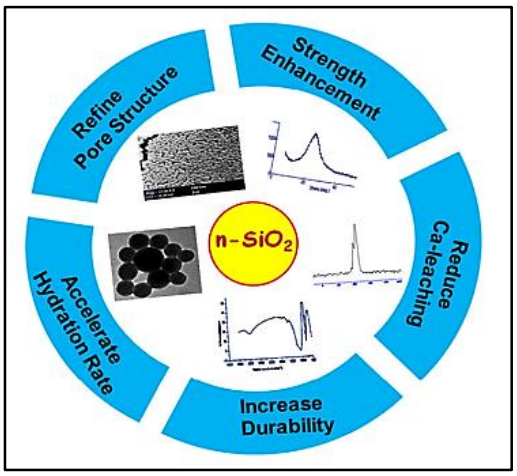
✓ يُستخدم الإصدارات النانوية المكونة في مستحضرات التجميل لتوفير حماية أفضل من الأشعة فوق البنفسجية، والتغلغل العميق في الجلد، والتأثيرات طويلة المدى، وزيادة اللون وجودة اللمسة النهائية[12].



الشكل (II-9): السيليكا في مستحضرات التجميل.

3.1.6.II. السيليكا في مجال صناعة مواد البناء:

يُعتبر تعزيز المواد الأسمنتية بالنانو جسيمات السيليكا واحداً من الخصائص المفضلة للكثير من الأشخاص، تمت دراسة الخواص الميكانيكية والكيميائية لمواد الأسمنت التي تحتوي على النانو جسيمات السيليكا، بإضافة كميات مناسبة من جسيمات النانو سيليكا تم تحسين قوة الضغط لمواد الأسمنت[14].



الشكل (II-10): تطبيقات جسيمات السيليكا النانوية في الأسمنت والخرسانة.

2.6.II. تطبيقات السيليكا في مجال الطب:

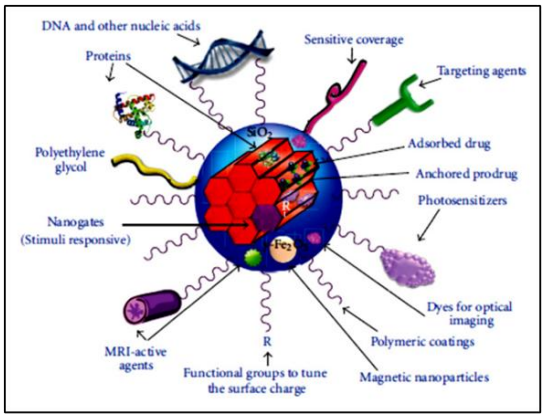
تعتبر السيليكا مادة واعدة لتوصيل الأدوية وقدرت الاستهداف أو الاستجابة للمحفزات المختلفة.

II.6.2.1. توصيل الأدوية:

تعتبر قدرة نقل الجزيئات العلاجية إلى الموقع المستهدف دون فقدان في وظائفها وتركيبها شرطًا أساسيًا مهمًا لصياغة ناقل فعال لاستهداف العلاجات الكبدية، لتحقيق هذا الهدف يجب على الناقل أن يكون قادرًا على تحرير الجزيئات الدوائية بطريقة تخضع للرقابة. في مقارنة مع المواد المسامية الأخرى، تم دراسة بنجاح المواد المتوسطة المعتمدة على السيليكا كحامل مناسب لنقل الدواء، خاصة في حالة توصيل الأدوية الكربوهيدراتية. وذلك بسبب الخصائص الهيكلية المغرية[15].

II.6.2.2. زراعة الأسنان الطبية:

تستخدم جسيمات السيليكون النانوية (SiNPs) أيضًا كمواد حشو أو تعزيز في مجال الطب بسبب توافقها الحيوي العالي، وقوتها الميكانيكية، واستقرارها الحراري. أحد الجوانب المهمة للمركب النانوي للبوليمر السيليكون هو قدرته على تكوين تشتت متجانس للحشو الذي يمكنه تحديد أداء المركب النانو[16].



الشكل (II-11): النانو سيليكا في مجال الطب.

II.6.3. تطبيقات السيليكا في البيئة:

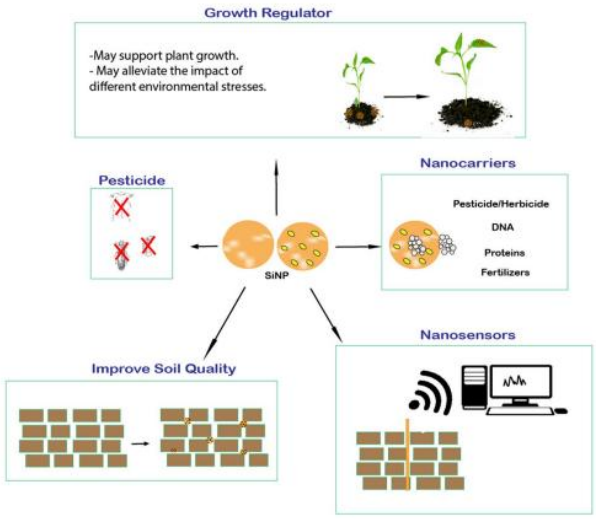
- ✓ أدى التركيب الكيميائي للجل النانوية إلى زيادة النشاط السطحي وتحسين خصائص الترطيب لجسيمات السيليكا النانوية عند السطح البيني.

- ✓ تم استخدام مركبات السيليكا النانوية لإزالة المعادن الثقيلة والصبغة بنجاح من مياه الصرف الصحي، وذلك في ظروف حموضة محايدة وأساسية قليلة وعند درجة حرارة الغرفة[17].

II.4.6. تطبيقات السيليكا في مجال الزراعة:

تتمتع جزيئات السيليكون النانوية بخصائص فيزيائية وكيميائية فريدة تجعلها ذات تطبيقات مفيدة في مجالات متنوعة، بما في ذلك التطبيقات الواعدة في قطاع الزراعة.

- ✓ تساهم الخصائص الفريدة للسيليكون النانوي في التصدي للأضرار الزراعية التي قد تحدث نتيجة لتغير المناخ أو غيرها من الإجهادات غير الحيوية .
- ✓ تُعتبر جزيئات السيليكون النانوية واعدة وتشكل تأثيرات إيجابية على المحاصيل الزراعية، ويتم إجراء العديد من الأبحاث حول التطبيقات الجديدة لها في مجال النباتات وقد لوحظ استخدام جزيئات السيليكون النانوية كوسيلة لمكافحة سمية المعادن الثقيلة في قطاع الزراعة[18].



الشكل (II-12): الاستخدام المحتمل لـ Si-NPs في الزراعة.

II.7. التطبيقات البيولوجية:

تم استكشاف جسيمات السيليكا النانوية على نطاق واسع في التطبيقات الطبية الحيوية، والتي تتعلق بشكل أساسي بتوصيل الأدوية وعلاج السرطان، تتمتع هذه الجسيمات النانوية بخصائص ممتازة وتوافق

حيوي عالي وثبات كيميائي وحراري وسهولة التشغيل، فيما يلي بعض تطبيقات السيليكا النانوية في المجالات البيولوجية:

II.7.1. تنقية الجزيئات الحيوية:

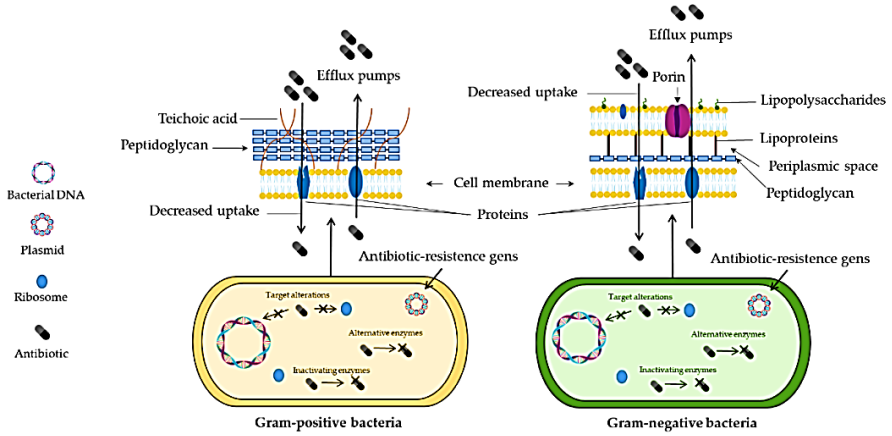
يعد التحلل الميكروبيولوجي مشكلة شائعة تؤثر على حفظ الأطعمة والمشروبات ومدة صلاحيتها، ومن خلال النظر في مقاومة المضادات الحيوية، تم تطوير العديد من الاستراتيجيات لمنع التدهور والأضرار الناجمة عن السلالات المسببة للأمراض ومن بين هذه الببتيدات المضادة للميكروبات (AMPs) تظهر نشاطًا ممتازًا ضد سلالات ميكروبية مختلفة[19].

II.7.2. تغليف الطعام:

تؤدي الزيادة الكبيرة في استهلاك الأسماك وانخفاض مدة صلاحيتها إلى حاجة كبيرة إلى التعبئة والتغليف ذات الخصائص التي تجعل من الممكن تقليل التدهور الناجم عن تدهور البكتيريا، والحفاظ على النكهة والخصائص الغذائية، صنعوا مركب مغناطيسي قائم على السيليكا مع تغليف المواد الغذائية بالفيلم للحفاظ على أسماك سوريمي[20].

II.7.3. نشاط مضادات الميكروبات:

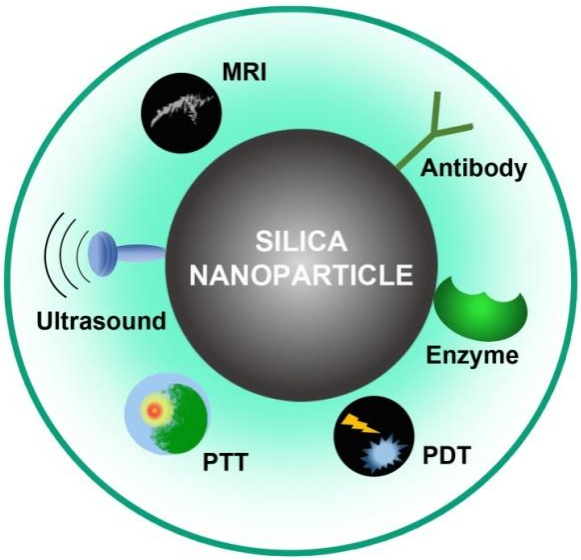
تعتبر مقاومة مضادات الميكروبات مشكلة صحية ناشئة بسبب قدرة الكائنات الحية الدقيقة على مقاومة التأثير الدوائي للعديد من الأدوية [21]، من خلال فرط الطفرات الجينية، قد تترافق مسارات مختلفة مع انخفاض النشاط المضاد للميكروبات، مثل مضخات التدفق، والتعطيل الأنزيمي، وانخفاض امتصاص الدواء، والتغيرات المستهدفة الدوائية (**الشكل(II-13)**) [22]، وهكذا ساهمت التطورات المحتملة في علم النانو وتكنولوجيا النانو في تطوير مواد متعددة الوظائف تظهر خصائص وتطبيقات مختلفة [23].



الشكل (II-13): التركيب البكتيري وآلية المقاومة.

II.4.7. نظام توصيل الأدوية :

نظرًا لتقدم تكنولوجيا النانو، حظيت المواد المولدة على مستوى النانو باهتمام متزايد في تخصصات مثل توصيل الأدوية [24]، نظرًا لصفاتها الفريدة، مثل نسبة السطح إلى الحجم الواسعة، وحجم الجسيمات المتحكم فيه، وحجم المسام، والتوافق الحيوي العالي، تمت دراسة جسيمات السيليكا النانوية المسامية على نطاق واسع بين جميع المواد النانوية المعروفة[25, 26] ، تعد جسيمات السيليكا النانوية متوسطة المسام احتمالات جيدة لتوصيل الأدوية والتطبيقات البيولوجية [27].



الشكل (II-14): التطبيقات الطبية الحيوية لجسيمات السيليكا.

II.5.7. تسليم اللقاح:

كانت اللقاحات في الخطوط الأمامية للحفاظ على رفاهية الإنسان وكانت حلاً فعالاً من حيث التكلفة للوقاية من حالات العدوى الخطيرة. المخاوف المتزايدة بشأن الأنظمة الفيروسية التقليدية هي قدرتها المناعية وسميتها، وهي الأسباب الرئيسية لكسب الاهتمام البحثي لتصميم طرق التطعيم الجديدة. يتم استخدام شبكات جسيمات السيليكا النانوية المسامية (MSN) في اللقاحات التي تعمل كحامل ومساعد. يمكن لـ MSNs كحامل نقل الحمض النووي الريبي إلى الأنسجة المستهدفة، وتعزيز تخليق مستضد البروتين، ويعمل كمساعد للحث على الاستجابات المناعية الخلوية والخلطية [28].

II.6.7. تطبيقات أخرى:

إلى جانب التطبيقات المذكورة أعلاه، تعد SNPs ضرورية أيضًا لمنع الالتهابات البكتيرية، وتسريع التئام الجروح، وتعزيز تجديد العظام[29, 30] ، لتعزيز فوائد العدوى المضادة للبكتيريا، تم استخدام المضادات الحيوية المغلفة بالناقل النانوي لتعزيز كفاءة العلاج المضاد للبكتيريا مع القدرة على اختراق البكتيريا، الجدران[31].

II.8. الآفاق المستقبلية:

- ✓ **تطوير تقنيات التصنيع الخضراء** :من المتوقع أن يشهد المستقبل تطورًا في تقنيات التصنيع الخضراء والمستدامة للنانو سيليكا ومركباتها الهجينة، مما يساهم في تقليل الآثار البيئية السلبية وتعزيز الاستدامة.
- ✓ **تطبيقات جديدة ومتنوعة** :يُتوقع أن تستمر البحوث في استكشاف تطبيقات جديدة للنانو سيليكا ومركباتها الهجينة في مجالات مثل الطب، والصناعة، وتكنولوجيا المعلومات، مما يوسع نطاق استخدامها ويزيد من قيمتها الاقتصادية.
- ✓ **تحسين الخصائص والأداء** :من الممكن تطوير تقنيات جديدة لتحسين خصائص النانو سيليكا ومركباتها الهجينة مثل قابلية التحمل، والموثوقية، والاستقرار، مما يجعلها أكثر فعالية وفاعلية في التطبيقات العملية.

التحديات:

- ✓ **مسألة التوازن بين الأداء والتكلفة** :يمكن أن تواجه الدراسات التي تسعى إلى تطوير طرق بديلة تحديات في الحفاظ على توازن مثالي بين أداء المواد المنتجة وتكلفة التصنيع، حيث يجب توفير منتجات ذات جودة عالية بتكلفة معقولة.
- ✓ **تحكم في الحجم والشكل** :يُعتبر التحكم في الحجم والشكل للنانو سيليكا ومركباتها الهجينة تحديًا هامًا، حيث يؤثر ذلك بشكل كبير على خصائصها وتطبيقاتها المحتملة.
- ✓ **السلامة والتأثير على البيئة** :يجب مواجهة التحديات المتعلقة بالسلامة والتأثير على البيئة المرتبطة بتصنيع واستخدام النانو سيليكا ومركباتها الهجينة، وضمان تطبيق معايير سلامة صارمة لحماية الصحة العامة والبيئة.
- ✓ **تحديات التطبيق الواقعي** :قد تواجه الدراسات التجريبية تحديات في تحويل النتائج المختبرية إلى تطبيقات عملية قابلة للتطبيق في الصناعة والسوق.

باستمرار التوازن بين تحقيق الآفاق المستقبلية المشرقة والتغلب على التحديات المتعلقة بالبحث والتطوير، يمكن أن تسهم هذه الدراسات في تعزيز التطور العلمي والتكنولوجي وتحسين الحياة البشرية في المستقبل.

نستنتج أن دراسة طرق بديلة لتخليق النانو سيليكا ومركباتها الهجينة تمثل مجالًا مثيرًا للبحث والتطوير. توضح الدراسات أن هناك اهتمامًا متزايدًا بتحسين كفاءة عمليات التوليف وتطوير تقنيات جديدة للحصول على منتجات ذات خصائص محسنة، على الرغم من التحديات التي قد تواجه هذا المجال، مثل السلامة والتأثير على البيئة وضبط الجودة والتطبيق الواقعي، إلا أن الآفاق المستقبلية تبدو واعدة.

من المتوقع أن تستمر البحوث في تطوير تقنيات التصنيع وتحسين الخصائص وتوسيع تطبيقات النانو سيليكا ومركباتها الهجينة في مجموعة متنوعة من المجالات، من خلال العمل المستمر والابتكار في هذا المجال، يمكن أن تلعب النانو سيليكا ومركباتها الهجينة دورًا مهمًا في تحسين العديد من الصناعات

وتطبيقاتها المستقبلية، وبهذا يظل البحث والتطوير في هذا المجال جزءًا أساسيًا من رحلتنا نحو مستقبل مستدام ومزدهر.

مراجع الفصل الثاني:

[1] B. B. Seghir, H. Hemmami, B. M. E. Hocine, Z. Soumeia, M. Sharifi-Rad, C. G. Awuchi, *et al.*, "Methods for the preparation of silica and its nanoparticles from different natural sources," *Biological Trace Element Research*, vol. 201, pp. 5871-5883, 2023.

[2] R. Narayan, U. Y. Nayak, A. M. Raichur, and S. Garg, "Mesoporous silica nanoparticles: A comprehensive review on synthesis and recent advances," *Pharmaceutics*, vol. 10, p. 118, 2018.

[3] E. A. Gorrepati, P. Wongthahan, S. Raha, and H. S. Fogler, "Silica precipitation in acidic solutions: mechanism, pH effect, and salt effect," *Langmuir*, vol. 26, pp. 10467-10474, 2010.

[4] A. Azzahra, E. Yusefin, G. Salima, M. Mudita, N. Febriani, and A. NANDYIANTO, "synthesis of nanosilica materials from various sources using various methods," *Journal of Applied Science and Environmental Studies*, vol. 3, pp. 3-4)(2020) 254-278, 2020.

[5] T. Lau, N. Harbourne, and M. J. Oruña-Concha, "Valorisation of sweet corn (Zea mays) cob by extraction of valuable compounds," *International journal of food science & technology*, vol. 54, pp. 1240-1246, 2019.

[6] K. Myint, M. Rafii, S. Sheikh-Abdullah, N. L. A. M. Din, and M. Latif, "oil palm (Elaeis guineensis)," *Journal of Animal & Plant Sciences*, vol. 14, pp. 1855-1865, 2012.

[7] G. Kratošová, I. Vávra, K. Horská, O. Životský, Y. Němcová, M. Bohunická, *et al.*, "Synthesis of metallic nanoparticles by silica based algae—outline, prospect and applications," *Sustainable green synthesis of nanoparticles. Springer, Berlin*, 2014.

[8] A. Luthfiah, Y. Deawati, M. L. Firdaus, I. Rahayu, and D. R. Eddy, "Silica from natural sources: a review on the extraction and potential application

as a supporting photocatalytic material for antibacterial activity," *Science and Technology Indonesia*, vol. ,6 pp. 144-155, 2021.

[9] C. Engelmann, N. Ekambaram, J. Johannsen, O. Fellechner, T. Waluga, G. Fieg, *et al.*, "Enzyme immobilization on synthesized nanoporous silica particles and their application in a bi-enzymatic reaction," *ChemCatChem*, vol. 12, pp. .2020 ,2252-2245

[10] V. Purcar, V. Rădiţoiu, C. Nichita, A. Bălan, A. Rădiţoiu, S. Căprărescu, *et al.*, "Preparation and characterization of silica nanoparticles and of silica-gentamicin nanostructured solution obtained by microwave-assisted synthesis," *Materials*, vol. 14, p. 2086, 2021.

[11] R. Peng, M. A. Khan, and C. L. Liu, "Synthesis and applications of silica nanoparticles,(Dielectric relaxation Spectroscopy)—a review," *Results in Chemistry*, p. 101218, 2023.

[12] A. M. Mebert, C. J. Baglole, M. F. Desimone, and D. Maysinger, "Nanoengineered silica: Properties, applications and toxicity," *Food and Chemical Toxicology*, vol. 109, pp. 753-770, 2017.

[13] M. Pieszka, D. Bederska-Łojewska, P. Szczurek, and M. Pieszka, "The membrane interactions of nano-silica and its potential application in animal nutrition," *Animals*, vol. 9, p. 1041, 2019.

[14] L. P. Singh, S. K. Bhattacharyya, R. Kumar, G. Mishra, U. Sharma, G. Singh, *et al.*, "Sol-Gel processing of silica nanoparticles and their applications," *Advances in colloid and interface science*, vol. 214, pp. 17-37, 2014.

[15] S. Jafari, H. Derakhshankhah, L. Alaei, A. Fattahi, B. S. Varnamkhasti, and A. A. Saboury, "Mesoporous silica nanoparticles for therapeutic/diagnostic applications," *Biomedicine & Pharmacotherapy*, vol. 109, pp. 1100-1111, 2019.

[16] P. Singh, S. Srivastava, and S. K. Singh, "Nanosilica: Recent progress in synthesis, functionalization, biocompatibility, and biomedical

applications," *ACS Biomaterials Science & Engineering*, vol. 5, pp. 4882-4.2019 ,898

[17] A. M. Atta, H. A. Al-Lohedan, A. M. Tawfik, and A. O. Ezzat, "Application of super-amphiphilic silica-nanogel composites for fast removal of water pollutants," *Molecules*, vol. 21, p. 1392, 2016.

[18] A. Rastogi, D. K. Tripathi, S. Yadav, D .K. Chauhan, M. Živčák, M. Ghorbanpour, *et al.*, "Application of silicon nanoparticles in agriculture," *3 Biotech*, vol. 9, pp. 1-11, 2019.

[19] M. Rai, R. Pandit, S. Gaikwad, and G. Kövics, "Antimicrobial peptides as natural bio-preservative to enhance the shelf-life of food," *Journal of food science and technology*, vol. 53, pp. 3381-3394, 2016.

[20] D. Surendhiran, V. C. Roy, J.-S. Park, and B.-S. Chun, "Fabrication of chitosan-based food packaging film impregnated with turmeric essential oil (TEO)-loaded magnetic-silica nanocomposites for surimi preservation," *International Journal of Biological Macromolecules*, vol. 203, pp. 650-660, 2022.

[21] M. Deon, F. Morawski, C. Passaia, M. Dalmás, D. Laranja, P. Malheiros, *et al.*, "Chitosan-stabilized gold nanoparticles supported on silica/titania magnetic xerogel applied as antibacterial system," *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, vol. 89, pp. 333-342, 2019.

[22] W. C. Reygaert, "An overview of the antimicrobial resistance mechanisms of bacteria," *AIMS microbiology*, vol. 4, p. 482, 2018.

[23] T. da Rosa Salles, F. da Silva Bruckamann, A. R. Viana, L. M. F. Krause, S. R. Mortari, and C. R. B. Rhoden, "Magnetic nanocrystalline cellulose: Azithromycin adsorption and in vitro biological activity against melanoma cells," *Journal of Polymers and the Environment*, vol. 30, pp. 2695-2713, 2022.

[24] R. Deepika, K. Girigoswami, R. Murugesan, and A. Girigoswami, "Influence of divalent cation on morphology and drug delivery efficiency

of mixed polymer nanoparticles ",*Current drug delivery*, vol. 15, pp. 652-657, 2018.

[25] W. Zhao, H. Wang, H. Wang, Y. Han, Z. Zheng, X. Liu, *et al.*, "Light-responsive dual-functional biodegradable mesoporous silica nanoparticles with drug delivery and lubrication enhancement for the treatment of osteoarthritis," *Nanoscale*, vol. 13, pp. 6394-6399, 2021.

[26] D. Xu, X. Song, J. Zhou, X. Ouyang, J. Li, and D. Deng, "Virus-like hollow mesoporous silica nanoparticles for cancer combination therapy," *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, vol. 197, p. 111452, 2021.

[27] J. M. Rosenholm, C. Sahlgren, and M. Lindén, "Towards multifunctional, targeted drug delivery systems using mesoporous silica nanoparticles–opportunities & challenges," *Nanoscale*, vol. 2, pp. 1870-1883, 2010.

[28] Z. Matić and M. Šantak, "Current view on novel vaccine technologies to combat human infectious diseases," *Applied microbiology and biotechnology*, vol. 106, pp. 25-56, 2022.

[29] M. Alghuthaymi, "Magnetic-silica nanoshell for extraction of fungal genomic DNA from rhizopus oryzae," *Biointerface Res. Appl. Chem*, vol. 10, pp. 4972-4976, 2020.

[30] P. Injorhor, Y. Ruksakulpiwat, and C. Ruksakulpiwat, "Effect of shrimp shell chitosan loading on antimicrobial, absorption and morphological properties of natural rubber composites reinforced with silica-chitosan hybrid filler," *Biointerface Res. Appl. Chem*, vol. 10, pp. 5656-5659, 2020.

[31] Z. Li, Y. Mu, C. Peng, M. F. Lavin, H. Shao, and Z. Du, "Understanding the mechanisms of silica nanoparticles for nanomedicine," *Wiley Interdisciplinary Reviews: Nanomedicine and Nanobiotechnology*, vol. 13, p. e1658, 2021.

الفصل الثالث:

أكسيد الكالسيوم CaO

في العصر الحالي، يعتبر البحث والتطوير في مجال النانو تكنولوجيا من أبرز المجالات البحثية التي تشهد اهتمامًا متزايدًا ومن بين المواد النانوية التي تحظى باهتمام كبير تأتي جسيمات أكسيد الكالسيوم النانوية، وذلك نظرًا لخصائصها الفريدة وتطبيقاتها المتنوعة في مختلف المجالات، بما في ذلك الصناعة، الزراعة، الطب، وحماية البيئة، رغم أهمية هذه المواد إلا أن تحضيرها بطرق التوليف التقليدية يمكن أن يكون معقدًا ومكلفًا، مما دفع الباحثين إلى استكشاف طرق بديلة لتخليق جسيمات أكسيد الكالسيوم النانوية بكفاءة أكبر وتكلفة أقل، تتضمن هذه الطرق البديلة استخدام التقنيات الحديثة مثل الطرق الخضراء والمستدامة، يهدف هذا الفصل إلى التعرف على جسيمات أكسيد الكالسيوم النانوية وطرق توليفها وتخليقها بطرق صديقة للبيئة، تحليل الطرق المستخدمة والتحديات التي تواجه عملية التصنيع، بالإضافة إلى التطبيقات البيولوجية والصناعية والزراعية لهذه الجسيمات، آفاق تطوير جسيمات أكسيد الكالسيوم النانوية مستقبلاً، وكيفية استخدامها في تطبيقات مبتكرة تسهم في تحسين الصحة والبيئة وتعزيز الاستدامة في مختلف القطاعات.

1.III. تعريف أكسيد الكالسيوم :

أكسيد الكالسيوم وهو الاسم الكيميائي للمركب المكون من الكالسيوم والأكسجين ذو الصيغة الكيميائية CaO، ويعرف كذلك بمختلف الأسماء مثل الجير، الكالكس، الجير السريع، الجير المحروق، الجير غير المطفأ، الجير المؤكسد ،ويتمتع هذا الأخير بخصائص متنوعة تجعله مركبا فريدة ومتعدد الاستخدامات[1].

2.III. خصائص أكسيد الكالسيوم:

يتميز أكسيد الكالسيوم بخصائص متنوعة، جعلت له اهتماما كبيراً من طرف الباحثين، ومكنت من تطبيق استعمالات في مختلف المجالات ، أهمها الخصائص الكيميائية والفيزيائية[1].

يلخص **الجدول (1-III)** التالي الخصائص الفيزيائية لأكسيد الكالسيوم.

الجدول (III-1): الخصائص الفزيائية لأكسيد الكالسيوم.

الخاصية	الوصف
نقطة الانصهار (%)	2572
نقطة الغليان (%)	2850
الكثافة(g/cm^3)	3.40
حرارة التكوين (cal/mol)	151.9
حرارة التحلل(cal/mol)	15.1
درجة التحلل (%)	547
درجة حل هيدروكسيد الكالسيوم ($g/100g\ H_2O$)	0.219

3.III. مصادر تصنيع أكسيد الكالسيوم وجسيماته النانوية:

يعتبر أكسيد الكالسيوم من أكثر المعادن وجودا في الطبيعة، وتتنوع مصادر استخراجه، تتمثل هذه المصادر في: المصادر حيوانية والمصادر النباتية [2, 3].

1.3.III. قشر البيض:

يحتوي قشر البيض على حوالي 85-95% من كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ وهي المادة الأساسية لصناعة الجير وهي تسمية أخرى لأكسيد الكالسيوم، ولهذا يعتبر قشر البيض من أهم المصادر لتوصيف الجسيمات النانوية لأكسيد الكالسيوم[2].

III.2.3. مصادر معدنية:

باعتبار أن أكسيد الكالسيوم معدن فمن المؤكد أنه يمكن تصنيعه من مصادر معدنية، ومن هذه المصادر المعدنية نذكر: الحجر الجيري أو كربونات الكالسيوم $CaCO_3$[2].

III.4. طرق تصنيع أكسيد الكالسيوم النانوي:

تم استخلاص أكسيد الكالسيوم وتوليف جسيماته النانوية من العديد من المصادر بمختلف الطرق، تنوعت هذه الأخيرة إلى طرق كيميائية، فيزيائية، وبيولوجية نذكر منها:

II.1.4. الطرق الكيميائية:

III.1.1.4. طريقة سول – جل:

يتضمن توصيف أكسيد الكالسيوم بطريقة سول – جل أربع خطوات أساسية متتالية، حيث تشمل العملية تحضير جسيمات أكسيد المعدن عبر طريقة السول– جل بإعداد محلول، وتكوين "سول" عن طريق التحلل المائي، وتكوين "جل" عن طريق التكثيف، وتجفيف الجل المتكون.

تحضير محلول متجانس لملح المعدن، كلوريد الكالسيوم ($CaCl_2$)، عن طريق ذوبان كربونات الكالسيوم الصلبة في حمض الهيدروكلوريك المخفف، تم استخدام قشر البيض الدجاج كمادة سابقة لهذه الطريقة، حيث تم غسل قشور البيض جيدًا بالماء الدافئ وتنظيفها بالماء منزوع الأيونات، بعد ذلك تم تجفيف العينة المغسولة عند 120 درجة مئوية لمدة 2 ساعة، ثم طحنها إلى مسحوق وغربلتها بحجم غربال

100 ميكرومتر، تم تحضير محلول كلوريد الكالسيوم ($CaCl_2$) بذوبان 12.5 g من PES في 250 ml من حمض الهيدروكلوريك (HCl) بتركيز mol وفق المعادلة (1)[3]:

$$CaCO_{3(s)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow CaC_{2(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)} \dots\dots\dots\dots (1)$$

الخطوة التالية، تم تكوين "سول" عن طريق عملية التحلل المائي. يُعرف "سول" على أنه تشتت مستقر لجزيئات متعلقة تتشكل نتيجة للتفاعل التحليل المائي للمواد السابقة في المذيب، خلال عملية التحلل المائي تم إضافة ببطء المحلول الذي تم الحصول عليه من كلوريد الكالسيوم في الخطوة السابقة إلى محلول هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) تحت التحريك المستمر، أدى ذلك إلى تشكيل "سول" هيدروكسيد الكالسيوم ($Ca(OH)_2$)، كما هو موضح في المعادلة (2)[3]:

$$CaCl_{2(aq)} + 2NaOH_{(aq)} \rightarrow Ca(OH)2(s) + 2NaCl(aq) \dots\dots\dots\dots\dots (2)$$

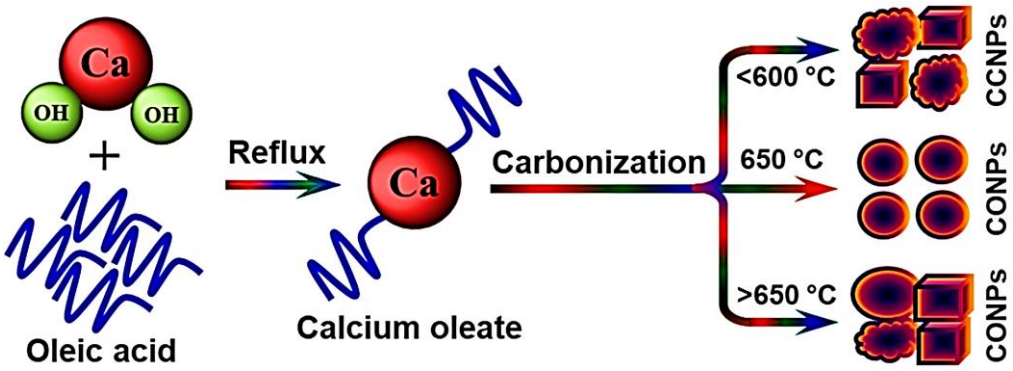
تلت العملية عملية الترشيح حيث تم تنقية المحلول المرشح بالماء المقطر لإزالة الشوائب الممتصة في الرواسب. انتهت عملية التخليق بتجفيف الجل، في هذه العملية تمت إزالة المذيب (الطور السائل) ولاحظت كمية كبيرة من التقلص والتكثيف، تم تجفيف المسحوق عند 60 درجة مئوية لمدة 24 ساعة في فرن، وتم حرقه عند 900 درجة مئوية لمدة ساعة واحدة وفق المعادلة (3):

$$CaO_{(s)} + H_2O_{(l)} \rightarrow Ca(OH)_{2(s)} + \text{الحرارة} \dots\dots\dots\dots\dots (3)$$

III.1.4.2. طريقة الكربنة:

تم تصنيع جسيمات كربونات الكالسيوم النانوية (CCNPs) وجسيمات أكسيد الكالسيوم النانوية (CONPs) من خلال عملية بسيطة من الكربنة/التكليس لأوليات الكالسيوم، التي تم تحضيرها من تفاعل هيدروكسيد الكالسيوم مع حمض الأوليك، عند التكليس تحت درجة حرارة 600 درجة مئوية، تم الحصول

على CCNPs متجمعة بمرحلة بوليمورف الكالسيت. عند رفع درجة الحرارة إلى 600-650 درجة مئوية، تم الحصول على CONPs بشكل كروي وموزعة بحجم ضيق يتراوح بين 60-80 نانومتر[2].



الشكل (1-III): مخطط لعملية تصنيع الجسيمات النانوية بطريقة الكربنة.

3.1.4.III. طريقة المحفزات:

تم تحضير المحفزات من قشر السلطعون وقشر البيض بعد غسلهم بالماء الدافئ وتجفيفهم في الفرن، ثم تم حرقهم عند درجة حرارة مرتفعة لتحويل كربونات الكالسيوم إلى أكسيد الكالسيوم[4].

الجدول (2-III): بعض الطرق الكيميائية لتخليق الجسميات النانوية لأكسيد الكالسيوم[1].

اسم الطريقة	الشرح
التكليس البسيط	تم الحصول على جسيمات نانوية من أكسيد الكالسيوم بحجم 50 نانومتر من خلال معالجة حرارية سهلة للكالسيت عند درجة حرارة 900 درجة مئوية لمدة 5 ساعات، ثم بواسطة التحليل المائي للجير.

الإشعاع بالميكروويف	تم الحصول على جسيمات نانوية من أكسيد الكالسيوم عن طريق معالجة الميكروويف عند درجة حرارة 160 درجة مئوية في غضون 5 دقائق، وكان متوسط حجم الجسيمات يتراوح بين 14 و24 نانومتر
الترسيب المشترك	تم تخليق جسيمات نانوية من أكسيد الكالسيوم بواسطة طريقة الترسيب المشترك، بوجود مركب البولي فينيل بيروفوليدون (PVP) للتحكم في التجمع. كان متوسط الوقت الذي استغرقه هذا التخليق 12 ساعة عند درجة حرارة 40 درجة مئوية. وكان حجم الجسيمات النانوية المتوسط 100 نانومتر.
التحلل الحراري المباشر	تم تخليق جسيمات نانوية من أكسيد الكالسيوم بواسطة طريقة التحلل الحراري المباشر عند درجة حرارة 80 درجة مئوية عن طريق تدفق غاز الأرجون الخامل، وكان متوسط حجم الجسيمات 91 نانومتر إلى 94 نانومتر.
الترسيب الكيميائي المشترك	تم تطبيق الترسيب الكيميائي المشترك لتخليق جسيمات نانوية من أكسيد الكالسيوم بوجود كحول البولي فينيل، كان متوسط حجم الجسيمات 11 نانومتر عند درجة حرارة 80 درجة مئوية لمدة 60 دقيقة.
عملية التوليف الأخضر (بمرحلتين)	تم تخليق جسيمات نانوية من أكسيد الكالسيوم من خلايا الروبيان بواسطة عملية ذات مرحلتين، وكان متوسط حجم الجسيمات يتراوح بين 40 و130 نانومتر.
تحلل حراري ذو مرحلتين	تم الحصول على حجم البلورات لجسيمات أكسيد الكالسيوم النانوية باستخدام طريقة تحلل حراري ذو مرحلتين.

III.2.4. الطرق الفيزيائية:

III.2.4.1. طريقة الاحتراق:

تتم عملية تخليق الجسيمات النانوية الأكسيد الكالسيوم بعملية الاحتراق، بتفاعل نترات الكالسيوم عالية النقاء مع الوقود.

تسخن العينات وتكوين هلام أصفر، ثم تجرى عملية الاحتراق باستخدام إشعاع الميكروويف، تليه تشكيل رغوة مسامية وعملية معالجة حرارية[5].

III.3.4. الطرق البيولوجية "استخدام المستخلصات النباتية":

في عملية إنتاج جزيئات أكسيد الكالسيوم النانوية باستخدام مستخلصات النبات، يتم غسل أجزاء مختلفة من النبات مثل الساق والفواكه والأوراق بالماء المقطر، يتم تقطيعها إلى قطع صغيرة باستخدام خلاط منزلي وغليها في ماء مقطر للحصول على مستخلص مائي [7]. يمكن تنقية المستخلص الناتج بطريقة الترشيح، يتم استخدام نسب متغيرة من ملح الكالسيوم المعدني أو مسحوق قشر البيض ومستخلص النبات في محاليل مختلفة لتصنيع جزيئات أكسيد الكالسيوم النانوية في دقائق معدودة باستخدام نهج فعال ومستدام وصديق للبيئة ونظرًا للوظائف الكيميائية النباتية الغنية الموجودة في مستخلص النبات والتي تعمل كعوامل طبيعية للتخفيف و/أو التثبيت، فإنه لا يلزم إضافة مواد تثبيت، يتم فصل الجزيئات النانوية بواسطة الطرد المركزي، ويتم غسلها بشكل جيد في مذيب مناسب، بعد ذلك يتم حرق جزيئات أكسيد الكالسيوم النانوية في فرن عازل بدرجة حرارة عالية للحصول على مسحوق ناعم، يتم جمعه لأغراض التوصيف والتطبيق المستقبلية[6].

III.5. تقنيات توصيف جسيمات أكسيد الكالسيوم النانوية:

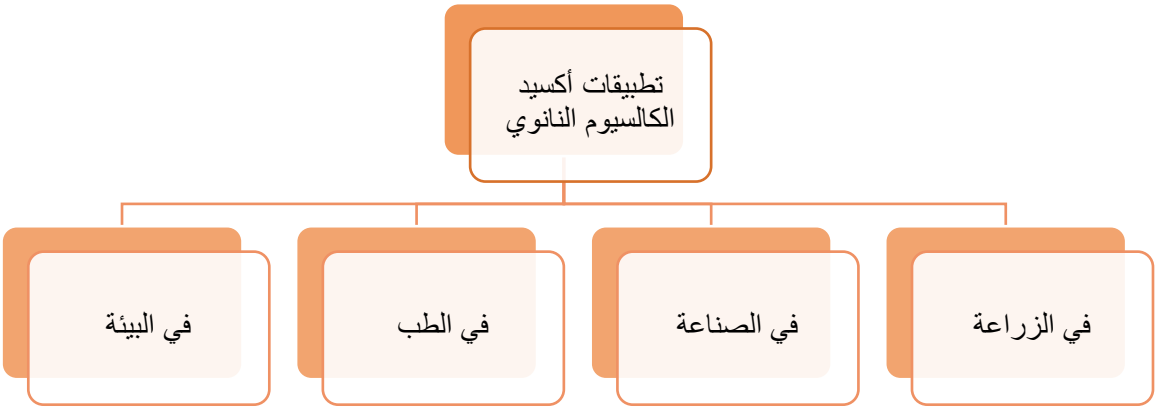
بعد تخليق جسيمات أكسيد الكالسيوم النانوية، يعد توصيفها أمرًا ضروريًا ومهمًا، يتم توصيف جزيئات أكسيد الكالسيوم النانوية عمومًا من خلال حجمها، استقرارها، شكلها، مساحتها السطحية، انتشارها، وتكوينها العنصري، وتعتبر كل هذه الخصائص مهمة جدًا في العديد من التطبيقات، تشمل التقنيات العامة لتوصيف جزيئات أكسيد الكالسيوم النانوية عدة تحليلات:

- اعتمادا على تحليل طيفية الأشعة فوق البنفسجية المرئية في قياس امتصاص الضوء في نطاق معين من الطول الموجي للضوء، لتوصيف جزيئات أكسيد الكالسيوم النانوية، يتم قياس امتصاص الضوء في نطاق معين من الطول الموجي ويُستخدم ذلك لتحديد الحجم والاستقرارية.
- واستعمال الأشعة السينية لدراسة البلورية والتركيب البلوري للجزيئات، يتم تحديد حجم البلورات وتحليل البلورات باستخدام النمط التفريقي للأشعة السينية[6].
- يوفر الميكروسكوب الإلكتروني الماسح (SEM) الصور الميكروسكوبية ومعلومات حول التضاريس الدقيقة وحجم الجسيمات، وبالنسبة لطيفية الانبعاث الطاقة المنتشرة (EDS) تستخدم لتحديد التركيب الكيميائي للجزيئات.
- يستخدم الميكروسكوب الإلكتروني للانتقال (TEM) لتحليل الشكل الدقيق وتوزيع الحجم للجزيئات.
- تستخدم طيفية الأشعة تحت الحمراء بالتحويل الفوري (FTIR) لتقييم الروابط الكيميائية والخصائص الفيزيائية للجزيئات[6].

تقنيات توصيف جزيئات أكسيد الكالسيوم النانوية تتيح فهمًا أفضل لخصائصها وتطبيقاتها المحتملة في مجالات عديدة.

6.III. تطبيقات أكسيد الكالسيوم النانوي:

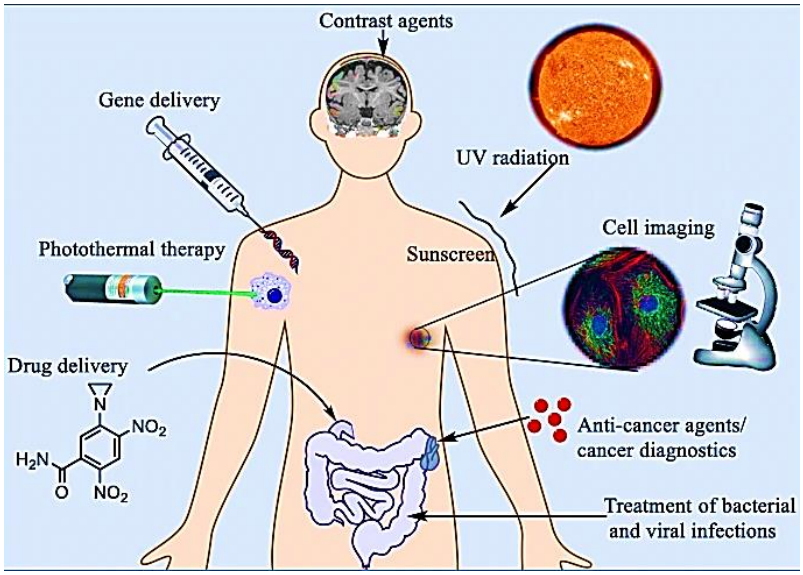
يعتبر CaO من المواد التي يتم استخدامها بكثرة في مجالات السيراميك، الأدوية، توصيل الأدوية، الدهانات، الأسمدة، الأغذية، مستحضرات التجميل، الأدوية، الأوراق، الحشو، الأحبار، المحفزات، المطاط، البلاستيك، والدهانات وفي معظم هذه الصناعات، يتم استخدامه كمعدل للزوجة، كما أنه يستخدم كمادة ماصة نانو لمعالجة الملوثات من مياه الصرف الصحي.



الشكل (III-2): بعض تطبيقات أكسيد الكالسيوم النانوي.

1.6.III. تطبيقات في مجال الطب:

- أكدت الدراسات التي أجريت على تصنيع جزيئات أكسيد الكالسيوم فعالية هذه الجزيئات ضد بكتيريا *Escherichia coli* و*Staphylococcus aureus* [7].
- لقد وجد أن ترابط CaO مع الأجسام المضادة لم يتم اكتشافه في صورة التألق المناعي ويظهر طبيعة مضادة للميكروبات[8].



الشكل (3-III): تطبيقات CaOالنانوي في الطب.

2.6.III. تطبيقات في البيئة:

✓ تستخدم جسيمات أكسيد الكالسيوم النانوية لإزالة كل من الملوثات العضوية والعضوية من مياه الصرف الصحي، علاوة على ذلك فإن عدم ذوبان $CaCO_3$ في الماء يجعلها أكثر ملاءمة للتطبيق في المحاليل المائية.

✓ يمكن استخدامه أيضًا كمستشعر حيوي للكشف عن الملوثات (الميكروبية والكيميائية) وإزالتها[9].

3.6.III. تطبيقات في مجال الزراعة :

✓ تمكن إضافة جسيمات أكسيد الكالسيوم النانوية من زيادة الإنبات بشكل ملحوظ مع التطبيق الورقي لجزيئات أكسيد الكالسيوم النانوية[10].

✓ تم استخدام CaO NPs كسماد ورقي نانوي للفواكه من خلال دراسته مباشرة ميدانيًا على فواكه مختلفة (الكرز ، التفاح ، الخوخ ، الكمثرى ،الطماطم ، العنب ، الباراجواي والمشمش) [10].

III.7. تطبيقات بيولوجية:

تكنولوجيا النانو تقنية واعدة لتطوير منتجات جديدة وضرورية تعزز صحة الإنسان وقد ساهم مجال الصيدلة وتكنولوجيا النانو في تطوير أدوية متقدمة وفعالة للغاية لعلاج السرطان ومكافحة الالتهابات الميكروبية وقد تم استخدام جزيئات CaO في عوامل علاجية جديدة المضادة للميكروبات والسرطان.

III.7.1. نشاط تسليم وتوصيل الادوية:

تتميز CaO - NPs بخصائص هيكلية وبصرية محددة تجعلها عوامل فعالة لتوصيل الدواء في العلاج الحراري الضوئي والعلاج الديناميكي الضوئي والعلاج المركب، يعالج العلاج الضوئي الديناميكي أنواعًا مختلفة من السرطان والأمراض غير الخبيثة بطريقة غير جراحية من خلال الجمع بين الضوء والأكسجين والمحسسات الضوئية[11].

تم إجراء تجربة لتقييم السمية الحادة والتوافق الحيوي طويل المدى لـ CaO-NPs كحاملات لتوصيل الأدوية في التوزيع الحيوي، ووضع العلامات على التوزيع الحيوي، والسمية الخلوية في الفئران، السمات الرئيسية لنظام توصيل الدواء المتخصص هي قابلية التحلل الحيوي والتوصيل المستهدف، كما يظهر في استخدام توصيل الدواء باستخدام CaO - NPs [12].

III.7.2. نشاط مضاد للميكروبات والسرطانات:

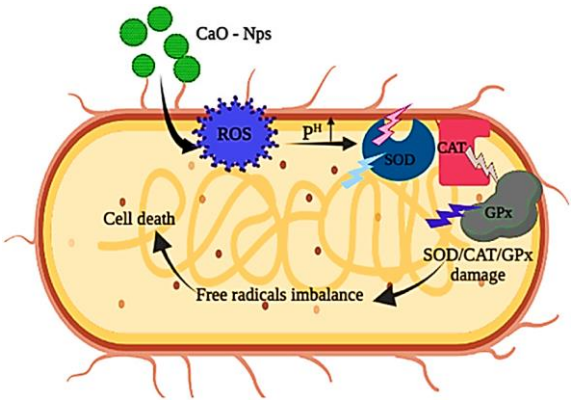
III.7.2.1. نشاط مضاد للفطريات:

استخدام جزيئات CaO كعامل مضاد للفطريات قوي، حيث أظهرت جزيئات CaO الحيوية أقصى تركيز تثبيطي بنسبة 15% ضد مرض الجمرة الخبيثة وقد وجد أنها غير سامة عند اختبار السمية الخلوية ضد خلايا MRC 5 وخلايا VERO VERO. [13]

III.2.2.7. نشاط مضاد للبكتيريا:

ووجد أن جزيئات CaO - NPs يمكن استخدامها لمنع نمو البكتيريا المسببة للأمراض والخلايا السرطانية [14] ، ومع ذلك هناك حاجة إلى مزيد من البحوث لتقييم أهميتها الصيدلانية وتأثيراتها السامة على خلايا الثدييات الطبيعية ، كما تمتلك جسيمات أكسيد الكالسيوم النانوية نشاطًا مضادًا للميكروبات عاليًا ضد *E. coli* و*P. aeruginosa* في حين أن *S. aureus* و*S. typhi* و*V. cholerae* و *S. Dysenteriae* لها نشاط مبيد للجراثيم أقل [16 ,15].

الزائفة الزنجارية هي بكتيريا مسببة للأمراض الشائعة مسؤولة عن التهاب القرنية وأمراض الرئة والتليف الكيسي والالتهابات المكتسبة من المستشفيات وبعض الأمراض القاتلة الأخرى، تتمتع المكورات العنقودية الذهبية البشرية بمناعة ضد العديد من المضادات الحيوية، مما يسمح لها باستعمار المعدات الطبية المختلفة بسهولة عن طريق تكوين الأغشية الحيوية والأغشية، و تشير سمية CaO -NPs تجاه سلالات ميكروبية معينة إلى احتمال استخدامها في العوامل المضادة للميكروبات[17]، أظهرت CaO-NPs أنشطة مضادة للجراثيم أفضل على العديد من السلالات البكتيرية المسببة للأمراض بسبب مساحتها الخارجية الكبيرة وانخفاض نسبة الحجم [18].



الشكل (III-4): تمثيل تخطيطي للآلية المقترحة لجزيئات CaO-NPs في النشاط المضاد للبكتيريا[19].

III.3.2.7. علاج اللب السني:

يحتوي تجويف الفم على أنواع مختلفة من الكائنات الحية الدقيقة. تقوم بعض الميكروبات بتفكيك السكر والحمض، مما يؤدي إلى تلف الأسنان بسبب فقدان أيونات الكالسيوم والفوسفات، تم تطبيق NPs ذات الأساس المعدني في مجالات مختلفة من طب الأسنان نظرًا لخصائصها المضادة للبكتيريا واسعة النطاق [20].

III.4.2.7. تطبيقات في مجال المضادات الحيوية:

الأغشية الحيوية البكتيرية عبارة عن أغشية معقدة ومتصلة بالسطح من الكائنات الحية الدقيقة والتي ترتبط باستمرار بمصفوفات البوليمر المنتجة ذاتيًا والتي تتكون أساسًا من الحمض النووي خارج الخلية والسكريات والبروتينات المفرزة، و تجدر الإشارة إلى أن الأغشية الحيوية توفر درعًا للبكتيريا وتوفر لها بيئة خارجية أكثر ملاءمة في ظل ظروف غير مؤكدة[21].

III.8. الآفاق المستقبلية:

تطوير تقنيات التحضير الخضراء: استخدام مصادر متجددة للطاقة والمواد الخام البيولوجية في عمليات التصنيع لتقليل الآثار البيئية السلبية.

تحسين كفاءة الإنتاج واستخدام الموارد: تطبيق تقنيات تصنيع أكثر كفاءة لتقليل الفاقد واستهلاك الطاقة، وزيادة الإنتاجية بتكلفة أقل.

استخدام المواد البديلة والمتجددة: البحث في استخدام مواد بديلة ومتجددة لإنتاج جسيمات أكسيد الكالسيوم النانوية، مما يقلل من الاعتماد على المواد الضارة بالبيئة.

الابتكار في عمليات التحليل والتحكم: تطوير أساليب تحليل ومراقبة دقيقة للعمليات الإنتاجية لضمان جودة المنتج وتحقيق الاستدامة البيئية.

التوجه نحو الاقتصاد الدائري: تحقيق دورة حياة مستدامة للمنتجات من خلال إعادة تدوير المواد واستخدام التقنيات البيئية في توليف جسيمات النانو.

توعية المستهلكين: زيادة الوعي بأهمية استخدام المنتجات النانوية الصديقة للبيئة والمصنوعة بطرق مستدامة.

III.9. التحديات:

استخدام المواد الخضراء: تحدي تطوير مواد بديلة وخضراء لاستخدامها في عمليات التحضير، مما يتطلب البحث المستمر عن مواد خام متجددة وغير ضارة للبيئة.

التحكم في الفاقد والتلوث: تحقيق التوازن بين الإنتاجية والحفاظ على البيئة، وتطوير أساليب فعالة للتحكم في النفايات وتقليل الانبعاثات الضارة.

البحث والتطوير: ضرورة الاستثمار في البحث والتطوير لتحسين عمليات التصنيع وتطوير تقنيات جديدة تحافظ على الاقتصادية وتحقق الاستدامة البيئية.

التشريعات والتنظيمات: التحدي في التعامل مع التشريعات البيئية المتزايدة واللوائح الصارمة التي تضعها الحكومات للحفاظ على البيئة وصحة الإنسان.

تحسين كفاءة الطاقة: التحدي في تحسين كفاءة استخدام الطاقة في عمليات التصنيع، واستخدام مصادر الطاقة المتجددة لتقليل البصمة الكربونية.

التعليم والتوعية: تحدي توعية المجتمع بأهمية الاستدامة وتعزيز الثقافة البيئية لتحقيق تغييرات إيجابية في الصناعة والمجتمع.

يظهر البحث والتطوير في مجال توليف جسيمات أكسيد الكالسيوم النانوية فرصًا كبيرة للتقدم في العلم والتكنولوجيا. تركز الجهود الحالية على البحث عن طرق بديلة وصديقة للبيئة لتحضير هذه الجسيمات، مما يشكل تحديًا مثيرًا للاهتمام للعديد من الباحثين والمهندسين، على الرغم من التحديات التي تواجهها استخدام المواد الخضراء، التحكم في الفاقد والتلوث، مثل إلا أن هناك فرصًا كبيرة للابتكار والتطوير، تحقيق الاستدامة في هذا المجال يتطلب الاستثمار في البحث والتطوير لتحسين عمليات التصنيع وتطوير تقنيات جديدة، من المهم أيضًا تعزيز التعاون بين القطاعات المختلفة، بما في ذلك الصناعة والأكاديمية والحكومة، لتبادل المعرفة والخبرات وتحقيق تطبيقات فعالة لجسيمات أكسيد الكالسيوم النانوية، على المدى الطويل يمكن للابتكارات في هذا المجال أن تسهم بشكل كبير في تحسين الصناعات المختلفة وتوفير حلول فعالة للتحديات البيئية والاقتصادية ، وبالتالي يظل البحث والتطوير في هذا المجال جزءًا أساسيًا من الجهود المستمرة نحو تحقيق مستقبل مستدام ومزدهر.

مراجع الفصل الثالث:

[1] P.-L. Boey, G. P. Maniam, and S. Abd Hamid, "Performance of calcium oxide as a heterogeneous catalyst in biodiesel production: A review," *Chemical engineering journal*, vol. 168, pp. 15-22, 2011.

[2] 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.

[3] 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.

[4] L. M. Correia, R. M. A. Saboya, N. de Sousa Campelo, J. A. Cecilia, E. Rodríguez-Castellón, C. L. Cavalcante Jr, *et al.*, "Characterization of calcium oxide catalysts from natural sources and their application in the transesterification of sunflower oil," *Bioresource technology*, vol. 151, pp. 207-213, 2014.

[5] N. Yousefi Limaee, M. Ghahari, K. Seifpanahi-Shabani, A. Naeimi, and S. Ghaedi, "Evaluation of adsorptive efficiency of calcium oxide nanoparticles for the elimination of cationic dyes: combustion synthesis, adsorption study and numerical modeling," *Progress in Color, Colorants and Coatings*, vol. 16, pp. 1-20, 2023.

[6] T. Derbe, S. Temesgen, and M. Bitew, "A short review on synthesis, characterization, and applications of zeolites," *Advances in Materials Science and Engineering*, vol. 2021, pp. 1-17, 2021.

[7] 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.

[8] A. Butt, S. Ejaz, J. Baron, M. Ikram, and S. Ali, "CaO NANOPARTICLES AS A POTENTIAL DRUG DELIVERY AGENT FOR BIOMEDICAL APPLICATIONS," *Digest Journal of Nanomaterials & Biostructures (DJNB)*, vol. 10, 2015.

[9] V. K. Yadav, K. K. Yadav, M. M. Cabral-Pinto, N. Choudhary, G. Gnanamoorthy, V. Tirth, *et al.*, "The processing of calcium rich agricultural and industrial waste for recovery of calcium carbonate and calcium oxide and their application for environmental cleanup: A review," *Applied Sciences*, vol. 11, p. 4212, 2021.

[10] M. Deepa, P. Sudhakar, K. V. Nagamadhuri, K. Balakrishna Reddy, T. Giridhara Krishna, and T. N. V. K. V. Prasad, "First evidence on phloem transport of nanoscale calcium oxide in groundnut using solution culture technique," *Applied Nanoscience*, vol. 5, pp. 545-551, 2015.

[11] H. Yang, R. Liu, Y. Xu, L. Qian, and Z. Dai, "Photosensitizer nanoparticles boost photodynamic therapy for pancreatic cancer treatment," *Nano-Micro Letters*, vol. 13, pp. 1-16, 2021.

[12] A. Butt, S. Ejaz, J. Baron, M. Ikram, and S. Ali, "CaO NANOPARTICLES AS A POTENTIAL DRUG DELIVERY AGENT FOR BIOMEDICAL APPLICATIONS," *Journal of Nanomaterials Biostructures*, vol. 10, 2015.

[13] 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*

Technology

vol. 9, pp. 11756-11768, 2020.

[14] Y. Mbenga, M. S. Mthana, D. M. Mthiyane, O. E. Ogunjinmi, M. Singh, and D. C. Onwudiwe, "Facile biosynthesis of CaO nanoparticles using extract of Tulbaghia violacea and evaluation of their antibacterial and

cytotoxicity activity," *Inorganic Chemistry Communications,* vol. 151, p. 110581, 2023.

[15] A. Roy, S. S. Gauri, M. Bhattacharya, and J. Bhattacharya, "Antimicrobial activity of CaO nanoparticles," *Journal of biomedical nanotechnology*

vol. 9, pp. 1570-1578, 2013.

[16] G. Gedda, S. Pandey, Y.-C. Lin, and H.-F. Wu, "Antibacterial effect of calcium oxide nano-plates fabricated from shrimp shells," *Green Chimestry,* vol. 17, pp. 3276-3280, 2015.

[17] S. T. Khan, M. Ahamed, J. Musarrat, and A. A. Al-Khedhairy, "Anti-biofilm and antibacterial activities of zinc oxide nanoparticles against the oral opportunistic pathogens R othia dentocariosa and R othia mucilaginosa," *European Journal of Oral Sciences,* vol. 122, pp. 397-403, 2014.

[18] Y. Shalom, I. Perelshtein, N. Perkas, A. Gedanken, and E. Banin, "Catheters coated with Zn-doped CuO nanoparticles delay the onset of catheter-associated urinary tract infections," *Nano Research,* vol. 10, pp. 520-533, 2017.

[19] M. Kumari, B. Sarkar, K. J. B. Mukherjee, and A. Biotechnology, "Nanoscale calcium oxide and its biomedical applications: A comprehensive review," vol. 47, p. 102506, 2023.

[20] F. D. Magalhães, G. Sarra, G. L. Carvalho, A. C. F. Pedroni, M. M. Marques, L. Chambrone, *et al.*, "Dental tissue-derived stem cell sheet biotechnology for periodontal tissue regeneration: A systematic review," *Archives of Oral Biology,* vol. 129, p. 105182, 2021.

[21] A. Awaad, Z. A. Olama, G. M. El-Subruiti, and S. M. Ali, "The dual activity of CaONPs as a cancer treatment substance and at the same time resistance to harmful microbes," *Scientific Reports,* vol. 13, p. 22940, 2023.

الفصل الرابع:

دراسات سابقة

IV.الدراسات السابقة :

IV.1. النانو سيليكا (SiO_2)

IV.1. 1. الدراسة الأولى[1]:

استنادا إلى العمل المنجز من طرف الباحثين:

Bachir Ben Seghir , Hadia Hemmami el al.2023

والذي جاء بعنوان:

Methods for the Preparation of Silica and Its Nanoparticles from Different Natural Sources

طرق تحضير السيليكا وجسيماتها النانوية من مصادر طبيعية مختلفة

تهدف هذه الدراسة إلى انتاج جسيمات النانو سيليكا من مختلف النفايات الزراعية كبقايا الأرز، بقايا جوز الهند وبقايا القمح باستخدام ثلاث طرق معالجة، طريقة المعالجة الحرارية حيث بينت هذه المعالجة أن درجات الحرارة العالية التي تتجاوز 700 °C تنتج تراكيز اكبر من النانو سيليكا من بقايا قصب السكر، المعالجة القلوية (Sol-Gel) تتم هذه المعالجة عن طريق تحويل رماد السيليكا الى هلام السيليكا باستخدام مذيبات قلوية (KOH/NaOH) المعالجة الحيوية أظهرت هذه المعالجة أنه يتم استخدام العملية الميكروبية للاستخراج السيليكا من النفايات الزراعية، يتم تخليق السيليكا من بقايا الأرز، بقايا جوز الهند وبقايا القمح عن طريق استخدام تقنية التنقية بالحمض وطريقة Sol-Gel تستخدم السيليكا النانوية في عملية الامتزاز وكذا المحفزات الكيميائية وتنقية المياه، كما تدخل في تطبيقات العديد من المجالات كالطب، الزراعة، الصناعة والكيمياء.

IV.1. 2. الدراسة الثانية[2]:

استنادا إلى العمل المنجز من طرف الباحثين

Imane Kouadri, Bachir Ben Seghir, et al.2023

الذي جاء بعنوان:

Extraction of Silica from Different Sources of Agricultural Waste

استخلاص السيليكا من مصادر مختلفة من المخلفات الزراعية

تمت دراسة النفايات: قشرة الفول السوداني، قشرة الجوز ونفايات النجارة الخشبية من أجل استخلاص النانو سيليكا، تم تسخين العينات السابقة في درجات حرارة تتراوح من 600 الى 700°C للحصول على الرماد من أجل المعالجة الكيميائية، خلال المعالجة الكيميائية تم الحصول على مسحوق السيليكا باستخدام HCL وتم الحصول على سيليكات الصوديوم باستعمال NaOH على رماد العينات، بعد معالجة سيليكات الصوديوم بمحلول H_2SO_4 تم الحصول على سيليكات الأمورفية، استعملت تقنية طيف الاشعة تحت الحمراء بالتحويل الفوري (FTIR)، المجهر الالكتروني بالمجال (SEM)، طيف (EDX)وطيف الاشعة السينية (XRD) في توصيف عينات السيليكا المتحصل عليها، تم الحصول على النانو سيليكا بكمية عالية من قشر الفول السوداني بنسبة 85% في حين كانت نسبة السيليكا في قشور الجوز بنسبة 71% أما نفايات نجارة الخشبة كانت بنسبة 70% وهذا يعني أن السيليكا تتوفر بكمية وفيرة في قشور الفول السوداني.

IV.1. 3. الدراسة الثالثة[3]:

استناد إلى المقال العلمي المنجز من طرف الباحثين:

B. Gorji, M.R. Allahgholi Ghasri,et al.2012

تحت عنوان:

Synthesis and Characterizations of Silica Nanoparticles by a New Sol-Gel Method

تحضير وتوصيف جسيمات السيليكا النانوية بطريقة السول–جيل الجديدة

تم تقديم دراسة حول توليف هلام النانو سيليكا باستخدام طريقة Sol-Gel حيث تم تحضيره بالتحلل المائي والتكثيف باستخدام tetraethylorthosilicate (TEOS) في وجود polyethyleneglycol, hydrochlorique Acid، تم توصيف عينات السيليكا النانوية المتحصل عليها عن طريق تقنية حيود الاشعة السينية(XRD) ، وتقنية المسح الضوئي للمجال(SEM) ، المجهر الالكتروني (TEM) حيث تم الحصول على حجم 34 نانومتر من هلام السيليكا، تعتبر طريقة Sol–Gel أكثر الطرق الجديدة نقاوة.

1.IV. 4. الدراسة الرابعة[4]:

استناد إلى العمل المنجز من طرف الباحثين:

Rajiv Periakaruppan ,C Priya ,P Ranjitha ,et al. 2022

بعنوان:

Biosynthesis of Silica Nanoparticles Using Leaf Extract of Punica Granatum and Assessment of Its Antibacterial ActiIVties Against Human Pathogens

التخليق الحيوي لجسيمات السيليكا النانوية باستخدام مستخلص أوراق الرمان وتقييم نشاطها المضاد للبكتيريا ضد مسببات الأمراض البشرية.

تهدف هذه الدراسة إلى إنتاج جسيمات السيليكا النانوية بواسطة التخليق الحيوي باستخدام مستخلص أوراق الرمان، وتم تقييم نشاطها المضاد للبكتيريا ضد مسببات الأمراض البشرية، بتطبيق الطريقة البيولوجية صنعة جسيمات السيليكا النانوية باستعمال Tetra Ethyl Ortho Silicate، بعد التفاعل تم إضافة محلول HCL للمزيج بعد مرور مدة زمنية تشكل هلام السيليكا والذي جفف باستعمال الفرن الساخن عند 100°C,تم الحصول على مسحوق السيليكا الأبيض، تم إجراء التوصيف لاكتشاف خصائصها باستخدام الأشعة فوق

البنفسجية المرئية، مقياس الطيف الضوئي، وتحليل حيود الأشعة السينية، وتحليل SEM، وتحليل EDAX، وتحليل FTIR، أثبتت الدراسة أن جسيمات السيليكا النانوية المستخرجة من أوراق نبات الرمان فاعلية جيدة ضد الجراثيم البكتيرية.

IV.1. 5. الدراسة الخامسة[5]:

استنادا إلى العمل المنجز من طرف الباحثين:

M.Th.AL-Azawi S.M.Hadi Ch. et al. 2019

وجاء بعنوان:

Synthesis of silica nanoparticles IVa green approach by using hot aqueous extract of thuja orientalis leaf and their effect on biofilm formation

تخليق جسيمات السيليكا النانوية بواسطة نهج أخضر باستخدام مستخلص مائي ساخن من أوراق شجرة "ثوجا أورينتاليس" وتأثيرها على تكوين الأغشية الحيوية

تم تحضر مستخلص أوراق الثوجا المائي باستعمال Tetraethyl orthosilicate (TEOS) حيث تم استخدام الطريقة المغناطيسية وطريقة البلازما الباردة من أجل توليف السيليكا النانوية، تم تحديد النشاط المضاد للميكروبات لجسيمات السيليكا باستخدام طريقة التشتيت في أجوف الأغراض ضد عازلات البكتيريا الممرضة (*S. aureus* و*E. Coli*)، و فحصت العينات بواسطة تقنيات حيود الاشعة السينية (XRD)، قياس الميكروسكوب الذري للقوى (AFM) وتقنية طيف الأشعة تحت الحمراء (FTIR)،أثبتت الدراسة تأثير جسيمات السيليكا على تكوين الأغشية الحيوية.

IV.1. 6. الدراسة السادسة[6]:

من خلال الدراسة المقدمة من طرف الباحثين:

Abdulloh Fuad, Nandang Mufti, Markus Diantoro, et al.2016

والذي جاء بعنوان:

Synthesis and Characterization of Highly Purified Nano silica from Pyrophyllite Ores

تخليق وتوصيف السيليكا النانوية عالية النقاء من خامات البيروفيليت

باستخدام الاستخلاص القلوي المتبوع بالترسيب الحمضي والذوبان الحمضي تم تطوير طريقة بسيطة لإنتاج سيليكا نانوية عالية النقاء من مواد البيروفيليت، وذلك عن طريق التحكم بمعاملات التفاعل من أجل تحقيق أعلى نسبة من السيليكا المترسبة والتي حققت حوالي 99.45% من السيليكا النانوية عالية النقاء باستعمال تقنيات التوصيف XRFوSEMوTEM وFTIRومساحة سطح BET وامتصاص الزيت ودرجة البياض، بلغت مساحة سطح BET 259متر مربع/جم، ونسبة البياض 97%، أما امتصاص الزيت فكان 3 مل/جم والتي تم قياسها بالتحليلي البلازما الطيفي بالكتلة، و تؤكد الدراسة على أن خامات البيروفيليت تحتوي على نسبة عالية من السيليكا عالية النقاء.

IV.1. 7. الدراسة السابعة[7]:

بالاستناد إلى العمل المنجز من طرف الباحثين:

Mayara E Carneiro, Washington LE Magalhães,et al 2015

الذي جاء بعنوان:

Preparation and Characterization of Nano Silica from Equisetum arvenses

تحضير وتوصيف السيليكا النانوية من نبات الخيزران(Equisetum arvenses)

نبات الخيزران واحد من بين النباتات التي تمتلك على نسبة عالية من السيليكا. تم تحظير جسيمات السيليكا النانوية بتركيبات مختلفة المنجزة بدورتين من الغسيل الحمضي والتكليس عند درجات حرارة متفاوتة،

أعطت أفضل نتائج للسيليكا كأعلى مساحة سطحية نوعية، قطر 8نانومتر وحوالي 93.5% من السيليكا غير المتبلورة،تم تشخيص عينات السيليكا بالاستعانة بتقنيات تحليل فوريه لتحويل الاشعة تحت الحمراء الطيفي (FTIR)، المسح والمجهر الالكتروني للإرسال (SEM/TEM) وكذا حيود وفلورة الاشعة السينية (XRF/XRD) في عملية توصيف جسيمات السيليكا النانوية.

IV.8.1. الدراسة الثامنة[8]:

استناد إلى العمل المنجز من طرف الباحثين:

IVoleta Purcar , Valentin Rădi,toiu, et al.2021

تحت عنوان:

Preparation and Characterization of Silica Nanoparticles and of Silica-Gentamicin Nanostructured Solution Obtained by Microwave-Assisted Synthesis

تحضير وتوصيف جسيمات السيليكا النانوية وحل السيليكا–جنتاميسين النانوي المهيكل المُستحصل عليه بواسطة التخليق بمساعدة الميكروويف.

للقيام بهذه التجربة تم استخدام مجموعة من المواد المساعدة في عملية التوصيف حيث استعملGentamicin sulfate كمضاد حيوي، Tetraethylorthosilicateكمصدر لجسيمات السيليكا، Octyltriethoxysilane كعامل تعديل،Isopropyl alcohol كمذيب عضوي، Aqueous solution of ammonia كمحفز. تم توصيف العينات المتحصل عليها لدراسة الخصائص الهيكلية والمورفولوجية كما تم توليفها كتشتت لمراقبة النشاط المضاد للبكتيريا، تم طحن العينات مع مسحوق KBr وضغطها في شكل قرص من اجل المسح بالأشعة تحت الحمراء، و أجري التحليل الحراري للعينات النهائية باستخدام جهاز لدراسة المورفولوجيا والشكل، وتسجيل المورفولوجيا والتوبوجرافيا، ومراقبة المورفولوجيا السطحية لجسيمات السيليكا ومحلول السيليكا المهيكلة مع الجنتامايسين باستخدام جهاز المجهر الالكتروني

للنقل، جهاز المجهر الذري القوي وكذا جهاز المجهر البصري الرقمي، و أثبتت هذه الدراسة إمكانية استعمال هذه الجسيمات كمعامل حيوي للوقاية من الكائنات الحية الدقيقة وعلاجها.

IV.1. 9. الدراسة التاسعة[9]:

من خلال الدراسة التي قدمها الباحثون:

Yanan Li, Ren Wang, Zhengxing ChenID, et al.2020

جاءت بعنوان:

Preparation of magnetic mesoporous silica from rice husk for aflatoxin B1 removal: Optimum process and adsorption mechanism.

تحضير السيليكا المسامية المغناطيسية من قشر الأرز لإزالة الأفلاتوكسين B1: العملية المثلى وآلية الامتزاز.

تم توليف الجسيمات النانوية عبر ثلاث مراحل، المرحلة الأولى عن طريق اعداد محلول سيليكات الصوديوم من قشر الأرز، المرحلة الثانية كانت بتخليق جسيمات Fe_3O_4 النانوية في حين المرحلة الثالثة كانت عبارة عن دمج الجسيمات MMSالنانوية بالجسيمات Fe_3O_4 المغناطيسية وعولجت بالموجات الفوق صوتية، أضيف عليها محلول كل من سيليكات الصوديوم المحضر وHCL من أجل الحصول على السيليكا ذات هياكل مسامية عن طريق الحرق. أظهرت نتائج التوصيف أن الجسيمات التي دمج مع Fe_3O_4 أعطت استجابة عالية في المجال المغناطيسي، وكانت ظروف الامتزاز المثلى 2 ساعة عند 20 درجة مئوية في ظل افتراض امتزاز أحادي الطبقة AFB1 بشكل موحد، امتزاز AFB1 على رسائل الوسائط المتعددة كانت عملية طاردة للحرارة تلقائيًا، مما يشير إلى أن الجسيمات الناتجة كانت مادة واعدة لإزالة AFB1على نظام الزيت.

IV.1. 10. الدراسة العاشرة [10] :

استنادا إلى العمل المنجز للباحثين:

Rohani Abu Bakar, Rosiyah Yahya, 2016)

بعنوان:

Production of High Purity Amorphous Silica from Rice Husk

إنتاج السيليكا غير المتبلورة عالية النقاء من قشر الأرز.

ركزت هذه الدراسة على إنتاج السيليكا من قشر الأرز باستخدام طريقتين، تتضمن الطريقة الأولى التخمر باستخدام محلول كبريتات الصوديوم، يليه غسل العينات ثم تجفيفها للحصول على قشر الأرز غير المخلوط. أما الطريقة الثانية تتضمن المعالجة باستخدام حمض الهيدروكلوريك أو حمض الكبريتيك، يليها غسل العينات ثم تجفيفها للحصول على قشر الأرز المخلوط بالحمض، تم إخضاع العينات الناتجة في فرن عند درجات حرارة تتراوح بين 500 إلى 900 درجة للحصول على رماد قشر الأرز، تم إجراء توصيف لسيليكا ناتجة بواسطة عدة أجهزة: جهاز Thermo Scientific FTIR Nicolet ، باستخدام جهاز Bruker X-ray Diffractomete، تم تقدير محتوى السيليكا والشوائب المعدنية في العينات باستخدام مطياف الفلورانس السينية بالتشتت بالطول الموجي(XRF) تم توصيف قشر الارز الناتج بعدة تحاليل، أولا تحليل الحرارة والوزن(TG) باستخدام تحليل TG لتحديد وجود المكونات العضوية في قش الأرز. تُظهر منحنيات TGلقش الأرز غير المخلوط وقش الأرز المخلوط بالحمض، تم توصيف عينات السيليكا المتحصل عليها بواسطة عدة تقنيات، تقنية تحليل الأشعة تحت الحمراء بالتحويل الفوري (FTIR) لسيليكا، تحليل الأشعة السيني(XRD) وتحليل الفلورانس السيني الطولي(XRF) اثبتت الدراسة إمكانية انتاج سيليكا غير متبلورة ذات نقاء هالي99%من قشر الارز بطريقة المعالجة بالحمض.

IV.1. 11. الدراسة الحادية عشر[11]:

استناد إلى العمل المنجز من طرف الباحثين:

Sadiya Aziz Anah; and Saad Aziz Anah et al.2023

الذي ورد تحت عنوان:

Efficiency Evaluation of Silica Nanoparticles as a Pesticide against Ctenocephalides felis.

تقييم كفاءة جسيمات السيليكا النانوية كمبيد حشري ضد Ctenocephalides felis.

تلعب براغيث Ctenocephalides felis دورًا كبيرًا في نقل العديد من الأمراض إلى البشر والحيوانات، أظهرت الدراسات أن المبيدات الحشرية التقليدية لم تعد فعالة ضد هذا النوع من الحشرات، تركز هذه الدراسة على استكشاف إمكانية استخدام المبيدات الحشرية النانوية للسيليكا كبديل للمبيدات التقليدية للتخلص من براغيث Ctenocephalides felis نظرًا لأنها مواد صديقة للبيئة، ولتأثيرها الفعّال على العديد من الحشرات الضارة.

أُجري البحث على مجموعة من القطط المصابة بهذه البراغيث في ثلاث تجارب مختلفة باستخدام تراكيز مختلفة للمبيدات الحشرية النانوية (50، 100، 150 ملغم/مل) لفترات زمنية متفاوتة (10، 20، و40 دقيقة). تم استخدام جسيمات السيليكا النانوية، وهي مسحوق أبيض ناعم ذو درجة نقاوة عالية 99.95%، المعقمة بواسطة الأوتوكلاف، بالإضافة إلى الماء المقطر والسايبرمثرين، تم جمع عينات من براغيث Ctenocephalides felis وتشخيصها لدراسة التأثير المضاد للبراغيث على جسيمات السيليكا النانوية، وتم التحقق من التشخيص باستخدام المجهر الضوئي المركب. تم مراجعة النتائج باستخدام برنامج SPSS إصدار 24 لتحليل البيانات الإحصائية.

أظهرت نتائج اختبار فعالية جسيمات أكسيد السيليكا (SiO_2-NPs) على البراغيث C. felis استجابة إيجابية بتأثير مبيد، حيث استُخدمت ثلاث تراكيز مختلفة وفترات زمنية متباينة، زادت فعالية جسيمات SiO2-NPs مع زيادة التركيز وزمن التعرض، حيث كانت تركيزات 150 ملغ/مل أكثر فعالية بنسبة 96٪ بعد 40 دقيقة، وهو أعلى تأثير مبيد مقارنة بالتركيزات الأخرى والفترات الزمنية الأخرى ($p < 0.05$). رصدت تركيزات 50 ملغ/مل أدنى معدل وفيات بلغ 22.3٪ بعد 10 دقائق. في النهاية، أظهر التحليل الإحصائي وجود فروق ذات دلالة بين مجموعات المعالجة والمجموعة السيطرة ($p < 0.05$). تم استنتاج أن استخدام الجسيمات النانوية يمكن أن يكون نهجاً فعّالاً لمكافحة البراغيث. أظهرت نتائج الدراسة الحالية أن جسيمات SiO_2-NPs تمتلك خصائص وتأثيرات مضادة للطفيليات ضد Ctenocephalides felis.

12.1.IV.الدراسة الثانية عشر[12]:

استنادا إلى العمل المنجز من طرف الباحثين:

J.V. Bondarevaa, T.F. Aslyamova, A.G. Kvashninb, et al.2015

والذي جاء بعنوان:

EnIVronmentally friendly method of silicon recycling: synthesis of silica nanoparticles in an aqueous solution.

طريقة صديقة للبيئة لإعادة تدوير السيليكون: تخليق جسيمات السيليكا النانوية في محلول مائي.

تم تطوير نهج تنازلي يحقق تحويل 100%من السيليكون لجسيمات سيليكا نانوية حيث تتميز هذه الطريقة بالبساطة وقابلية التوسع في توزيع حجم الجسيمات. للحصول على جسيمات السيليكا بواسطة طريقة ستوبر تم استخدام محلول مائي من الامونيا 25%للماء النقي من اجل تسريع عملية الحصول على الجسيمات والتقليل من وقت التوليف لإجراء دراسة مفصلة وتحديد منتجات التفاعل، و تم توصيف عينات

السيليكا المتحصل عليها بواسطة TEM،SEM ، وقياس الامتزاز، و أظهرت النتائج ان درجة الحرارة ورد فعل الوقت له تأثير حاسم على توزيع حجم الجسيمات وخصائص الامتزاز.

IV.1. 13. الدراسة الثالثة عشر[13]:

استناد إلي العمل المنجز من طرف الباحثين:

ElIVs A. Okoronkwo, Patrick EhiImoisili, et al.2016

تحت عنوان:

Development of Silica Nanoparticle from Corn Cob Ash.

تطوير جسيمات السيليكا النانوية من رماد الذرة.

الهدف من هذه الدراسة تخليق جسيمات النانو سيليكا من رماد الذرة (CCA) بطريقةsol–gel ، تم استخراج السيليكا من رماد الذرة اعتماد على طريقة sol-gelوالتنظيم السيليكا المستخرجة تم اعتماد طريقة التعديل حيث تم مزج محلول Hexadecyl trimethyly ammonium bromide (CTAB) في ماء نقطر ثم إضافة NH_4OHوإضافة السيليكا المستخرجة ثم تجفيفها، و تم تعريض رماد القش والسيليكا المستخرجة لعدة تقنيات، تقنية تحليل الأشعة السينية (XRD)، وتحليل الإشعاع السيني (XRF)، والطيف الأشعة تحت الحمراء بالتحويل فورية (FTIR)، والمجهر الإلكتروني الماسح/الطيف الإشعاعي للأشعة السينية (SEM/EDX).

السيليكا المستخرجة المحلل بواسطة أظهرت أنماط XRDالطبيعة غير المتبلورة لسيليكا المستخرجة. أظهرت بيانات FTIRوجود مجموعاتsiloxane and silanol كما أظهر SEM / EDS أن الجسيمات تمتلك تشكيلًا غير منتظم، يؤكد طيف EDSوجود SiO_2.

IV.1. 14. الدراسة الرابعة عشر[14]:

استناد الى العمل المنجز من طرف الباحثين:

Ismail A.M. Ibrahim, A.A.F. Zikry, et al . 2014

والذي جاء بعنوان:

Preparation of spherical silica nanoparticles: Stober silica

تحضير جسيمات السيليكا النانوية الكروية: ستوبر سيليكا.

تمحورت هاذي الدراسة إلي انتاج جسيمات نانو سيليكا من العنصر الاساسي Sodium meta silicate ($Na_2O_3Si.9H_2O$)، عن طريق اضافة حمض HCl على المحلول الأساسي جيت تم الحصول على جيل السيليكا من ثم نقوم بإضافة حمضHF، ثم تمت عمليتي الترشيح والتجفيف للحصول على مسحوق سيليكا الأبيض، و تم توصيف العينات بواسطة تقنيات، تقنية الانتشار الضوئي الثابت والمجهر الإلكتروني الماسح والتي أظهرت أن جسيمات السيليكا كروية الشكل.

IV.1. 15. الدراسة الخامسة عشر[15]:

استنادا إلى العمل المنجز من طرف مجموعة الباحثين:

A.N. Azzahra, E.S. Yusefin, G. Salima, M.M.W.M. Mudita, N.A. Febriani and A.B.D. Nandiyanto(2020) العمل نشر سنة

تحت عنوان:

ReIVew : Synthesis of Nanosilica Materials from Various Sources Using Various Methods

مراجعة: تصنيع مواد السيليكا النانوية من مصادر مختلفة باستخدام طرق مختلفة.

السيليكا هي مركب كيميائي يتكون من وحدات SiO_4 ويتواجد في العديد من المواد الطبيعية مثل الرمل والكوارتز والزجاج. ولتصنيع السيليكا وجسيماتها النانوية فإن هناك صنفين من المصادر المستخدمة في ذلك صناعية وطبيعية، وتتميز السيليكا ذات المصادر الصناعية ببنيتها الغير بلورية، لتوليف الجسيمات النانوية للسيليكا، أثبتت الدراسات أنه هناك العديد من الطرق المستخدمة في ذلك، وتتمتع هذه الأخيرة بمزايا وعيوب يتم التحكم بها وفقا للخصائص الكيميائية والفيزيائية للسيليكا، تتمثل الطرق في المعالجة الكيميائية، المعالجة الحرارية، وتشمل أيضا استعمال مواد معدنية وعضوية.

2.IV. أكسيد الكالسيوم (CaO)

2.IV . 1. الدراسة الأولى[16]:

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.

تتناول هذه الدراسة طرق تحضير جزيئات أكسيد الكالسيوم من قشر البيض بطريقة سهلة، و الهدف من هذه الدراسة هو إنتاج جزيئات أكسيد الكالسيوم من قشر البيض باستخدام طريقة التكليس، حيث تمت معالجة قشر البيض بحمض HCL لتكوين محلول $CaCl_2$ مما يؤدي إلى تكوين هيدروكسيد عن طريق التحلل المائي. في هذه العملية، يتم تكوين هيدروكسيد المعدن ومن ثم معالجته بمحلول، حيث تم معالجة بواسطة ,NaOH مما ينتج عنه هلام شديد التبلور يُترك طوال الليل، تليها عملية ترشيح وتجفيف للحصول على هلام أكسيد الكالسيوم.

تم إجراء توصيف الجسيمات باستخدام المجهر الإلكتروني الماسح (SEM)، التحليل الطيفي لتحويل فوريه للأشعة تحت الحمراء (FTIR)، تحليل مضان الأشعة السينية (XRF)، وحيود الأشعة السينية (XRD)، و أظهرت نتائج FTIR وXRD بوضوح تخليق أكسيد الكالسيوم من قشر البيض، والذي يتكون بشكل أساسي من كربونات الكالسيوم، كشفت 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 واعدًا لنفايات الكالسيوم لمختلف التطبيقات.

IV.2 . 2. الدراسة الثانية[17]:

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.

ركزت هذه الدراسة على إنتاج جزيئات أكسيد الكالسيوم النانوية من قشر البيض باستخدام الطريقة الفيزيائية، حيث تمت 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 للحصول على جزيئات أكسيد الكالسيوم المخصصة.

تم تشخيص الجسيمات باستخدام المجهر الإلكتروني الماسح (SEM)، ومطياف الأشعة السينية المشتتة للطاقة (EDX)، وحيود الأشعة السينية (XRD)، وأظهرت الصور أن جزيئات أكسيد الكالسيوم

ذات الحجم النانوي كانت عبارة عن حبيبات كروية تقريبًا، وتراوح متوسط حجم صور SEM المعلقة التي أنتجت جسيمات CaO من 20 إلى 70 نانومتر.

2.IV . 1. الدراسة الثالثة[18] :

استنادا الى العمل المنجز من طرف الباحثين:

Ei Ei Khine · Daniel Koncz-Horvath, et al.2022

بعنوان:

Synthesis and characterization of calcium oxide Nanoparticles for CO_2 capture

تحضير وتوصيف جسيمات أكسيد الكالسيوم النانوية لالتقاط ثاني أكسيد الكربون.

تهدف هذه الدراسة إلى تحضير جزيئات أكسيد الكالسيوم (CaO) متناهية الصغر باستخدام طريقة الترسيب. المشترك، حيث تم استخدام محلول كلوريد الكالسيوم ($CaCl_2$) وهيدروكسيد الصوديوم (NaOH) كمواد أولية أولاً، يتم تسخين المحاليل وتقليبها، ثم يتم غسل المنتج الناتج لإزالة كلوريد الصوديوم، وتجفيفه في هواء رطب، وحرقه للحصول على مسحوق أكسيد الكالسيوم، كما بحثت الدراسة في قدرته على امتصاص ثاني أكسيد الكربون من الهواء وقد وجد أنه عندما يتم الاحتفاظ بهذه الجزيئات في الهواء في درجة حرارة الغرفة، فإنها تتحول إلى كربونات الكالسيوم وتمتص ثاني أكسيد الكربون من الهواء ببطء، ولكن بثبات تم تشخيص العينات التي تم الحصول عليها باستخدام تحليل تشتت الأشعة السينية والمجهر.

أن جزيئات أكسيد الكالسيوم نانوية الحجم قادرة على امتصاص ثاني أكسيد الكربون باستمرار من الهواء، خاصة عند تخزينها في درجة حرارة الغرفة، ومع ذلك عند حفظها في درجات حرارة عالية، فإنها تمتص بخار الماء بدلاً من ثاني أكسيد الكربون، مما يقلل من تواجدها وكفاءة امتصاص الكربون.

2.IV . 4. الدراسة الرابعة[19]:

استنادا الى العمل المنجز من طرف الباحثين:

N. Gandhi, Y. Shruthi ,G. Sirisha،et al.2021

والذي جاء بعنوان:

Facile and Eco-Friendly Method for Synthesis of Calcium Oxide (CaO) Nanoparticles and its Potential Application in Agriculture

طريقة سهلة وصديقة للبيئة لتخليق الجسيمات النانوية لأكسيد الكالسيوم (CaO) وتطبيقها المحتمل في الزراعة.

تهدف هذه الدراسة إلى تطوير طريقة صديقة للبيئة وفعالة لدمج بعض المركبات العضوية واللاعضوية الهامة على نطاق النانو، وتقديم فهم أعمق لفعالية جسيمات أكسيد الكالسيوم في مجال الزراعة. تم تصنيع جزيئات أكسيد الكالسيوم من خلال مسار صديق للبيئة، تم استخدام مستخلص أوراق نبات، حيث تم غسله وغليه وتبريده وتصفيته للحصول على هذا الخليط، ثم معالجته بكلوريد الكالسيوم ($CaCl_2$) في عملية اختزال بيولوجي لتكوين جزيئات أكسيد الكالسيوم.

تم توصيف عينات أكسيد الكالسيوم (CaO NP) التي تم الحصول عليها باستخدام تقنيات مختلفة بما في ذلك الأشعة فوق البنفسجية المرئية، DLS،XRD،SEM، وEDX، UV−IVsible تم اختبار هذه الجسيمات للنشاط المضاد للميكروبات وأظهرت نتائج الدراسة الحالية أن طريقة التوليف الأخضر هذه يمكن تطبيقها بسرعة وبتكلفة مناسبة وصديقة للبيئة لإنتاج جزيئات أكسيد الكالسيوم لاستخدامها في مختلف مجالات التنمية الصناعية والطبية والزراعية.

2.IV . 5. الدراسة الخامسة[20]:

استنادا الى العمل المنجز من طرف الباحثين:

Ashwini Anantharaman, Ramalakshmi S ,et al.2016

والذي جاء بعنوان:

Green Synthesis of Calcium Oxide Nanoparticles and Its Applications

التوليف الأخضر لجسيمات أكسيد الكالسيوم النانوية وتطبيقاته.

الهدف من هذه الدراسة هو تصنيع جزيئات أكسيد الكالسيوم النانوية بطريقة صديقة للبيئة باستخدام أوراق البابايا ومستخلص أوراق الشاي الأخضر.

أولاً، تم تحضير مستخلص من البابايا وأوراق الشاي الأخضر، ثم أضيف محلول نترات الكالسيوم إلى مستخلص أوراق البابايا ثم تتم المعالجة باستخدام محلول الصوديوم للحصول على ترسب ابيض. تم بعد ذلك تم عملية ترشيح الراسب وتجفيفه وغسله عدة مرات لإزالة الشوائب، وتكرر نفس العملية لمستخلص أوراق الشاي الأخضر للحصول على جزيئات أكسيد الكالسيوم النانوية، تم تحليل جسيمات أكسيد الكالسيوم النانوية المتحصل عليها بواسطة عده تقنيات .باستخدام التحليل الطيفي للأشعة فوق البنفسجية والمرئية، والتحليل الطيفي للأشعة تحت الحمراء، وحيود الأشعة السينية، والمجهر الإلكتروني الماسح. كما تم تحليل النشاط المضاد للبكتيريا والتحفيز الضوئي لجزيئات أكسيد الكالسيوم النانوية.

IV.2 . 6. الدراسة السادسة[21]:

استناد إلى البحث المنجز من طرف الباحثين:

IVkram Jadhav, Arun Bhagare, et al .2022

الذي يندرج تحت عنوان:

Green Synthesized Calcium Oxide Nanoparticles (CaO NPs) Using Leaves Aqueous Extract of Moringa oleifera and Evaluation of Their Antibacterial ActiIVties

تصنيع جزيئات أكسيد الكالسيوم النانوية الخضراء (CaO NPs) باستخدام المستخلص المائي لأوراق نبات المورينغا أوليفيرا وتقييم نشاطها المضاد للبكتيريا

تهدف الدراسة إلى استكشاف استخدام مستخلص أوراق شجرة المورينجا العطرية كوسيلة بديلة لتوليف جسيمات أكسيد الكالسيوم النانوية، مما يساهم في فهم تأثير مورفولوجيا الجسيمات على نشاطها وتقييم فعاليتها.

تم جمع وتحضير أوراق شجرة المورينجا، واستخدامها في تخليق جسيمات أكسيد الكالسيوم النانوية بواسطة معالجة المستخلص المائي للأوراق مع نترات الكالسيوم، أظهرت الأطياف النانوية امتصاصًا جيدًا في المنطقة المرئية، مما يشير إلى إمكانيتها كمادة نانوية واعدة. توضح الدراسات الأشعة تحت الحمراء والمجهر الإلكتروني أن الجسيمات المصنعة لها شكل كروي ومتنوعة في الحجم، مع وجود عناصر الكالسيوم والأكسجين والصوديوم بوضوح، مما يدل على نقاء المادة المصنعة ، و تظهر النتائج وجود مجموعة متنوعة من الاهتزازات الوظيفية في المستخلص، وهو ما يمكن أن يلعب دورًا في عملية تخفيض أيونات الكالسيوم وتثبيت الجسيمات النانوية، إن النتائج الواعدة من دراسة النشاط المضاد للجراثيم تشير إلى إمكانية استخدام هذه الجسيمات في التطبيقات الطبية والبيولوجية.

2.IV . 7. الدراسة السابعة[22]:

استنادا إلى العمل المنجز من طرف الباحثين:

Saket Jha ,RaIVkant Singh ,Anand Pandey ,et al.2018

الذي يندرج تحت عنوان:

Bacterial Toxicological Assay of Calcium Oxide Nanoparticles against some Plant Growth Promoting Rhizobacteria

مقايسة السمية البكتيرية لجسيمات أكسيد الكالسيوم النانوية ضد بعض البكتيريا الجذرية المعززة لنمو النبات

تتميز الجسيمات النانوية بخصائصها المتعددة، مما يجعلها تستخدم في عديد من المجالات المهمة، وخاصة الجسيمات النانوية للمعاينة كالكالسيوم، رغم ذلك إلا أنه توجد مخاوف حول استخدامها لتأثيرها السلبي على الصحة والبيئة، لذلك تم تطوير طرق صديقة للبيئة لتوليفها.

تم عملية التخليق في هذه التجربة باستعمال بكتيريا جذرية، تمت عملية التخليق في هذه التجربة باستخدام بكتيريا جذرية من نوعين معزولتين من النباتات، واستخدمت اللقاحات الثمانية المصنعة ومن خلال تفاعل $CaCl_2$ وH_2O_2 مع محلول NaOH ولتحقيق الاستقرار، تمت إضافة بولي إيثيلين غليكول (PEG) وتمت عملية التوصيف الكيميائي باستخدام تحاليل SEM،XDR، UV-IVS ، لاختبار مضادات الميكروبات، بالإضافة إلى ذلك، تم استخدام مسحوق الكالسيوم للمقارنة مع الجسيمات النانوية المركبة، تم تجهيز محاليل الاستخلاص المخففة لمدة 24 ساعة، واستخدام مادة دعائية كعنصر تحكم قياسي، وفورم الدهيد كعنصر تحكم سلبي ، أظهرت النتائج أن جسيمات CaO المصنعة كيميائياً اتت على شكل بلورات مكعبة مستقرة أكثر. كما أظهرت تأثيرات مثبطة لهذه الجسيمات على بعض البكتيريا عند تركيزات عالية، ولكن بدون تأثير على البكتيريا الجذرية.

IV.2 . 8. الدراسة الثامنة[23]:

استناد الي العمل المنجز من طرف الباحثين:

Leandro Marques Correia, Rosana Maria Alves Saboya et al. 2013

بعنوان:

Characterization of calcium oxide catalysts from natural sources and their application in the transesterification of sunflower oil, Bioresource Technology

توصيف محفزات أكسيد الكالسيوم من المصادر الطبيعية وتطبيقاتها في أسترة زيت عباد الشمس، تكنولوجيا الموارد الحيوية.

تهدف هذه الدراسة الى توصيف محفزات أكسيد الكالسيوم من المصادر الطبيعية وتطبيقها في استرة زيت عباد الشمس حظرت محفزات أكسيد الكالسيوم من المصادر الطبيعية لقشر السلطعون وقشر البيض والتي تحتوي أساسا على كربونات الكالسيوم الذي تم تحويله إلى CaOبعملية التكليس، تتمتع هذه المحفزات بكونها منخفضة التكلفة ذات بنية مسامية وغير سامة.

تم توصيف عينات قشر السلطعون وقشر البيض باستخدام تقنيات (XRD)،(FTIR)، (TG/DTG) ، (CO_2−TPD)،(XPS)، (SEM) ونموذج BET، أظهرت نتائج تفاعلات التوصيف ان المحفزات المطلوبة تم تطبيق التعديل الحراري عليها في عملية الاستر لأنها لا تحتوي على محفز نشط في شكله الطبيعي، انتجت المعالج الحرارية حزينات $CaCO_3$ وCaO المسؤولة عن النشاط التحفيزي بينت النتائج ان المحتوى السطحي لCa عاليا لقشر البيض المتكلسة مقارنتا بقشر السلطعون مما يدل عل ان قشر البيض هو المصدر الأكثر وفرة على أكسيد الكالسيوم.

IV.2. 9. الدراسة التاسعة[24]:

استنادا الى العمل الذي قام به الباحثين:

Bhavya C, Yogendra K, Mahadevan K M,et al.2016

والذي جاء بعنوان:

Synthesis of Calcium Oxide Nanoparticles and Its Mortality Study on Fresh Water Fish Cyprinus Carpio.

تحضير جزيئات أكسيد الكالسيوم النانوية ودراسة معدل موتها على أسماك المياه العذبة Cyprinus Carpio.

تهدف هذه الدراسة الى اجراء اختبار LC50 لتركيز أكسيد الكالسيوم في مياه البحر لدراسة سميته على اسماك Cyprinus carpio.

تم تصنيع عينات جسيمات أكسيد الكالسيوم النانوي عن طريق عملية الاحتراق باستخدام محلول اليوريا كوقود، شخصت العينات المتحصل عليها لنانو أكسيد بتقنيات حيود الاشعة السينية (XRD)، تحليل المجهر الالكتروني الماسح (SEM)والدراسة الطيفية لامتصاص الاشعة فوق بنفسجية، اجريت اختبار LC50لدراسة سمية جسيمات الاكسيد على اسماكCyprinus carpio بتراكيز مختلفة لمدة 4 أيام ما يعاد 96 ساعة حيث أظهرت النتائج مدى سمية هذا الاكسيد وتأثيره هذا النوع من الأسماك المتواجد في المياه.

2.IV . 10. الدراسة العاشرة[25]:

استنادا إلى البحث المنجز من طرف الباحثين:

N. Yousefi-Limaee, M. Ghahari,et al.2023

والذي يندرج تحت العنوان:

Evaluation of Adsorptive Efficiency of Calcium Oxide Nanoparticles for the Elimination of Cationic Dyes: Combustion Synthesis, Adsorption Study and Numerical Modeling

تقييم كفاءة الامتزاز لجسيمات أكسيد الكالسيوم النانوية للتخلص من الأصباغ الكاتيونية: تركيب الاحتراق، دراسة الامتزاز والنمذجة العددية.

تهدف الدراسة إلى تقييم خصائص امتزاز الصبغة Basic Red 46 على جزيئات أكسيد الكالسيوم النانوية التي تم تصنيعها بطريقة الاحتراق في عمليتين مختلفتين، وفهم حركية الامتزاز واستخدام نموذج ديناميكي لتنبؤ إزالة الصبغة من المحلول المائي باستخدام عينات مختلفة من أكسيد الكالسيوم.

تم في هذه التجربة استخدام أصباغ الآزو و توفير نترات الكالسيوم مع حمض الستريك وجلايكول إيثيلين، بعد ذلك، تم إجراء تجارب الامتزاز معدات اختبار، وأجري التحليل الكيميائي للعينات وتسجيل نمط XDRلتحديد حجم البلورات بواسطة جهاز حيود الأشعة السينية ، كما تم FTIR ، وقد تم دراسة حركية

الامتزاز وتقييم معاملات المعدل لتراكيز صبغية مختلفة (40–10 ملغم/لتر) وقيم الرقم الهيدروجيني (9–3)، تتوافق النتائج مع حركية الدرجة الثانية الزائفة لكلتا العينتين، يشير التحليل الديناميكي الحراري إلى أن الامتزاز هو فيزيائي، والتفاعل الماص للحرارة لعملية الامتزاز.

2.IV . 11. الدراسة الحادية عشر [26]:

استنادا إلى البحث المنجز من طرف الباحثين:

Kang Yang, Wenqing Qin, et al. 2019

الذي يندرج تحت عنوان:

Extraction of elemental arsenic and regeneration of calcium oxide from Waste calcium arsenate produced from wastewater treatment

استخلاص عنصر الزرنيخ وتجديد أكسيد الكالسيوم من نفايات زرنيخات الكالسيوم الناتجة عن معالجة مياه الصرف الصحي.

الزرنيخ عنصر معدني متعدد الاستخدامات لكن استخدامه المفرط يسبب مشاكل بيئية وصحية، لذا فإن تطوير طرق فعالة لمعالجة مصادر من النفايات، وتحويلها لمواد فعالة اقتصاديا وصحيا ضروري لتعزيز الاستدامة، تم استخدام بقايا زرنيخات الكالسيوم، التي نتجت عن معالجة محلول زرنيخات الصوديوم مع أكسيد الكالسيوم، لاستخلاص الزرنيخ العنصري بطريقة مباشرة عن طريق التحميص باستخدام مسحوق الفحم، تم تحليل العينات باستخدام تقنيات مختلفة مثل الأشعة السينية والتحليل الكيميائي وقياسات التحليل الطيفي.

أظهرت النتائج أنه يمكن استخراج حوالي 99% من الزرنيخ مباشرة في شكل زرنيخ عنصري عند تحميص بقايا زرنيخات الكالسيوم عند درجة حرارة تبلغ 900 درجة مئوية لمدة 150 دقيقة مع مسحوق

الفحم وأظهرت بقايا التحميص وجود كمية منخفضة من الزرنيخ، وبالتالي يمكن إعادة تدوير الكالسيوم المتجدد في معالجة مياه الصرف الصحي.

2.IV . 12. الدراسة الثانية عشر[27]:

استنادا إلى البحث المنجز من طرف الباحثين:

Yoko Sato, Masayuki Ishihara, et al.2019

مندرج بعنوان:

Preparation and Application of Bioshell Calcium Oxide (BiSCaO) Nanoparticle-Dispersions withBactericidal ActiIVty

تحضير وتطبيق تشتت الجسيمات النانوية لأكسيد الكالسيوم (BiSCaO) مع نشاط مبيد للجراثيم.

تهدف الدراسة إلى تقييم فعالية وقابلية تشتت مركب أكسيد الكالسيوم Bioshell (BiSCaO) كمادة مضادة للميكروبات ومزيل للروائح الكريهة، بالإضافة إلى قدرته على تقليل تركيزات النترات والنتريت في المياه، تم في هذه الدراسة التركيز على فحص فعالية جسيمات أكسيد الكالسيوم النانوية في مجالات مختلفة، مع التركيز على مكافحة الروائح الكريهة والتطهير البيولوجي، حيث استُخدمت جسيمات أكسيد الكالسيوم في مجالات متعددة بفعالية، وأثبتت فعاليتها ضد الكائنات الحية الدقيقة، وتم تقييم الخصائص الفيزيائية لكل تعليق أو تشتيت باستخدام مقياس الرقم الهيدروجيني ومقياس حجم الجسيمات وإمكانات زيتا والمسح الإلكتروني، كما أظهر BiSCaO القدرة على تقليل تركيز NO_2 وNO_3 في المحلول المائي في غضون 15 دقيقة، مما يعكس تأثيره الإيجابي في معالجة التلوث البيئي، قد تكون هذه النتائج نتيجة لتفاعل الترطيب على سطح BiSCaO−6، مما يؤدي إلى تحسين بلورات CaO وتكوين الصدع والمسام، مما يعزز إنتاج الجسيمات النانوية ويعزز فعالية المشتت.

IV.2 . 13. الدراسة الثالثة عشر[28]:

استنادا إلى البحث المنجز من طرف الباحثين:

Raji Atchudan, Suguna Perumal,et al 2022

الذي يندرج تحت عنوان:

Synthesis and Characterization of Monodispersed Spherical Calcium Oxide and Calcium Carbonate Nanoparticles IVa Simple Pyrolysis

تخليق وتوصيف الجسيمات النانوية لأكسيد الكالسيوم الكروي وكربونات الكالسيوم أحادية التشتت عن طريق الانحلال الحراري البسيط

تهدف الدراسة إلى فهم عملية توصيف الجسيمات النانوية لأكسيد الكالسيوم (CO NPs) وكربونات الكالسيوم (CC NPs) الكروية بواسطة التحليل الحراري.

كربونات الكالسيوم ($CaCO_3$) تُعتبر من أهم المواد غير العضوية بسبب تطبيقاتها الواسعة في مختلف مجالات الصناعة، تصنع جسيمات الكربونات الكالسيوم ($CaCO_3$) النانوية (CC NPs) عادةً باستخدام تقنية الترسيب الكيميائي الرطب ويتطلب التحكم في هذه العملية عدة متغيرات، يُستخدم أكسيد الكالسيوم (CaO) في مجموعة متنوعة من التطبيقات بسبب تكلفته المنخفضة وقابليته للتعامل وقدرته العالية على التفاعل، يتم تحضير جسيمات أكسيد الكالسيوم (CO NPs) بعدة طرق، بما في ذلك التحلل الحراري وعمليات الموجات الدقيقة والتوليف الكيميائي الصوتي والتفاعلات الحرارية والترسيب والمستحلبات الدقيقة للماء في الزيت، و تم الحصول على جسيمات CONPs بشكل كروي عند درجات حرارة منخفضة، بينما حصلنا على جسيمات CCNPs بأشكال وأحجام متنوعة عند درجات حرارة متوسطة وأظهرت النتائج أن التقنية المستعملة بسيطة وفعّالة لتحضير جسيمات CCNPs وCONPs أحادية التشتت، مما يتيح استخدامها في مجموعة واسعة من التطبيقات الصناعية والحيوية.

2.IV . 14. الدراسة الرابعة عشر[29]:

استنادا إلى العمل المنجز من طرف الباحثين:

Muhammad Nor Fazli Abd Malek,et al.2021

والذي جاء بعنوان:

Exploration of efficiency of nano calcium oxide (CaO) as catalyst for enhancement of biodiesel.

استكشاف كفاءة أكسيد الكالسيوم النانوي (CaO) كمحفز لتعزيز وقود الديزل الحيوي

تعرض هذه الدراسة تخليق جسيمات أكسيد الكالسيوم النانوية بعملية الحرق واستخدامه كمحفز.

الهدف من هذا العمل هو اقتراح تحضير أكسيد الكالسيوم النانوي من قشر *Anadara granosa* النفايات واستخدامه كمحفز غير متجانس في إنتاج البيو ديزل عبر تفاعل التحول الأسترة.

تم تصنيع جزيئات أكسيد الكالسيوم باستخدام تقنية المطحنة الكروية عن طريق حرق وتكليس قشرة (*Anadara granosa*) عند درجة حرارة 900 درجة مئوية لمدة ساعة واحدة من أجل تحلل كربونات الكالسيوم ($CaCO_3$) إلى أكسيد الكالسيوم بحجم النانو وتمت عملية تخزينه في زجاجة مغلقة بإحكام ومن ثم وضعه في المجفف لتجنب الرطوبة وتمت عملية حرق الكالسيوم الناتج لاستخدامه كمرجع لمقارنة كفاءته مع مركب الكالسيوم النانوي في إنتاج وقود الديزل الحيوي، تم تشخيص المحفز من خلال المجهر الإلكتروني الماسح باستخدام التحليل الطيفي للأشعة السينية المشتتة من الطاقة، والمجهر الإلكتروني النافذ (TEM)، وحيود الأشعة السينية (XRD)، أظهرت الدراسة أن أكسيد الكالسيوم الذي تم تصنيعه يمكن استخدامه كمحفز في انتاج وقود الديزل الحيوي.

IV.2 . 15. الدراسة الخامسة عشر[30]:

استناد للعمل المنجز من طرف الباحثين:

Yamkela Mbenga ،Makiwa S .Mthana ,et al.2023

والذي جاء بعنوان:

Facile biosynthesis of CaO nanoparticles using extract of Tulbaghia IVolacea and evaluation of their antibacterial and cytotoxicity actiIVty

التخليق الحيوي السهل لجسيمات CaO النانوية باستخدام مستخلص *Tulbaghia IVolacea* وتقييم نشاطها المضاد للبكتيريا والسمية الخلوية.

الهدف من هذه الدراسة هو تصنيع جزيئات أكسيد الكالسيوم بطريقة صديقة للبيئة باستخدام المستخلص المائي من نبات الثوم البري (*Tulbaghia IVolacea*)، حيث تم جمع بصيلات الثوم البري ثم إضافتها إلى محلول $CaCl_2$ ومعالجتها بمحلول NaOH مع التحريك لمدة ساعتين، تم بعد ذلك فصل المنتج الناتج بالطرد المركزي عند 4000 دورة في الدقيقة وغسل الراسب للحصول على جزيئات أكسيد الكالسيوم بحجم النانو، تم وصف العينات التي تم الحصول عليها باستخدام عدة أجهزة، بما في ذلك مقياس حيود الأشعة السينية X-ray diffractometer لتحديد مرحلتها البلورية.

تمت دراسة الشكل الخارجي للجسيمات النانوية باستخدام المجهر البيئي (Quanta FEG 250) تم استخدام المجهر الإلكتروني النافذ (TEM)، تمت دراسة خصائص الامتصاص باستخدام مقياس الطيف الضوئي المرئي فوق البنفسجي مع مسح الطول الموجي من 200 إلى 700 نانومتر،تم قياس إمكانات زيتا للجسيمات النانوية باستخدام جهاز Malvern Zetasizer Nano-series (Malvern instruments، تم تحديد الأنشطة المضادة للميكروبات والمضادة للسرطان لجزيئات أكسيد الكالسيوم

مراجع الفصل الرابع:

[1] B. B. Seghir, H. Hemmami, B. M. E. Hocine, Z. Soumeia, M. Sharifi-Rad, C. G. Awuchi, *et al.*, "Methods for the preparation of silica and its nanoparticles from different natural sources," *Biological Trace Element Research*, vol. 201, pp. 5871-5883, 2023.

[2] I. Kouadri, B. B. Seghir, H. Hemmami, S. Zeghoud, N. Allag, A. Rebiai, *et al.*, "Extraction of silica from different sources of agricultural waste," 2023.

[3] B. Gorji, M. A. Ghasri, R. Fazaeli, and N. Niksirat, "Synthesis and characterizations of silica nanoparticles by a new sol-gel method," *Journal of Applied Chemical Research*, vol. 6, pp. 22-26, 2012.

[4] R. Periakaruppan, M. P. S, R. P, G. R. S, and J. Danaraj, "Biosynthesis of silica nanoparticles using the leaf extract of Punica granatum and assessment of its antibacterial activities against human pathogens," *Applied Biochemistry and Biotechnology*, vol. 194, pp. 5594-5605, 2022.

[5] M. T. Al-Azawi, S. Hadi, and C. H. Mohammed, "Synthesis of silica nanoparticles via green approach by using hot aqueous extract of Thuja orientalis leaf and their effect on biofilm formation," *Iraqi Journal of Agricultural Sciences*, vol. 50, 2019.

[6] A. Fuad, N. Mufti, M. Diantoro, and S. Subakti, "Synthesis and characterization of highly purified nanosilica from pyrophyllite ores," in *AIP conference proceedings*, 2016.

[7] M. E. Carneiro, W. L. Magalhães, G. Bolzon de Muñiz, S. Nisgoski, and K. G. Satyanarayana, "Preparation and characterization of nano silica from Equisetum arvenses," 2015.

[8] V. Purcar, V. Rădiţoiu, C. Nichita, A. Bălan, A. Rădiţoiu, S. Căprărescu, *et al.*, "Preparation and characterization of silica nanoparticles and of silica-gentamicin nanostructured solution obtained by microwave-assisted synthesis," *Materials*, vol. 14, p. 2086, 2021.

[9] Y. Li, R. Wang, Z. Chen, X. Zhao, X. Luo, L. Wang, *et al.*, "Preparation of magnetic mesoporous silica from rice husk for aflatoxin B1 removal: Optimum process and adsorption mechanism," *PLoS One*, vol. 15, p. e0238837, 2020.

[10] R. A. Bakar, R. Yahya, and S .N. Gan, "Production of high purity amorphous silica from rice husk," *Procedia chemistry*, vol. 19, pp. 189-195, 2016.

[11] S. A. Anah, "Efficiency Evaluation of Silica Nanoparticles as a Pesticide against Ctenocephalides felis," *World's Veterinary Journal*, vol. 13, pp. 539-542, 2023.

[12] J. V. Bondareva, T. F. Aslyamov, A. G. Kvashnin, P. V. Dyakonov, Y. O. Kuzminova, Y. A. Mankelevich, *et al.*, "Environmentally Friendly method of silicon recycling: synthesis of silica nanoparticles in an aqueous solution," *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, vol. 8, pp. 14006-14012, 2020.

[13] E. A. Okoronkwo, P. E. Imoisili, S. A. Olubayode, and S. O. Olusunle, "Development of silica nanoparticle from corn cob ash," *Advances in Nanoparticles*, vol. 5, pp. 135-139, .2016

[14] I. A. Ibrahim, A. Zikry, and M. A. Sharaf, "Preparation of spherical silica nanoparticles: Stober silica," *J. Am. Sci*, vol. 6, pp. 985-989, 2010.

[15] A. Azzahra, E. Yusefin, G. Salima, M. Mudita, N. Febriani, and A. NANDYIANTO, "synthesis of nanosilica materials from various sources using various methods," *Journal of Applied Science and Environmental Studies*, vol. 3, pp. 3-4)(2020) 254-278, 2020.

[16] 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.

[17] 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.

[18] 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.

[19] N. Gandhi, Y. Shruthi, G. Sirisha, and C. Anusha, "Facile and eco-friendly method for synthesis of calcium oxide (CaO) nanoparticles and its potential application in agriculture," *Saudi J. Life Sci*, vol. 6, pp. 89-.2021 ,103

[20] A. Anantharaman, S. Ramalakshmi, and M. George, "Green synthesis of calcium oxide nanoparticles and its applications," *Int. J. Eng. Res. Appl*, vol. 6, pp. 27-31, 2016.

[21] V. Jadhav, A. Bhagare, S. Wahab, D. Lokhande, C. Vaidya, A. Dhayagude, *et al.*, "Green synthesized calcium oxide nanoparticles (CaO NPs) using leaves aqueous extract of moringa oleifera and evaluation of their antibacterial activities," *Journal of Nanomaterials*, vol. 2022, pp. 1-7, 2022.

[22] S. Jha, R. Singh, A. Pandey, M. Bhardwaj, S. K. Tripathi, R. K. Mishra, *et al.*, "Bacterial toxicological assay of calcium oxide nanoparticles against some plant growth-promoting rhizobacteria," *Int. J. Res. Appl. Sci. Eng. Technol*, vol. 6, pp. 460-466, 2018.

[23] L. M. Correia, R. M .A. Saboya, N. de Sousa Campelo, J. A. Cecilia, E. Rodríguez-Castellón, C. L. Cavalcante Jr, *et al.*, "Characterization of calcium oxide catalysts from natural sources and their application in the transesterification of sunflower oil," *Bioresource technology*, vol. 151, pp. 207-213, 2014.

[24] C. Bhavya, K. Yogendra, K. Mahadevan, and N. Madhusudhana, "Synthesis of calcium oxide nanoparticles and its mortality study on fresh

water fish Cyprinus carpio," *IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*, vol. 10, pp. 55-60, 2016.

[25] N. Yousefi Limaee, M. Ghahari, K. Seifpanahi-Shabani, A. Naeimi, and S. Ghaedi, "Evaluation of adsorptive efficiency of calcium oxide nanoparticles for the elimination of cationic dyes: combustion synthesis , adsorption study and numerical modeling," *Progress in Color, Colorants and Coatings*, vol. 16, pp. 1-20, 2023.

[26] K. Yang, W. Qin, and W. Liu, "Extraction of elemental arsenic and regeneration of calcium oxide from waste calcium arsenate produced from wastewater treatment," *Minerals Engineering*, vol. 134, pp. 309-316, 2019.

[27] Y. Sato, M. Ishihara, S. Nakamura, K. Fukuda, T. Takayama, S. Hiruma, *et al.*, "Preparation and application of bioshell calcium oxide (BiSCaO) nanoparticle-dispersions with bactericidal activity," *Molecules*, vol. 24, p. 3415, 2019.

[28] 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.

[29] M. N. F. Abd Malek, L. Pushparaja, N. M. Hussin, N. H. Embong, P. Bhuyar, M. H. A. Rahim, *et al.*, "Exploration of efficiency of nano calcium oxide (CaO) as catalyst for enhancement of biodiesel production," *Journal of microbiology, biotechnology and food sciences*, vol. 11, pp. e3935-e3935, 2021.

[30] Y. Mbenga, M. S. Mthana, D. M. Mthiyane, O. E. Ogunjinmi, M. Singh, and D. C. Onwudiwe, "Facile biosynthesis of CaO nanoparticles using extract of Tulbaghia violacea and evaluation of their antibacterial and cytotoxicity activity," *Inorganic Chemistry Communications*, vol. 151, p. 110581, 2023.

الخاتمة العامة

تقنية النانوتكنولوجي هي مجال حيوي ومتطور يُعنى بالتحكم والتلاعب بالمادة على المستوى الذري والجزيئي، وخصوصاً في أبعاد تقل عن 100 نانومتر، من بين المواد الأكثر بحثاً واستخداماً في هذا المجال تأتي أكسيد السيليكون (SiO_2) وأكسيد الكالسيوم (CaO)، نظراً لخصائصهما الفريدة وتطبيقاتهما المتعددة.

أكسيد السيليكون (SiO_2)، المعروف أيضاً بالسيليكا، يُستخدم على نطاق واسع في صناعة الإلكترونيات بسبب خصائصه العازلة والميكانيكية الممتازة. كما يُستفاد منه في مجالات مثل تنقية المياه، الطب (توصيل الدواء، العلاجات التشخيصية) والطلاءات بفضل مقاومته للحرارة والكيماويات، أكسيد الكالسيوم (CaO)، المعروف بالجير الحي، يُستخدم في التطبيقات البيئية كمعالجة المياه وتحسين خصائص التربة، كما يُستخدم في الصناعات الكيميائية وفي معالجة الغازات الصناعية لإزالة الكبريت.

مع التطور المستمر في تقنيات التصنيع والتركيز على الاستدامة، يُتوقع أن تزداد الفعالية وتقل التكلفة المرتبطة بإنتاج هذه الجسيمات، مما سيعزز من توافرها وتطبيقاتها العملية، البحث المستمر في تقليل الأثر البيئي لإنتاج واستخدام هذه الجسيمات يُعد خطوة حاسمة نحو تحقيق أقصى استفادة من تقنيات النانو مع الحفاظ على البيئة.

تشهد تقنية النانوتكنولوجي تطورات مستمرة تُسهم في إنشاء حلول مبتكرة للتحديات البيئية والصحية. التشجيع والبحث في استخدامات جديدة لـ SiO_2 و CaO يستمر في التوسع، مع التركيز المتزايد على تطوير تقنيات أكثر استدامة وفعالية، أيضا يجب البحث على تقنيات تصنيع أكثر كفاءة وأقل تكلفة، بالإضافة إلى ضمان الأمان البيولوجي والبيئي.

ملخص:

تتجه الأبحاث الحديثة في مجال النانوتكنولوجيا نحو تطوير طرق تصنيع بسيطة وصديقة للبيئة للجسيمات النانوية، مع التركيز على مواد مثل أكسيد السيليكون (SiO_2) وأكسيد الكالسيوم (CaO)، إن هذه الطرق تشمل استخدام المواد الأولية المتجددة مثل النباتات والمخلفات الصناعية، وتحسين العمليات بما يقلل من الاستهلاك الطاقي والنفايات البيئية، من بين الطرق الشائعة الترسيب الكيميائي الخضراء، الذي يتميز باستخدام المذيبات الأقل ضررًا والشروط التفاعلية المعتدلة، مما يسهم في تقليل التأثير البيئي، تهدف هذه المذكرة إلى التعريف بماهية تقنية النانوتكنولوجي، النانو سيليكا وجسيمات أكسيد الكالسيوم النانوية، أهم طرق تصنيعها، توصيفها وأنشطتها البيولوجية وتطبيقاتها إلى جانب الأساليب التصنيعية يُعد مراقبة الأنشطة البيولوجية للجسيمات النانوية عنصرًا أساسيًا لضمان سلامتها وتأثيرها البيئي المستدام.

الكلمات المفتاحية: النانو تكنولوجي، النانو سيليكا، أكسيد الكالسيوم، أنشطة بيولوجية.

Abstract:

Recent research in the field of nanotechnology is focusing on developing simple and environmentally friendly methods for the production of nanoparticles, particularly materials such as silicon dioxide (SiO_2) and calcium oxide (CaO). These methods include the use of renewable raw materials such as plants and industrial waste, and the optimization of processes to reduce energy consumption and environmental waste. Among the common methods is green chemical deposition, which is characterized by the use of less harmful solvents and moderate reaction conditions, contributing to a reduced environmental impact. This memorandum aims to introduce the basics of nanotechnology, nano silica, and calcium oxide nanoparticles, the most important methods of their production, their characterization, biological activities, and applications, alongside the manufacturing techniques. Monitoring the biological activities of nanoparticles is an essential element to ensure their safety and sustainable environmental impact.

Keywords: Nanotechnology, Nano Silica, Calcium Oxide, Biological Activities.