الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة الشهيد حمه لخضر بالوادي

كلية العلوم الدقيقة

قسم الفيزياء

مذكرة تخرج لنيل شهادة ماستر أكاديمي في الفيزياء

تخصص: فيزياء اشعاع

من إعداد:

هناء عزوز و ضحى شنوف

تحت عنوان:

دراسة الخصائص الضوئية والبنيوية لأكسيد الحديد المحضرة بتقنية التوليف الأخضر

نوقشت يوم2023/09/26

أمام لجنة المناقشة المكونة من الأساتذة:

ديلمي سامية	أستاذة تعليم عالي	رئيسا
غوقالي مبروك	أستاذ محاضر -ب-	مناقشا
بكار الظاوية	أستاذ محاضر-ب-	مؤطرا

السنة الجامعية :2023/2024

بسم الله الرحمن الرحيم

شكر وتقدير

الحمد لله الذي وفقنا إلى إتمام هذا العمل المتواضع ،الحمد لله الذي أنار عقولنا بنور العلم و العمل ، كما نتقدم بجزيل الشكر و العرفان إلى الأستاذة الدكتورة المشرفة "**بكار الضاوية**" التي تعلمنا منها الكثير فكان لتوجيهاتها ونصائحها وآرائها السديدة أكبر الأثر في اعداد هذه الدراسة.

ووفاء وامتنانا بالفضل لأهل الفضل واعترافا بالجميل لأهل الجميل نتقدم بالشكر الجزيل لمن أنارا دربي وأعانني بالصلوات والدعوات أمي وأبي رحمه الله، وأخوتي فاطمة وصفاء وكمال وعبد النور واحلام وسليم وسمية.

والى خالتي الوحيدة وبناتها نعيمة والزهرة وهاجرة، وبنت عمي رحمة ، وبنت خالي عائشة والريم والى زوج أختي عبد القادر وزهرات العائلة آية وروان ومروة، والبرعمة الصغيرة بنت أختي أريج.

إلى كل من علمنا حرفا طيلة مشوارنا الدراسي من أساتذة كلية العلوم الدقيقة

مع تمنياتنا لهم بالتوفيق والسداد.

وندعو الله سبحانه وتعالى أن ينال هذا الجهد القبول والرضا فحسبنا أننا اجتهدنا ولكل مجتهد نصيب والكمال لله وحده.

فإن وفقنا فمن الله، وان قصرنا فعذرا.

هناء عزوز

الإهداء

إلى الوالدين الكريمين راجين من الله عز وجل أن يطيل في أعمرهم ويغفر لهم ويرحمهم ويرزقهم العافية

إلى أفراد عائلتي وإلى كل الأهل والأحبة وجميع الأصدقاء، وأخص بالذكر زوجي المستقبلي، إلى الأساتذة الأكارم في كلية العلوم الدقيقة .

إلى كل الزملاء والزميلات، وإلى كل من علمني حرفا في هذه الحياة

إلى كل من أعرفهم ويعرفونني في هذه الحياة ولم تسع أقلامي

لذكرهم.

ونرجو من الله سبحانه وتعالى أن يتقبل مني ثمرة هذا الاجتهاد .

" اللهم انفعنا بما علمتنا وانفع غيرنا بعلمنا "

ضحى شنوف

فهرس المحتويات

الاهداء I
فهرس المحتويات V
فهرس الجداول V
فهرس الاشكال IX
قائمة الرموز والاختصارات X
مقدمة 1
قائمة المراجع 2

الفصل الأول :عموميات حول نبات الرمث

تمهيد 4
1.I. تعريف الفصيلة الرمرامية. 4
2.I. نظرة عامة حول نبات الرمث (Hammada (Scoparia . 4
3.I. وصف النبات (Haloxylon Scoparium). 5
4.I. الأسماء الشائعة لنبات الرمث. (Hammada Scoparia) 6
5.I. التركيب الكيميائي لنبات الرمث . 7
6.I. إستعمالات نبات الرمث (Hammada scoparia). 7
7.I. المحتوى المعدني لنبات الرمث. 8
8.I. المكونات الكيميائية النباتية. 8
9.I. التخليق الحيوي للاجسام النانوية . 9
1.9.I . الاجسام النانوية 9
2.9.I . التخليق الحيوي للجسيمات النانوية باستخدام المستخلصات النباتية 10
خلاصة 12

الفصل الثاني: أكاسيد الحديد.

تمهيد 17
1.II.الأكاسيد المعدنية. 17
2.II.أكسيد الحديد . 17
3.II.أطوار أكسيد الحديد. 18
II. 1.3.المغنتيت (Fe_3O_4). 19
II .2.3.أكسيد الحديد الثلاثي. 19
4.II.البنية البلورية للهماتيت(α-Fe_2O_3). 22
5.II.الخصائص الفيزيائية والكيميائية للهيماتيت(α-Fe_2O_3). 22

II .6.الخصائص الضوئية للهماتيت(α:-Fe_2O_3). 23
II.7. استعمالات أكسيد الحديد. 24
خلاصة . 25

الفصل الثالث: الجانب العملي وتحليل النتائج

تمهيد 30
III.1. التخليق الحيوي للجسيمات النانوية NP_s باستخدام مستخلص النباتات. 30
III.2. دراسات سابقة حول استخدام نبات الرمث في انتاج جسيمات النانو. 31
III.3. التوليف الاخضر للجسيمات النانوية لأكسيد الحديد باستخدام مستخلص نبات الرمث. 31
III.3.1. تحضير المادة النباتية المدروسة. 32
III.3.2. الإستخلاص. 33
III.33. طريقة الترشيح . 34
III.4.3. تحضير الجسيمات النانوية لأكسيد الحديد $IONP_s$. 35
III.4.3. 1 تحضير محلول كلوريد الحديد بتركيز 0.01 مولاري. 35
III.4.3. 2 تحضير المزيج المكون من جسيمات أكسيد الحديد الناونوية. 35
III.4.3. 3 تجفيف المزيج المكون من جسيمات أكسيد الحديد. 36
III.4.3. 4 غسل جسيمات أكسيد الحديد. 37
III.4.3. 5 المعالجة الحرارية (عملية التلدين). 37
III.4 تحديد خصائص الأغشية المحضرة. 38
III.1.1.4.طيف الأشعة السينية (XRD) . 38
III.2.1.4 . طريقة تحديد ثوابت الشبكة للبنية المدروسة. 39
III.3.1.4. حساب الحجم الحبيبي. 40
III . 2.4 مطيافية الأشعة تحت الحمراء. 41

خلاصة 42

الخاتمة 45

الملخص

فهرس الجداول

العنوان	الصفحة
الفصل الأول :عموميات حول نبات الرمث	
الجدول (1.I) : المحتوى المعدني لنبات الرمث.	08
الجدول (2.I) : المكونات الكيميائية لنبات الرمث.	09
الفصل الثاني: أكاسيد الحديد.	
الجدول(1.I): أهم أكاسيد و هيدروكسيدات الحديد .	18
الجدول(2.II):الخصائص الفيزيائية والكيميائية الهيماتيت.	23
الفصل الثالث: الجانب العملي وتحليل النتائج	
الجدول (1.III) : يوضح الأجهزة والأدوات المستعملة في العمل .	33
الجدول (2.III) : النتائج المحصل عليها من طيف انعراج الاشعة السينية .	41

فهرس الأشكال

الفصل الأول :عموميات حول نبات الرمث

الشكل (1.I): صورة واقعية لنبات الرمث . 05

الشكل (2.I): رسم تخطيطي لنبات الرمث (Hammada scoparia). 06

الشكل (3.I) : أهم المكونات المحتملة للمستخلص النباتي المسؤولة عن الاختزال الحيوي للأملاح المعدنية . 11

الفصل الثاني: أكاسيد الحديد.

الشكل (II. 1) : عينة من المغنتيت 19

الشكل (2.II) : عينة من مسحوق الهيماتيت 20

الشكل (II. 3): عينة من الماغميت 21

الشكل (II. 4): عينة من مسحوق β-Fe_2O_3 21

الشكل (II. 5): خلية أساسية لمركب الهيماتيت. 22

الشكل(6.II): منحنى النفاذية لأكسيد الحديد. 24

الفصل الثالث: الجانب العملي وتحليل النتائج

الصورة (1.III) : نبات الرمث المستخدم 32

الشكل (2.III) : يوضح استخلاص الصلب - سائل . 34

الشكل (3.III) : عملية ترشيح مستخلص نبات الرمث 34

الشكل (4.III): يوضح المحلول الملحي لكوريد الحديد 35

الشكل (5.III): تشكل أكسيد الحديد. (أ) و (ب) المحلول الملحي قبل وبعد إضافة المستخلص النباتي. 36

الشكل (6.III):تشكل قشرة رقيقة بعد تجفيف المزيج. 37

الشكل(III. 8):طيف الاشعة X لأكسيد الحديد المحضر بتقنية التوليف الأخضر. 39

الشكل(III .9):طيف الأشعة تحت الحمراء لأكسيد الحديد . 42

قائمة الرموز والاختصارات

NPs	الجسيمات النانوية	
IONPs	الجسيمات النانوية لاكسيد الحديد	
MONPs	الجسيمات النانوية للاكاسيد المعدنية	
T	النفاذية	**(%)**
D	الحجم الحبيبي	**(nm)**
a , b ,c	ثوابت الشبكة البلورية	**(A°)**
d_{hkl}	المسافة بين المستويات البلورية	**(A°)**
h ,k,k	قرائن ميلر	**(/)**
XRD	X-Ray **D**iffraction إنعراج الأشعة السينية	
FTIR	تحويل فوريه للاشعة تحت الحمراء	
λ	الطول الموجي	**(A°)**
υ	التردد	**(HZ)**
θ	زاوية الإنعراج	**Rad**
β	عرض المنحنى عند نصف الشدة العظمى	**x**

المقدمة

المقدمة

المواد النانوية هي دقائق متناهية في الصغر تحتوي على بعد واحد على الأقل يتراوح بين(1-100) نانومتر، ويعزى سبب استخدامها في عدة تطبيقات عملية واسعة لأكتسابها عدد من الخصائص الفريدة مقارنة مع نظيراتها ذات الأبعاد الأكبر، ومن أبرزها أكاسيد المعادن النانوية التي دخلت في مجالات واسعة منها البصريات، الأجهزة الألكترونية والكهربائية والمحفزات ومستحضرات التجميل [1-3]. أستخدمت العديد من الطرق الفيزيائية والكيميائية لتحضير أكسيد الحديد النانوي حيث تضمنت استخدام مواد كيميائية سامة وخطيرة على الأنسان والبيئة وكذلك تحتاج الى وقت طويل وتكاليف عالية واستنزاف عالي للطاقة؛ بالأضافة الى ذلك المواد النانوية الناتجة تكون غير مستقرة وتتكتل بسرعة مالم يضاف لها عوامل مثبتة (Stabilizing Agents) وكذلك تحرر نواتج ثانوية سامة وخطرة على البيئة، لذلك وجد من الضروري الأتجاه الى طرق بسيطة في تحضير المواد النانوية مثل طريقة التوليف الاخضر (Green Synthesis)أو ماتسمى بـالتخليق الحيوي، التي تتميز بأنها صديقة للبيئة اي أقل ضررا بالنظام البيئي وبتكاليف بسيطة وتركز على أنتاج المادة المطلوبة دون وجود نواتج ثانوية ضارة بالبيئة؛ وتتمتع أيضا بسرعتها والنقاوة وجودة الأكسيد المحضر بها.

يكمن دور المستخلص النباتي في طريقة التحضير في اختزاله للملح الى أكسيد المعدن النانوي المقابل له [4-7] . ومن أهم التطبيقات التي يدخل فيها أكسيد الحديد النانوي هي تنقية المياه من الملوثات الضارة وذلك بسبب كفاءته العالية في فصل الملوثات والحجم الحبيبي الصغير الذي يؤدي الى مساحة سطحية عالية وهذا يعني توفر مواقع فعالة أكثر لأمتزاز الملوثات [9,8] .

يهدف هذا العمل الى استخدام نبات الرمث كعامل مثبت و مختزل وصديق للبيئة لتكوين جسيمات اكسيد الحديد النانوية.

المراجع

[1]. Shakibabarough, A., Valinejadshoubi, M., and Valinejadshoubi, M. 358 (2014). Useable and precautionary aspects of using nanotechnology 359 and nano-materials in the construction industry. International Journal 360 of Science, Engineering and Technology Research, 3 (4), 841-847. 361

[2]. Qiu, Y., Yu, J., Zhou, X., Tan, C., and Yin, J. (2009). Synthesis of 362 porous NiO and ZnO submicro and nanofibers from electrospun pol-363 ymer fiber templates. Nanoscale Research Letters, 4, 173-177. 364

[3]. Rajendran, S. P., and Sengodan, K. (2017). Synthesis and characteri-365 zation of zinc Oxide and iron oxide nanoparticles using sesbania 366 grandiflora Leaf extract as reducing agent. Journal of Nanoscience, 367 2017, 1-7. 368

[4]. Hariprasad, S., Susheela Bai, G., Santhoshkumar, J., Madhu, C., and 369 Sravani, D. (2016). Greensynthesis of copper nanoparticles by are-370 valanata leaves extract and their anti-microbial activites. Interna-371 tional Journal of ChemTech Research, 9 (2), 98-105. 372

[5]. Devi, H.S., and Singh, T.D. (2014). Synthesis of copper oxide nano-373 particles by a novel method and its application in the degradation of 374 methyl orange. Advance in Electronic and Electric Engineering, 4 (1), 375 83-88. 376

[6]. Nithya, K., Yuvasree, P., Neelakandeswari, N., and Rajasekaran, N., 377 Uthayarani, K., Chitra, M., Kumar, S.S. (2014). Preparation and char-378 acterization of copper oxide nanoparticles. International Journal of 379 Chem Tech Research, 6 (3), 2220-2222. 380

[7]. Nagajyothi, P. C., Muthuraman, P., Sreekanth, T. V. M., Kim, D. H., 381 and Shim, J. (2017). Green synthesis: In-vitro anticancer activity of 382 copper oxide nanoparticles against human cervical carcinoma cells. 383 Arabian Journal of Chemistry, 10 (2), 215-225.

[8] Ahmouda, Kaouthar. Green synthesis and characterization of iron oxide nanoparticles: evaluation of the reactivity of their surfaces. Diss. Universty of Eloued جامعة الشهيد حمه لخضر، 2022

[9] Labbi, Asma. Green synthesis and characterization of Fe2O3 nanoparticles using Phoenix dactylifera L leaf extract and their applications. Universty of Eloued, جامعة الشهيد حمه لخضر , 2023.

الفصل الأول:

عموميات حول نبات الرمث

تمهيد:

يعتبر نبات الرمث من الفصيلة الرمرامية، وهي فصيلة نباتية تابعة لرتبة القرنفلية احدى النباتات المالحة والرائدة في علم الطب الشعبي القديم والحديث. لهذا النبات أهمية بالغة من حيث احتوائه على العديد من المكونات الكيميائية الفعالة التي تدخل في العديد من التطبيقات في مجال التوليف الاخضرأو التوليف الحيوي للجسيمات النانوية [1]. نعرض في هذا الفصل عموميات حول هذا النبات من حيث التركيب والأهمية والاستعمالات، وكذا التعرف على عملية التوليف الحيوي للجسيمات النانوية من خلال استخدام المستخلصات النباتية.

1.I. تعريف الفصيلة الرمرامية:

معظم نباتات هذه الفصيلة أعشاب ونادرا ما تكون شجيرات، تشمل العائلة الرمرامية حوالي 114 جنسا و1400 نوع، تنتشر في جميع أنحاء العالم وبالتحديد في المناطق الجافة والملحية، حيث تتواجد بكثرة في الصحراء الشمالية وأيضا في الأحواض المتوسطية، صحراء الشرق الأوسط، صحراء أسيا الوسطى، جنوب إفريقيا، استراليا، أمريكا، وفي بعض المناطق الاوروبية [2-3] .

2.I. نظرة عامة حول نبات الرمث (Hammada scoparia)

الرمث (Hammada scoparia) هو عبارة على شجيرات صغيرة تعيش في شكل مجموعات متداخلة تتميز ببنية مقاومة للجفاف [4]، يضم عدة أنواع تنتشر في غرب أسيا ووسطها ولديها العديد من الفوائد خاصة في مجال الطب والرعي، وتعمل جذورها وسيقانها المتجاورة على تثبيت كميات كبيرة من الرمال، وهو نوع من النباتات ينمو طوال العام خاصة في فصل الصيف و الأزهار تنمو في فصل الخريف[5]. يتوزع نبات الرمث على مساحة شاسعة غربا تمتد من إسبانيا مرورا بالعراق والأردن شرقا ومجمل القول هذا النبات ينتشر عبر كل الصحراء الشمالية ولا يتواجد في الصحراء الوسطية [6]. الشكل (I-1) يمثل صورة واقعية لنبات الرمث .

الشكل (I-1): صورة واقعية لنبات الرمث [7].

3.I. وصف النبات (Hammada scoparia):

يعتبر الرمث شجيرات صغيرة تصنف أعضاؤها كما يلي:

الجذور: تكون وتدية متشبعة سوداء اللون صلبة تمتد الى حوالي 2 متر في عمق التربة [4] .

التويج: يتراوح طوله من 0.5 الى 100 سم قد يصل قطره إلى 3سم مغطى بقشرة مشققة ذو لون أخر ضارب إلى رمادي، متشعب إلى عدة أغصان اسطوانية الشكل رقيقة ذات عقد (انتوءات) مفصلية، لونها أخضر يتغير إلى أسود بعد الجفاف [8].

الأوراق: صعبة التميز،مرتبة ترتيب حلزوني فهي عموما متقابلة تظهر في شكل عقد حبيبية، تحمل في نهايتها السفلية وبر[9].

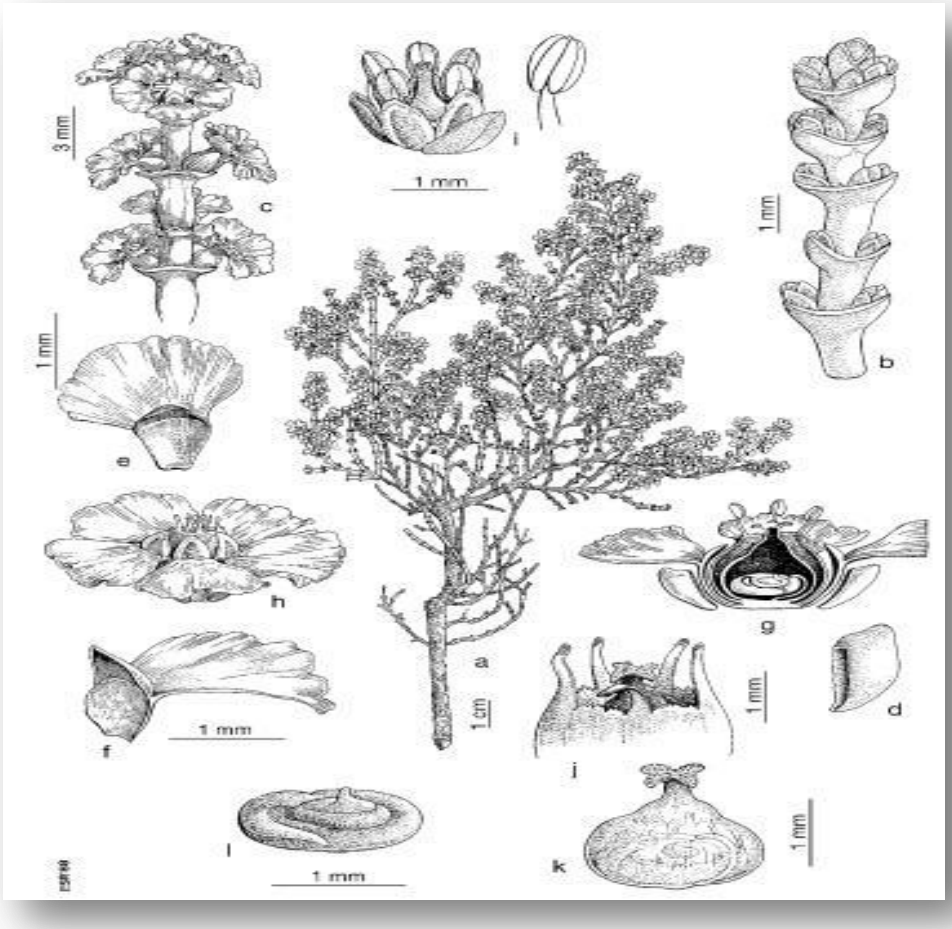
الثمار: تتواجد داخل الغلاف الزهري لها خمسة أغلفة بيضاء، حمراء أو خضراء ذات قطر 1 سم، عموما تكون يابسة محاطة بغشاء شفاف يحوي بذرة في موضع أفقي [10] .

الشكل (I-2): يمثل شكل تخطيطي لنبتة الرمث.

4.I. الأسماء الشائعة لنبات الرمث (Hammada Scoparia) :

الاسم الشائع لهذا النبات هو 'الرمث' ولقد ذكره الصيدلاني ضياء الدين ابن البيطار في الجامع وكذلك عبد الرزاق في عمدة الطيب المترجم سنة 1874 [11] .كما يعرف نبات الرمث بعدة أسماء علمية نذكر منه :

- Haloxylor Scoparuim (Pomel).[12]
- Haloxylor Articulatum(BOISS). [4]
- Arthrophutrun Scoparium (pomel). [8]
- Hammada Scoparia(Pomel) IL [9]
- Haloxyliun Tanariscurofolium (L) Ou Pau. [6,10] .



الشكل (I-2): رسم تخطيطي لنبات الرمث (Hammada scoparia)[14].

5.I. التركيب الكيميائي لنبات الرمث :

ما يميز نبات الرمث والعامل الذي استدعى الدارسين حول دراسة هذه النبتة هو احتواءه على العديد من المركبات النباتية الطبيعية ذات الأهمية البالغة في الاستعمالات المختلفة، حيث بينت العديد من الدراسات تواجد القلويدات واهمها :أنابازين (Anabasine)، كذا مركبات النيكوتين (Nicotine)، وتواجد العفصيات والصابوتيزيدات [4-10] إضافة إلى احتواء بعض نباتات هذه الفصيلة على بعض أنواع الفلافونيدات نذكر على سبيل المثال :كامفيرول (Kaempferol) ،كارستين [15](Quercetine).

6.I. إستعمالات نبات الرمث (:Hammada scoparia)

- ✓ **من الناحية العلاجية:**

يستخدم نبات الرمث لعلاج العديد من الأمراض نذكر من بينها:

- تظهرالتحقيقات ان نبات الرمث (H.scoparia) موصى به ضد لسعات العقرب ،مرض الظهر Dorsumdisease أمراض الجلد، الإسهال، الصداع، عسر الهضم [16].
- الطب التقليدي يستخدم نبات الرمث لعلاج اضطراب العين [17] .
- من جهة أخرى أشار بعض المؤلفين إلى أن شرب المستحلب يفيد ضد الإسهال والالتهابات الناتجة عن الجراثيم في الجهاز التناسلي. كما يمكن التضميد بواسطة أوراقه المهروسة مع أوراق التين لمعالجة آلام الرأس [4] .

- ✓ **من الناحية الرعوية:**

يعتبرالرمث من النباتات الرعوية الهامة للإبل، خاصة في فترة الصيف [1] .

- ✓ **استعمالات أخرى:**

يمثل مصدرا هاما للحطب، مع العلم أن حطب هذا النبات يطلق رائحة زكية [5].

7.I. المحتوى المعدني لنبات الرمث

يحتوي الجزء العلوي من نبات الرمث على كميات كبيرة من الحديد والبوتاسيوم والمغنيسيوم والفوسفور والصوديوم، وذلك وفقًا لتحليل المحتوى المعدني في الجدول (1.I). تم العثور على النحاس والكالسيوم والسترونتيوم بكميات معقولة. ويوجد السيلينيوم والزنك بكميات ضئيلة [18].

الجدول (1.I) المحتوى المعدني لنبات الرمث.

المعدن	المحتوى في mg/kg من النبات الجاف
حديد	60909.00
بوتاسيوم	27452.10
مغنيزيوم	10059.90
فوسفور	1125.39
صوديوم	1054.65
نحاس	438.93
كالسيوم	313.29
سترونتيوم	280.23
سيلينيوم	3.00
زنك	3.00

8.I. المكونات الكيميائية النباتية

يمكن تقسيم المحتويات الكيميائية النباتية الى قسمين[19] .

- مركبات الايض الاولي: وهي المواد او المركبات غير المؤثرة طبيا والتي تشارك بشكل مباشر في النمو والتكاثر ومتطلبات الطاقة للنبات مثل الكاربوهيدرات (carbohydrates)، الاحماض الامينية (acids amino).
- مركبات الايض الثانوي: وهي مركبات عضوية ينتجها النبات وهي التي تشارك بشكل مباشر في النمو الطبيعي للنبات او تطوره او تكاثره غالباً ما تؤدي مركبات الايض الثانوي دورا مهما في الدفاع عن النبات ضد الكائنات الحية مثل الآفات الزراعية والكائنات الدقيقة، غالبا ما تستعمل هذه المركبات في العقاقير والاصباغ والمنكهات، وتقسم هذه المركبات حسب طبيعتها يائية الى الفلافونول (Flavanols) ، القلويدات (alkaloids)، الجاليكوسيدات (glycosides)، التانينات(Tannins)،الفينوالت (phenolis)والتربينات (terpenes)

تم إجراء أبحاث مكثفة على المكونات الكيميائية النباتية لنبات الرمث، وتم تحديد أهم الجزيئات النشطة بيولوجيًا. وهو نبات يحتوي على نسبة عالية بشكل خاص من القلويدات والفلافونويد. ويبين الجدول (2.I). المركبات الرئيسية التي تم استخلاصها وتحديدها[20] .

الجدول (2.I) المكونات الكيميائية لنبات الرمث.

المركب	الجزء النباتي	المرجع
Alkaloide	الجزء الهوائي	(Bouaziz *et al*., 2016)
Flavanols	الاوراق	(El-Shazly & Wink, 2003)
Phenol	الجزء الهوائي	(Chao *et al*., 2013)
Phenolic Acids	الجزء الهوائي	(Benkherara *et al*., 2021)

9.I. التوليف الحيوي للاجسام النانوية :

1.9.I . الاجسام النانوية:

اشتقت كلمة "نانو" من الكلمة الإغريقية "Nanos" والتي تعني "القزم"، ويمثل النانو جزءاً من مليار. ولتخيل الأمر فإن 1 نانومتر يقيس ثلاث ذرات كربون مصطفة بجانب بعضها البعض ومتوسط قطر شعرة الإنسان يقيس نحو 10000 نانومتراً . ومن المتعارف عليه أن المواد تكون ضمن المقياس النانوي nanomaterials إذا كان أحد أبعادها لا يتجاوز 100 نانومتر. ويطلق على العلم الذي يتناول تطبيقات استخدام هذه المواد علم تكنولوجيا النانو. تعد تكنولوجيا النانو من أهم التكنولوجيات التي تدخل في مجالات متعددة، إذ تعتمد على تخليق جسيمات بأبعاد نانوية (nanoparticles NPs) ، حيث تمتلك هذه الجسيمات خصائص مختلفة عن المعادن التي تكونت منها وذلك بناءً على هندسة جزيئات المعدن بأشكال وأحجام متنوعة، وقد زاد الاهتمام في السنوات الأخيرة بإنتاج المواد المعدنية النانوية لما لها من استخدامات في مجالات متنوعة كالمجالات الطبية الحيوية والزراعية والبيئية والصناعية.

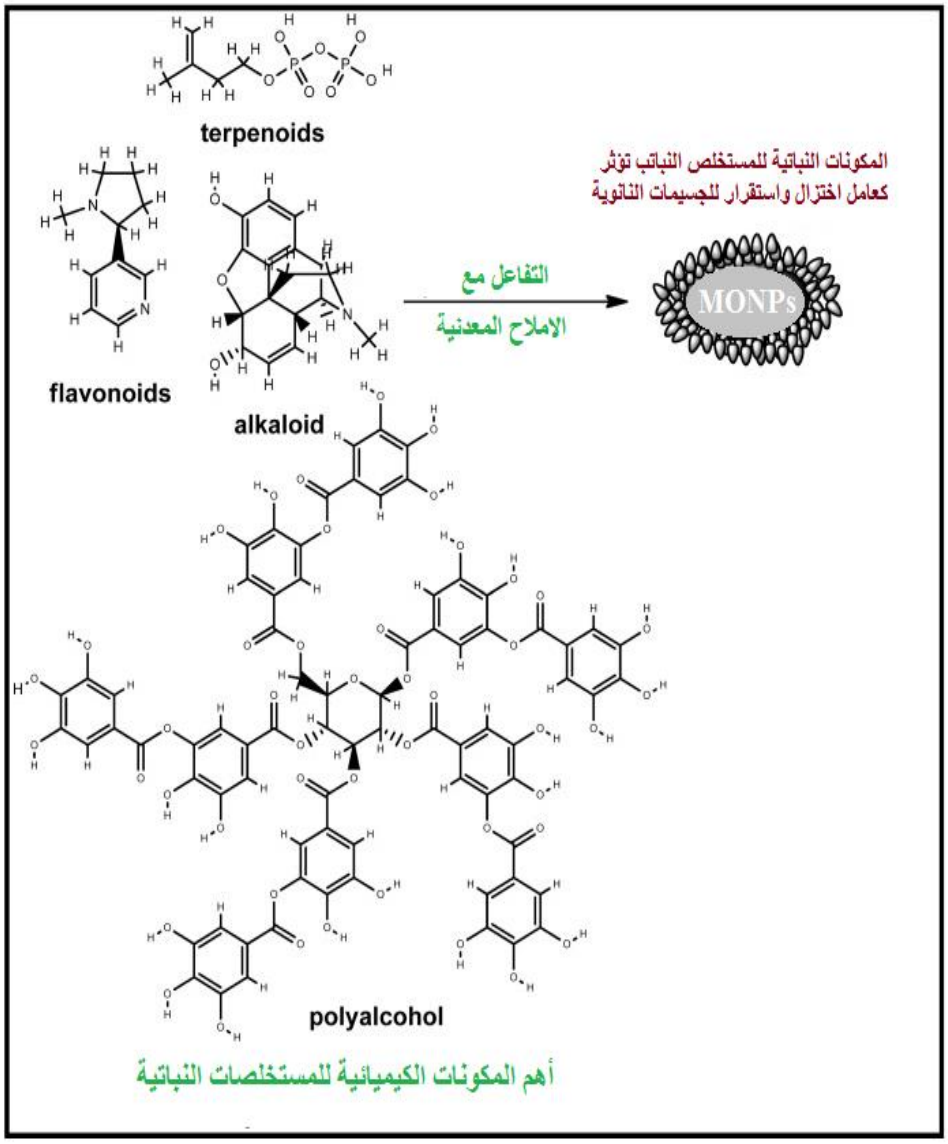
تعود أهمية المواد النانوية بالدرجة الأولى إلى ارتفاع نسبة سطحها إلى حجمها نظراً لتناهي صغرها، وهذه الميزة تزيد من سطح تماسها مع الأجسام الأخرى. يتم تخليق الجسيمات النانوية بواحدة من طريقتين؛ البناء من الأسفل للأعلى، وذلك عبر هندسة بناء المواد النانوية بدءاً من أيوناتها، ويحدث هذا بالطرائق الكيميائية والحيوية، أو التحطيم من الأعلى للأسفل وهذا يحدث بالطرائق الفيزيائية كالطحن

مثلاً. يعاب على الطرائق الفيزيائية والكيميائية المستخدمة في تصنيع الجسيمات النانوية أنها تستغرق وقتاً أطول، وتستخدم مواد ضارة ومذيبات خطرة قد يصعب التخلص منها وتبقى آثارها في البيئة، بالإضافة لحاجتها لطاقة كبيرة. يتم التخليق الحيوي للجسيمات النانوية (biosynthesis) باستخدام نواتج أيض الكائنات الحية الدقيقة(فيروسات، بكتريا، فطور شعاعية، فطور حقيقية بما فيها الخمائر، والطحالب)أو المستخلصات النباتية، ومن ميزات هذه الطريقة أنها صديقة للبيئة، لا تحتاج طاقة، رخيصة وسريعة . وتبعاً للدراسة التي قام بها (Ribeiro *et al*.2020) تحتوي قاعدة البيانات العلمية أكثر من 159 مقالة حول التخليق الحيوي للجسيمات النانوية، والتي تتوافق مع معايير البحث . كانت البداية عام

2003، واستمر الإنتاج العلمي في هذا المجال - ببطء -حتى عام 2009، وفي عام 2010 تضاعف عدد الأو ا رق العلمية المنشورة ثلاث مرات، وتم تسجيل أكبر عدد من الأبحاث المنشورة خلال الفترة 2015 2016-، وبلغ ذروة الإنتاج العلمي في عام 2016 حيث سجل 39 ورقة علمية [21].

1.9.I . التوليف الحيوي للجسيمات النانوية باستخدام المستخلصات النباتية

يعود استخدام المواد النباتية كعامل اختزال لأيونات المعادن المختلفة إلى أوائل القرن العشرين، على الرغم من أن آلية العمل والمسؤول عن هذا الاختزال لم تكن واضحة في ذلك الوقت. إن سهولة التحضير والقدرة على العمل كعامل اختزال جعلت استخدامها جذابًا، الأمر الذي أدى بدوره إلى زيادة الاهتمام بها خلال العقود القليلة الماضية . معظم المواد الكيميائية النباتية، مثل التربين، والقلويدات، والصابونين، والفينول، والكحول ، تقوم بعمليات اختزال هذه الأملاح المعدنية؛ تم العثور على معظم هذه المواد الكيميائية النباتية في أجزاء مختلفة من النباتات، مثل الزهور والفواكه والسيقان والأوراق والجذور، مما أدى إلى العديد من التقارير حول توليف الجسيمات النانوية المعدنية ذات الأساس النباتي بطرائق سهلة وسريعة وآمنة بيئياً. الشكل (I-3) يوضح أهم المكونات الكيميائية التي تحويها المستخلصات النباتية والتي بامكانها التفاعل مع الاملاح المعدنية لتشكيل الاكاسيد [22] .



.

الشكل (I-3) أهم المكونات المحتملة للمستخلص النباتي المسؤولة عن الاختزال الحيوي للأملاح المعدنية [22] .

خلاصة

تطرقنا في هذا الفصل الى دراسة مختصرة لنبات الرمث، الذي يعتبر غنيا بالمركبات الكيميائية الضروية في عملية التوليف الحيوي للجسيمات النانوية وكذا التعرف على دور المستخلصات النباتية في انتاج الجسيمات النانوية للأكاسيد المعدنية.

قائمة المراجع بالغة العربية

[1] سعداني .زينب،رزيق وسليمة. "دراسة الفعالية البيولوجية لبعض نباتات العائلة الرمرامية (Chenopodiaceae) النامية في منطقة وادي سوف." مذكرة ماستر، جامعة الشهيد حمة لخضر، (2020).

[2] سعد، شكري إبراهيم، " النباتات الزهرية"، الطبعة الثالثة، الهيئة الإسكندرية للكتاب، ص 13-28، 1975.

[3] الخطيب ، "الفصائل النباتية" ، مطبعة خالد ابن الوليد، ص 128-129، 1987.

[5] حليس ي، "الموسوعة النباتية لمنطقة سوف النباتية الصحراوية الشائعة في منطقة العرق الشرقي الكبير"، مطبعة الوليد، الوادي، الجزائر ص:76 -77 ،11-17- 92 2007 .،

[11] ابن البيطاروضياء الدين الأندلسي .الجامع لمفردات الأدوية والأغذية-مفردات ابن البيطار 1-2 ج2 Vol. 2. Dar Al Kotob Al Ilmiyah .دار الكتب العلمية، 2001.

[21] ميساء توفيق علوش. "التخليق الحيوي للجسيمات النانوية وتطبيقاتها في مجال مكافحة الآفات الزراعية: دارسة مرجعية.(2020) *Arab Journal of Plant Protection* 38.4 ".

قائمة المراجع بالغة الأجنبية

[4] Bourlière, François. "Les plantes médicinales des régions arides.—Paris, UNESCO, 1960." Revue d'Écologie (La Terre et La Vie) 15.2 (1961): 387-387.

[6] Quezel, Pierre, and Sébastien Santa. Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. No. 581.965 Q8. 1963.

, /20/04/2023https://atlas-sahara.org [7]

[8] R. Négre, "Petite flors des Régions Arides du Maroc Occidental", Tome l, Ed . Libraies de l'Académie de médecine, Paris, p571-572.1960.

[9]Guittonneau, Guy-Georges, and André Huon. Connaître et reconnaître la flore et la végétation méditerranéennes. Ouest-France,p76. 1983.

[10] Guarrera, Paolo Maria. "Traditional antihelmintic, antiparasitic and repellent uses of plants in Central Italy." Journal of ethnopharmacology 68.1-3 (1999): 183-192.

[12] Lebrun, Jean-Pierre, and STORK AL. "INDEX GENERAL DES CONTRIBUTIONS A L'ETUDE DE LA FLORE DE L'AFRIQUE DU NORD DU DR. RENE MAIRE." (1978).

[13] Quezel, Pierre, S. Santa, and O. Schotter. "Nouvelle flore de l'Algerie et des regions desertiques meridionales-v. 1-2." (1962).

[14] https://www.floramaroccana.fr , /20/04/2023

[15] Harborne, Jeffrey B. "Flavonoid patterns and phytogeography: the genus Rhododendron section Vireya." Phytochemistry 25.7 (1986): 1641-1643.

[16] Lakhdari, W., et al. "Ethnobotanical study of some plants used in traditional medicine in the region of Oued Righ (Algerian Sahara)." (2016).

[17] Bouaziz, Amira, et al. "Antibacterial and antioxidant activities of Hammada scoparia extracts and its major purified alkaloids." South African Journal of Botany 105 (2016): 89-96

[18] Lachkar, Nacima, et al. "Mineral composition, phenolic content, and in vitro antidiabetic and antioxidant properties of aqueous and organic extracts of Haloxylon scoparium aerial parts." Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine 2021 (2021).

David S. 2012. Plant Secondary Metabolism. Springer Science & Business Media. ،[19] Seigler

[20] Benine, Chaima, et al. "A systematic review on Hammada scoparia medicinal plant: Phytochemicals, traditional uses and biological activities." International Journal of Secondary Metabolite 10.1 (2023): 137-146.

[22] Adeyemi, Jerry O., et al. "Plant extracts mediated metal-based nanoparticles: Synthesis and biological applications." Biomolecules 12.5 (2022): 627.

الفصل الثاني:

أكاسيد الحديد

تمهيد

الحديد عنصر كيميائي وفلز من أقدم المعادن المكتشفة، وهو عنصر ضروري للحياة البشرية ويعد الأكثر انتشارا في الطبيعة، فهو يشكل 4.2 % من القشرة الأرضية وزنا ويتواجد في الطبيعة على شكل أكاسيد. سنقدم في هذا الفصل نبذة مختصرة عن أهم سمات أكسيد الحديد، كالشكل،التركيب البلوري، الخصائص الهامة.

إذا فما هي الأكاسيد المعدنية وما هي أطوار وخصائص وأهم استعمالات أكسيد الحديد؟

II .1. الأكاسيد المعدنية:

الأكاسيد المعدنية مركبات مؤكسدة شائعة ومنتشرة بكثرة في الطبيعة تمتلك هذه المركبات عدة هندسات بنيوية مختلفة التوزيع الالكتروني مما يولد منها النواقل وأشباه النواقل وكذا العوازل[1]. لهذه المركبات أهمية بالغة بسبب خصائصها الأساسية والتطبيقات التكنولوجية الهامة منذ اكتشافها في الحياة الصناعية، فقد كانت تستخدم قديما في صنع الفخاريات الخزفية، أما حديثا زاد الطلب عليها وذلك بظهور تقنية النانو التي طورت العديد من الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية، فقد أصبحت الأكاسيد المعدنية تستخدم لصنع الدوائر الالكترونية الدقيقة، أجهزة الاستشعار، خلايا الوقود والمواد المحفزة، وكذلك في مجال الطاقة الشمسية ومكافحة التلوث والخلايا السرطانية [3,2]. من أهم هذه الأكاسيد في الطبيعة : ثاني أكسيد التيتانيوم (TiO_2)، أكسيد الزنك (ZnO)، أكسيد البزموث (Bi_2O_3)،أكسيد النحاس الثنائي (Cu_2O_3)، وأكسيد الحديد الثلاثي(Fe_2O_3) ،[3-5].

II.2. أكسيد الحديد :

يعد الحديد من بين العناصر المعدنية المكتشفة منذ القدم والأكثر وفرة في القشرة الأرضية فهو يحتل المركز الرابع بعد الأوكسجين والسليكون والألمنيوم وغالبا ما يتواجد في الطبيعة على صورة أكاسيد ثنائية التكافؤ وثلاثية التكافؤ [7]. يتميز عنصر الحديد (Fe) بنشاطه الكيميائي فلا يمكن أن نجده بشكل حر ولذلك يتحد مع العناصر من حوله كإتحاده مع عنصر الأوكسجين (O) مشكلا بذلك مركبات تدعى أكاسيد الحديد [8]. ولقد وجدت هذه المركبات في القشرة الأرضية (الصخور،الرواسب،الماء)، وفي الكائنات الحية البيولوجية (جسم الإنسان، الحيوانات، والنباتات)[9]. يتميز الحديد في حالته النقية

بلون أبيض ذو بريق رمادي وهو ناقل جيد للحرارة والكهرباء، ويتميز بخواص مغناطيسية قوية، غالبا ما تتواجد مركبات أكسيد الحديد بعدة هيئات مختلفة بسبب التفاعل الكيميائي السريع لعنصر الحديد (Fe)مع الماء أو الأوكسجين، وبشكل عام تم اكتشاف ستة عشرا نوعا من أكاسيد الحديد إلى يومنا هذا بفئتين هما أكاسيد وهيدروكسيدات الحديد أكثرها أهمية مبينة في الجدول (II-1). كل أكاسيد وهيدروكسيدات الحديد تحدث عند تفاعل عنصر الحديد(Fe) والأوكسجين (O،OH)، وهي تختلف فيما بينها من حيث التكوين، تكافؤ عنصر الحديد، وعلى وجه الخصوص في التركيب البلوري[8]. تتمتع هذه الأكاسيد بخواص كهربائية ومغناطيسية نتيجة التوزيع الإلكتروني لعنصر الحديد ($[Ar].3d^6 4s^2$)، على عكس الحديد النقي الذي يعتبر من المعادن الموصلة فإن أكاسيد الحديد إما **شبه موصلة** تزداد ناقليتهم بزيادة درجه الحرارة أو **عازلة**. يعتبر الطورألفا أو ما يسمي الهماتيت الأكثر استقرارا في الطبيعة عند الظروف الطبيعية من درجة الحرارة والضغط[3]. وهو ما دعانا لدراسته بشكل خاص.

الجدول(II-1):أهم أكاسيد وهيدروكسيدات الحديد[10].

الأكاسيد (O)		الهيدروكسيدات(OH)	
العنصر	**الصيغة الكيميائية**	**العنصر**	**الصيغة الكيميائية**
Ferrihydrite	$Fe_5HO_8.4H_2O$	**Goethite**	$\alpha - FeOOH$
Hematite	α-Fe_2O_3	**Akaganeite**	$\beta - FeOOH$
Magmete	γ-Fe_2O_3	**Lepidocrocite**	$\gamma - FeOOH$
Magnetite	Fe_3O_4	**Feroxyhyte**	$\delta' - FeOOH$

3.II. أطوار أكسيد الحديد:

تعتبر أطوار الحديد هي الحالات التي يتغير فيها ترتيب وتوزيع ذرات الحديد (16 نوع) وأهمها ما يلي :

1.3.II.المغنتيت (Fe_3O_4):

يعد هذا المعدن أحد أكاسيد الحديد الشائعة وأحد خامات الحديد الرئيسية، وعضو في مجموعة الإسبين التي لها نفس البنية وتختلف في التركيب الكيميائي كما هو موضح في الشكل(II-1)، وله بنية مكعبة الأوجه متمركزة[11]. ويختلف عن معظم أكاسيد الحديد الأخرى لأنه يحتوي على كلا من الحديد

ثنائي وثلاثي التكافؤ، ويمكن استبدال الحديد ثنائي التكافؤ جزئيًا أو كليًا بأيونات ثنائية التكافؤ أخرى مثل: (Co، Mn،Zn). وبالتالي، يمكن أن يكون Fe_3O_4 شبه موصل من النوع n أومن النوع p. يملك المغنتيت أدنى مقاومة بين أكاسيد الحديد بسبب فجوة الحزمة الصغيرة لديه (0.1eV)[12] .ويعتبر المثال النموذجي للمركب المغناطيسي القوي جدا، يملك مغنطة تشبع Am^2/kg(92-90)[13]. يمكن للمغنتيت أن يتأكسد إلى ماغميت أو هماتيت وذلك بهجرة ذرات الحديد Fe داخل البنية وإضافة ذرات Oليتغير من **Fe_3O_4** الى **Fe_2O_3**.

الشكل (II- 1) : عينة من المغنتيت[14].

2.3.II.أكسيد الحديد الثلاثي:

أكسيد الحديد الثلاثي مركب كيميائي له الصيغة Fe_2O_3، ويكون على شكل مسحوق بلوري بني محمر وهو المكون الأساسي للصدأ، يتميز بأنماط مختلفة حسب العوامل المحيطة، أهم هذه الأنماط هي:

أ-النمط ألفا (α-Fe_2O_3) أو الهيماتيت:

أكسيد الحديد الثلاثي **α-Fe_2O_3**. يتواجد طبيعيا في معدن الهيماتيت، **الشكل (II- 2)**. بنيته مشابهة للكورونـدوم (α-Al2O3) تتفاوت المغناطيسية الحديدية حسب درجة الحرارة، فعند درجات حرارة أقل من 260 كلفن يكون لا مغناطيسياً، في حين عند درجات حرارة بين 260 و950 كلفن تكون له خواص مغناطيسية وهو النمط الأكثر استقرارا في الطبيعة أً[15]. الهيماتيت هو مصطلح قد لا يكون مألوفا للجميع فـأصل الكلمة (αματιτη) لاتيني وتعني هيماتيت (haematites)، وهي بحد ذاتها كلمة إغريقية مشتقة من كلمة الدم (αιμα)، وهذا راجع للون الأحمر الدموي لمسحوق الهيماتيت، فهو أحمر

داكن في الحبيبات الدقيقة. وهو عبارة عن شبه موصل من النوع *n* مع فجوة طاقة تبلغ (2eV) [12].
ينتشر بكثرة في الطبيعة ويعتبر أحد الخامات الرئيسة للحديد (70%حديد) [17] .

الشكل (II- 2) : عينة من مسحوق الهيماتيت [18]

ب-النمط غاما (γ-Fe2 O3) أو الماغميت:

وهو نمط شبه مستقر له نفس البنية البلورية للمغنتيت ويتحول إلى نمط ألفا عند درجات الحرارة المرتفعة التي تتجاوز 250 C°[18]، ويوجد طبيعيا في معدن الماغميت Maghemite (الشكل(I– 2)) يحتوي الماغميت على بنية إسبنيل مشابهة لتلك الموجودة في المغنتيت ولكن تختلف باختلاف وجود الوظائف الشاغرة الموزعة في الشبكة الكاتيونية (مواقع ثماني السطوح)[19]. ويعتبر من الأكثر أكسدة من أكاسيد الحديد الأخرى، يمكن اعتبار الماغميت على أنه مغنتيت مؤكسد بالكامل، وهو عبارة عن شبه موصل من النوع n ذو فجوة طاقة تبلغ (2.0 eV)[12]. للماغميت خواص مغناطيسية جيدة جعلت منه مادة كثيرة الاستعمال في الطب الحيوي[19]. وله مغنطة تشبع Am^2/kg(80-70)[13]. ينتشر الماغميت بشكل واسع في تربة المناطق المدارية وشبه الاستوائية[8].

الشكل (II- 3) : عينة من الماغميت [10].

ج-النمط بيتا (β-Fe_2O_3):

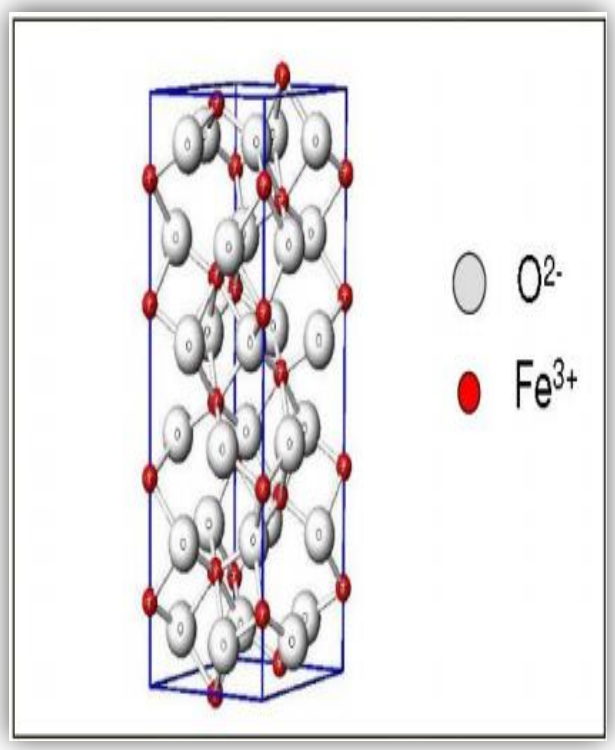
له بنية مكعبة مركزية الوجه، شبه مستقر، ويتحول إلى النمط ألفا عند درجات حرارة تتجاوز 500°م [20] . يحضر بالتفكك الحراري لمركب كبريتات الحديد الثلاثي، أو بإختزال الهيمياتيت بالكربون، أو بالتحلل الحراري لمحلول كلوريد الحديد الثلاثي [21].

الشكل (II- 4) : عينة من مسحوقβ-Fe_2O_3[17].

II.4.البنية البلورية للهماتيت (α-Fe_2O_3):

يتبلور الهماتيت في نظام معين الأوجه بحيث تكون ثوابت الخلية a=b=5,038Å و c=13,772Å ، وهو شبه موصل من نوعn يملك فاصل طاقي حوالي 2eV ، ،يتكون من أيونات

الأكسجين O_2 وذرات الحديد ثلاثي الشكل(II- 5). ولقد حددت مواقع الذرات ومن ثم معاملات الشبكة البلورية بشكل دقيق من قبل R.L. Blake خلال عام 1966. البنية البلورية لخلية أساسية للهيماتيت مبينة في الشكل (II- 5) [10].



الشكل (II- 5): خلية أساسية لمركب الهيماتيت[22]

5.II.الخصائص الفيزيائية والكيميائية للهيماتيت (α-Fe_2O_3):

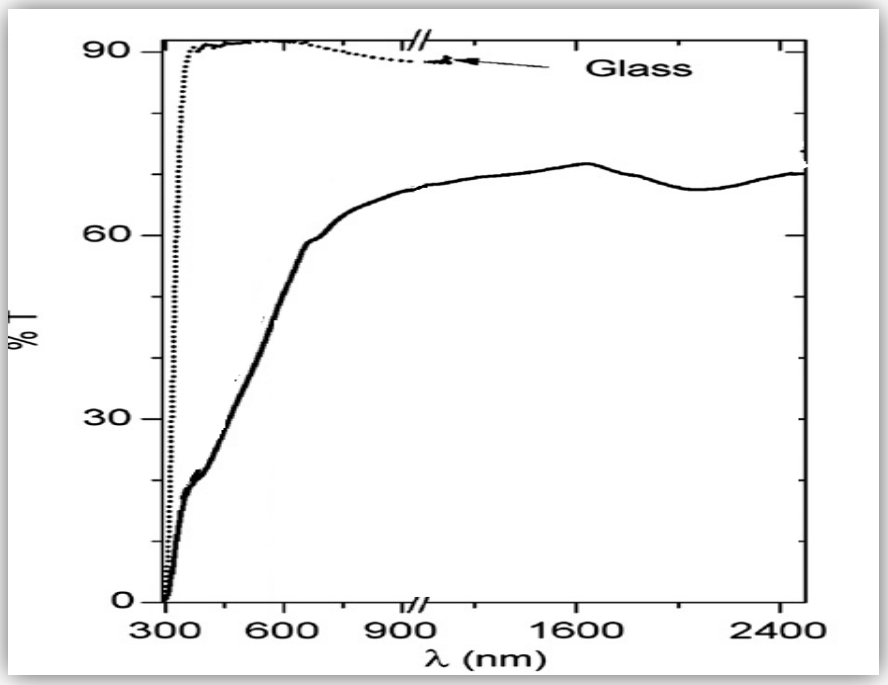
الهيماتيت أحد مركبات الحديد الأكثر استقرار، قاعدي أساسا وله صفات بارا مغناطيسية عالية، يمكن تلخيص أهم خواصه الفيزيائية والكيميائية في الجدول(II-3).

الجدول(II-2):الخصائص الفيزيائية والكيميائية الهيماتيت [24،23].

الخصائص الفيزيائية والكيميائية للهيماتيت	
الاسم المعدني	حجر الحدِّيد
الصيغة الكيميائية	α-Fe_2O_3
البنية البلورية	سداسية
الزمرة الفضائية	R3C
ثوابت الشبكة البلورية	a=b=5.038 A^o. c=13.772A^o
الكتلة المولية	159.79g/mol
المظهر	صلب بلوري
اللون	بنِّي محمر
درجة الانصهار	1565°c
الذوبانية	غُير منحل فِي الماء
الفاصل الطاقي	2eV
الكثافة	5.242g/cm^3
المقاومة الكهربائية	من الرتبة ($10^{11}\Omega$)

II .6.الخصائص الضوئية للهماتيت:

يتميز أكسيد الحديد (الهيماتيت) بامتصاص عالي في المجال فوق البنفسجي، إضافة إلى ذلك فهو يتميز بنفاذية عالية في المجال المرئي والأشعة تحت الحمراء القريبة تصل حولي 70%. الشكل (II-6) يمثل منحنيات النفاذ لشريحة من أكسيد الحديد (الهيماتيت) ولشريحة زجاجية اتخذت كمرجع[16].



الشكل(6.II): منحنى النفاذية لأكسيد الحديد [25].

8.II. استعمالات أكسيد الحديد:

يستعمل أكسيد الحديد في عدة مجالات أهمها:

- **الكشف عن الغاز:**[26] وهي واحدة من أكثر الاستخدامات اتساعا في مجال رصد ومراقبة تلوث الهواء والكشف عن الغازات السامة. إن الناقلية الكهربائية تعتمد على تركيز الغازات القابلة للاشتعال؛ إذ تزداد الناقلية عند اتصالها مع الغازات والأبخرة وهذه الميزة تنسب إلى أشباه الموصلات من نوع n مما جعل منها مواد مرغوبة في هذا المجال[27] .
- **التحفيز الضوئي:**هي طريقة بديلة لمعالجة الملوثات العضوية في الماء[11]. ويعتبر أكسيد الحديد احد الأدوات التي تستعمل في التحفيز من خلال إثارة أشباه الموصلات بواسطة إشعاع خفيف ذو طول موجي اقل من 385 nm المقابل لطاقة أكبر أو تساوي عرض الفاصل الطاقي والذي يوافق انتقال الكتروني من عصابة التكافؤ (BV) إلى نطاق التوصيل (BC) مما يساهم في تحفيز الخواص الكهربائية [28] .
- **علاج السرطان:** تستخدم أكاسيد الحديد على نطاق واسع في البيولوجيا الحيوية [28] وكعوامل مضادة للجراثيم والبكتيريا [9،11] .

- **الأصباغ:** تملك أكاسيد الحديد صفات محبوبة للغاية، فهي تبدي مجال من الألوان الفريدة والجذابة والمستقرة كاللون الأحمر للهماتيت إلى اللون البني والأسود للمغنتيت إذ أنها مضادة للشحوب [29]، وكذا عالية المقاومة للأحماض مما يجعلها قابلة للاستخدام كأصباغ للأبواب الخارجية والداخلية [27].
- **إنتاج المركبات الحديدية**: تستعمل الأكاسيد وهيدروكسيدات الحديد كمادة أولية في إنتاج المركباتت الحديدية. فمثلا حديد الباريوم الصلب$BaFe_{12}O_{19}$ ينتج من خلال أكسيد الحديد وفق التفاعل التالي:

$$BaCO_3 + 6Fe_2O_3 \longrightarrow BaFe_{12}O_{19} + CO_2$$

وحديد الباريوم ذو مظهر بني وذو خصائص مغناطيسية منتظمة تجعل منه مادة متعددة الاستخدامات؛ فهو يستعمل كمركبات مضادة للتزوير في الأشرطة المغناطيسية على بطاقات التعريف والصكوك البريدية .هنالك أيضا العديد من التطبيقات البيئية والحيوية الأكاسيد الحديد كتحسين التربة الزراعية (الطين الأحمر) وتطوير أطعمة الحيوانات وإنتاج المخصبات [30].

الخلاصة:

في هذا الفصل تم التطرق إلى أهم أكاسيد الحديد المتوفرة بكثرة في الطبيعة، وذلك بالتعرف على مختلف خصائصها وفي الفصل الموالي سيسلط الضوء على تشكل أكسيد الحديد الثلاثي إنطلاقا من تقنية التوليف الأخضر.

قائمة المراجع العربية

[6] فطحيزة عماره كوثر، &غمام علي سهام " دراسة أكسيد الحديد المطعم بالألمنيوم"، جامعة الشهيد حمة لخضر (2021).

[15]أنور بلة باسي، عماد كمرشو" دراسة خصائص أكسيد الحديد" جامعة الوادي(2017).

[17]"عبدا لله الغنيم واخرون، "الموسوعة الجيولوجية الجزء الخامس Kfas (8991).

قائمة المراجع الاجنبية

[1] Jan, Tariq, et al. "Synthesis, physical properties and antibacterial activity of metal oxides nanostructures." Materials Science in Semiconductor Processing 21 (2014): 154-160.

[2] Ali, Attarad, et al. "Synthesis, characterization, applications, and challenges of iron oxide nanoparticles." Nanotechnology, science and applications 9 (2016): 49.

[3] Bezencenet, Odile. Propriétés et couplage d'échange dans le système modèle: Co/α-Fe2O3 (0001). Diss. Paris 6, 2008.

[4] Noor Al-Huda H. Abd Al –Husain, "Effect of thickness on some optical properties of Fe2O3 thin films prepared by chemical spray pyrolysis technique."University of Baghdad,(2013).

5[ ] Puech, Laurent. Élaboration et caractérisations de couches minces de magnétite pour des applications microbolométriques. Diss. Université de Toulouse, Université Toulouse III-Paul Sabatier, 2009.

[7] Kendouli, Souad. "Préparation et fonctionnalisation de quelques nanostructures sous forme de nanofibres." (2012).

[8]Arakha, Manoranjan, et al. "Antimicrobial activity of iron oxide nanoparticle upon modulation of nanoparticle-bacteria interface." Scientific reports 5.1 (2015): 1-12.

[9]Dghoughi, L., et al. "Physico-chemical, optical and electrochemical properties of iron oxide thin films prepared by spray pyrolysis." Applied Surface Science 253.4 (2006): 1823-1829.

10[ ] Deer, William Alexander. An introduction to the rock-forming minerals. No. 04; QE364. 2. R6, D4.. 1966.

[11] Bazine, Abdelmadjid, and Mohamed Salah Ferah. Elaboration par sol-gel et caracterisationd'oxydemetallique (type: α-fe2o3) aux propriesphotocatalytiques. Diss. Université Frères Mentouri-Constantine 1, 2017.

[12]Wu, Wei, et al. "Recent progress on magnetic iron oxide nanoparticles: synthesis, surface functional strategies and biomedical applications." Science and technology of advanced materials (2015).

[13] http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Oxyde_de_fer%28III%29&oldid=90384978, 20/06/2023.

[14] Al-Saad, K. A., et al. "Iron oxide nanoparticles: applicability for heavy metal removal from contaminated water." Arab Journal of Nuclear Sciences and Applications 45.2 (2012): 335-.643

[16] Bezencenet, Odile. Propriétés et couplage d'échange dans le système modèle: Co/α-Fe2O3 (0001). Diss. Paris 6, 2008

[18]Zumdahl, Steven S., and Donald J. DeCoste. Basic chemistry. Cengage Learning, 2014.· M.Julien Thiesson, "Thèse De Doctorat", Université Paris 6, (2007).

[19] · M.JulienThiesson, "Thèse De Doctorat", Université Paris 6, (2007).

[20] Bazine Abdelmadjid, "Mémoire de magister", Université Frères Mentouri. Constantine1, (2007).

[21] Lambourne, Ronald, and Thomas A. Strivens, eds. Paint and surface coatings: theory and practice. Elsevier, (1999).

[22] Truffault, Laurianne. Synthèse et caractérisation de nanoparticules à base d'oxydes de cérium et de fer pour la filtration des UV dans les produits solaires. Diss. Universitéd'Orléans, 2010.

[23] Mishra, Maneesha, and Doo-Man Chun. "α-Fe2O3 as a photocatalytic material: A review." Applied Catalysis A: General 498 (2015): 126-141.

[24] West, Anthony R. Basic solid-state chemistry. John Wiley & Sons Incorporated, 1999.

[25] Mauvernay, Bruno. Nanocomposites d'oxydes de fer en couches minces. Etudes de leur élaboration et de leurs propriétés en vue de leur utilisation comme matériaux sensibles pour la

détection thermique. Diss. Université de Toulouse, Université Toulouse III-Paul Sabatier, 2007.

[26] Nesse, William D. Introduction to mineralogy. No. 549 NES. 2012.

[27] Margabandhu, Marimuthu, et al. "Synthesis characterization and antibacterial activity of iron oxide nanoparticles." Glob. J. Bio Sci. Biotechnol 4.4 (2015): 335-341.

[28] Robertson, Peter KJ. "Semiconductor photocatalysis: an environmentally acceptable alternative production technique and effluent treatment process." Journal of cleaner production 4.3-4 (1996): 203-212.

[29] Lam, Un Teng, et al. "Processing of iron oxide nanoparticles by supercritical fluids." Industrial & Engineering Chemistry Research 47.3 (2008): 599-614.

[30] Marimuthumargabandhu, Sechassalomsendhilnathan, S. Maragathavalli, V. Karthikeyan& B. Annadura, "Synthesis Characterization And Antibacterial Activity Of Iron Oxide Nanoparticles",Global Jouranal Of Bio-Scince And Biotechnolgy, Vol. 4,Pp. 335–341, (2015)

الفصل الثالث:

الجانب العملي وتحليل النتائج

تم إنجاز هذا العمل على مستوى مخابر كلية العلوم الدقيقة بجامعة الشهيد حمه لخضر وكذا مخابر كلية العلوم والتكنولوجيا.

تمهيد

قام العديد من الباحثين في السنوات الأخيرة بالتحقيق من أجل إيجاد تقنية صديقة للبيئة تقلل او تقضي على استخدام المواد الكيميائية السامه والخطرة لإنتاج جسيمات نانوية **NPs** والتي تعتبر محل العديد من الدراسات والتطبيقات. تعتبر **تقنية التوليف الأخضر**- والتي تندرج تحت اطار الكيمياء الخضراء- أو ما تسمى **بالتوليف الحيوي** لجسيمات النانو من بين هذه الطرق والتي تعتمد على استخدام مواد طبيعية مثل الأنزيمات والفيتامينات والسكريات الموجودة خاصة في المستخلصات النباتية وكذا الكائنات الحية [1].

نتطرق في هذا الفصل الى شرح طريقة انتاج جسيمات نانوية لأكسيد الحديد من خلال استخدام مستخلص نباتي لنبتة الرمث.

1.III. التوليف الحيوي للجسيمات النانوية NP_s باستخدام مستخلص النباتات

تشير العديد من الدراسات في المراجع إلى أن الأساليب الكيميائية وكذا الفيزيائية لتخليق الجسيمات النانوية غير صديقة للبيئة ومكلفة. ونتيجة لذلك، هناك حاجة متزايدة لتطوير عمليات صديقة للبيئة واقتصادية لا تعتمد على المواد الكيميائية السامة في بروتوكولات التوليف. من أجل ذلك تم اقتراح استخدام الأجزاء النباتية والكائنات الحية الدقيقة في التخليق الحيوي للجسيمات النانوية كبديل فعال وآمن غير مكلف وصديق للبيئة.

من خلال توفر المواد النباتية على نطاق واسع، فإن استخدام النباتات لتخليق الجسيمات النانوية يمكن أن يكون مفيدًا وآمنا، اذ ليس هناك حاجة لاستخدام الضغط العالي أو الطاقة أو درجة الحرارة المرتفعة أو المواد الكيميائية السامة.

تتكون الجسيمات النانوية من مختلف أجزاء النبات كالجذور والسيقان والأوراق واللحاء وحتى البذور. ان مكونات المستخلص النباتي تؤثر بشكل مباشر في تركيب الجسيمات النانوية في المحاليل الملحية.

يجري حاليًا استكشاف التخليق الحيوي **للجسيمات المعدنية النانوية** MNP_s بواسطة مخلفات النباتات الميتة وكذا مستخلصات النباتات الحية كبديل عملي للطرق الكيميائية والفيزيائية. يعد تخليق

الجسيمات النانوية المعدنية باستخدام المستخلصات النباتية فعالاً للغاية من حيث التكلفة، وبالتالي يمكن استخدامه كبديل اقتصادي وقيم لإنتاج الجسيمات النانوية المعدنية على نطاق واسع.

للمستخلصات النباتية القدرة على العمل كمعاملات **اختزال وتغطية** في توليف الجسيمات النانوية. اختزال الجسيمات المعدنية عبر الجزيئات الحيوية الموجودة في مستخلص النبات (مثل الإنزيمات والبروتينات والأحماض الأمينية والفيتامينات والسكريات والأحماض العضوية مثل السيترات) صديقة للبيئة ولكنها معقدة كيميائيا [2]

تم توليف الجسيمات النانوية لأكسيد الحديد من عدة مستخلصات نباتية نذكر منها على سبيل المثال لا الحصر:

- تحضير أكسيد الحديد من خلال مستخلصات نباتات العرعار، الشيح، الاكليل القرطوفة، للأستاذة أحمودة كوثر[3].
- تحضير أكسيد الحديد من خلال مستخلص أوراق النخيل للأستاذة اللبي أسماء [4].
- تحضير أكسيد الحديد من خلال مستخلص قشور ثمرة الرمان، النعناع البري ونبات الشيح [5].

2.III. دراسات سابقة حول استخدام نبات الرمث في انتاج جسيمات النانو:

الدراسة الوحيدة- الى غاية يومنا هذا- التي استعمل فيها نبات الرمث في توليف جسيمات النانو كانت من طرف " Omayma et al.,(2023)" [6] والتي قدمت دراسة حول انتاج جسيمات نانوية لكل من أكسيد النيكل وأكسيد النحاس المطعمين بالفضة.

3.III. التوليف الاخضر للجسيمات النانوية لأكسيد الحديد باستخدام مستخلص نبات الرمث

1.3.III. تحضير المادة النباتية المدروسة:

النبات المستعمل في هذه الدراسة هو نبات الرمث (hammada scoparia)، وقد جمع هذا النبات من مناطق مختلفة من ولاية الوادي في فترة مابين أوائل أكتوبر واواخر نوفمبر2022، في هذه التجربة سيتم استعمال الجزء العلوي لهذه النبتة متضمنا السيقان والاوراق والزهور. بعد الجمع يتم غسل النبات بالماء

المقطر وتجفيفه في شروط تهوية جيدة ثم طحنه بمطحنة كهربائية للحصول على أجزاء صغيرة جدا، ثم حفظه في كيس الى غاية استعماله.

الصورة (1.III) نبات الرمث المستخدم

تم في هذا العمل استخدام عدة أدوات وبعض الاجهزة والمواد يلخصها الجدول (1.III)

الجدول (1.III) : يوضح الأجهزة والأدوات المستعملة في العمل :

الأدوات	الأجهزة	المواد
أنابيب إختبار قمع زجاجي وبلاستيكي مخبار مدرج ورق ترشيح حوجلة ماصة عيارية أنبوب مدرج ملعقة بلاسيك قضيب مغناطيسي قطن بيشر (500-1000)مل	ميزان مخلاط مغناطيسي جهاز تسخين جهاز قياس الحرارة حاضنة جهاز حيود الأشعة السينية XRD جهاز ة المطيافية الأشعة تحت الحمراء	عشبة نبات الرمث الماء المقطر إيثانول كلور الحديد$Fe\ Cl_3$

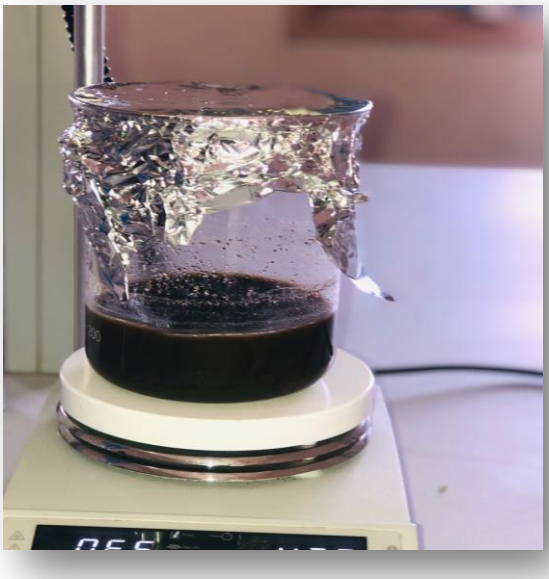
2.3.III. الإستخلاص:

أ- تعريف الإستخلاص :

هي تقنية تعمل على فصل المواد الطبيعية او المركبة من المادة الخامة بإستعمال أحد المذيبات، إذا كانت المادة المراد فصلها سائلة نطلق عليه استخلاص سائل-سائل، أما إذا كانت صلبة فيطلق عليه استخلاص صلب-سائل[1].

ب-طريقة الإستخلاص:

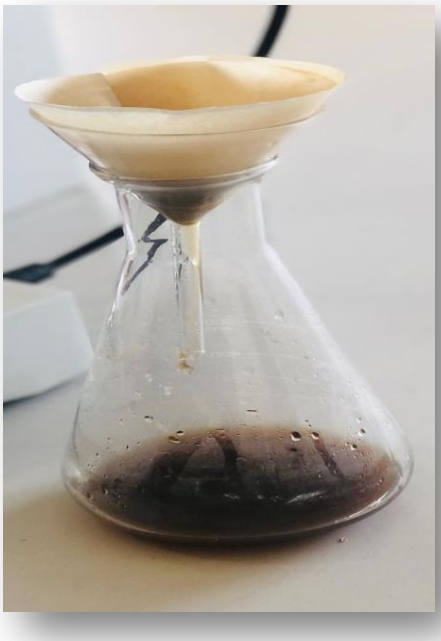
نأتي بنتة الرمث (hammadascoparia) ونقوم بوزن 25 غ و نضعها في بيشر ونظيف إليه 125مل من الماء المقطر و125 من الايثانول، نترك الخليط فوق الخلاط للرج المغناطيسي لمدة 24 ساعة وذلك لاستخراج المكونات تحت درجة حرارة الغرفة.



الشكل (2.III) : يوضح استخلاص الصلب - سائل .

3.3.III. طريقة الترشيح :

بعد ليلة كاملة من الاستخلاص نقوم بترشيح المستخلص باستعمال ورق الترشيح كما توضح الصورة (III .3) . بعد الحصول على السائل المرشح نقيس قيمة Ph. والتي قدرت بـ: 6.5



الشكل (3.III) : عملية ترشيح مستخلص نبات الرمث

4.3.III. تحضير الجسيمات النانوية لأكسيد الحديد $IONP_s$

لتحضير عينات أكسيد الحديد من خلال استعمال مستخلص نبات الرمث قمنا بالخطوات التالية

4.3.III. 1 تحضير محلول كلوريد الحديد بتركيز 0.01 مولاري:

من أجل ذلك نقوم بوزن كتلة m من ملح كلوريد الحديد ذو الصيغة $FeCl_3$ حسب العلاقة التالية:

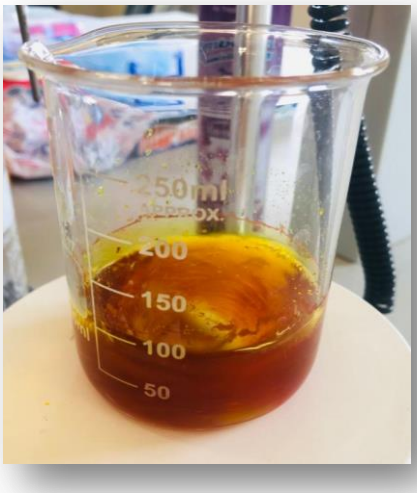
$$m = C * M * V \qquad (1.\ III)$$

C: التركيز المولي

M : الكتلة المولية المقدرة بـ162.2 غ/مول

V: حجم المحلول المقدر بـ100 مل

نأخذ الكتلة المقاسة من ملح كلوريد الحديد ونضعها في بيشر ونظيف إليها 50مل من الماء المقطر، و50مل من إلايثانول، ونضعها على الخلاط لمدة 30 دقيقة تحت درجة حرارة الغرفة حتى يتجانس المحلول الملحي فنلاحظ تغير لون المحلول إلى برتقالي كما هو موضح في الشكل (4.III).



الشكل (4.III) يوضح المحلول الملحي لكوريد الحديد

4.3.III. 2 تحضير المزيج المكون من جسيمات أكسيد الحديد الناونوية:

بعد الحصول على المحلول الملحي من جهة ومستخلص نبات الرمث من جهة ثانية نأخذ سحاحة ونملأها بالمستخلص النباتي للرمث، نضع بيشر به 50 مل من المحلول الملحي في حمام مائي فوق

الخلاط المغناطيسي حتى الوصول الى درجة حرارة 70°م ثم نبدأ بإضافة المستخلص النباتي تدريجيا الى المحلول الملحي مع مواصلة التحريك حتى نلاحظ تغير اللون من البرتقالي الى الاخضر القاتم ثم الى الاسود بعد مرور ساعة كاملة. ان ظهور اللون الاسود دليل على تشكل أكسيد الحديد داخل المزيج كما هو موضح في الصور التالية :

(ب) **(أ)**

الشكل (5.III) تشكل أكسيد الحديد. (أ) و (ب) المحلول الملحي قبل وبعد إضافة المستخلص النباتي.

III.4.3. 3 تجفيف المزيج المكون من جسيمات أكسيد الحديد:

بعد الحصول على المزيج الأسود الذي يحوي جسيمات أكسيد الحديد نقوم بوضعه في الحاضنة تحت درجة حرارة 90°م وذلك حتى تتبخر جميع السوائل. تتم هذه العملية خلال 24-72 ساعة فنحصل في الأخير على قشرة رقيقة في قعروعاء البيشركما يوضح الشكل (6.III).

جسيمات أكسيد الحديد بعد التجفيف

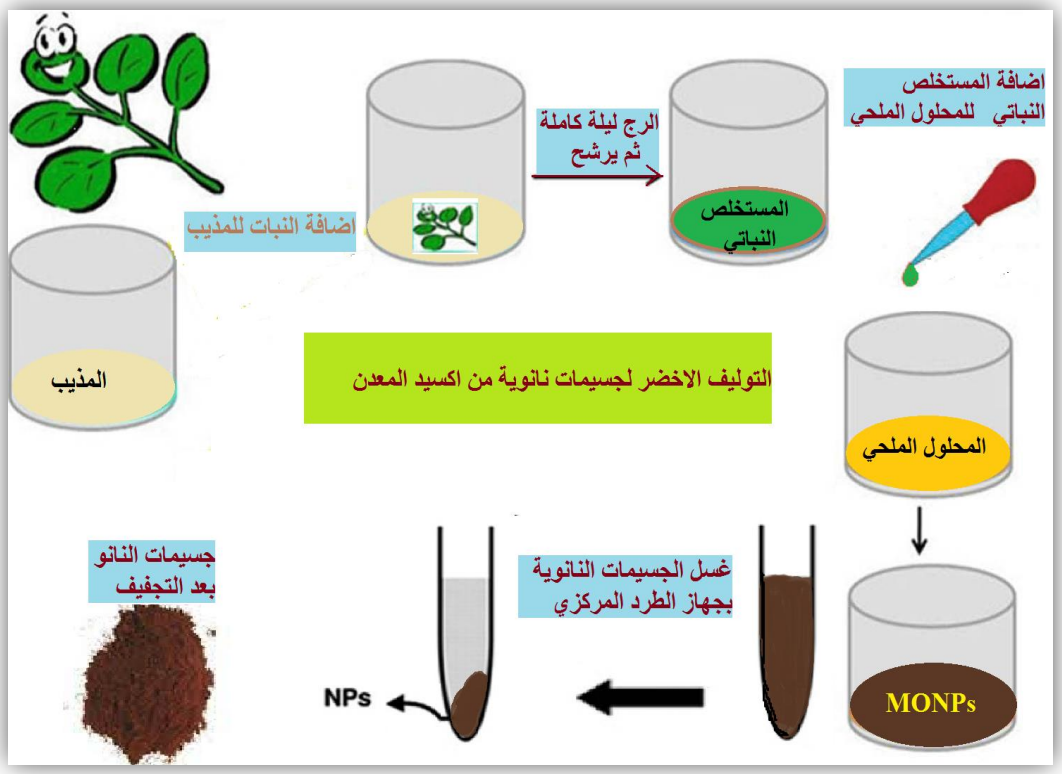
الشكل (6.III) تشكل قشرة رقيقة بعد تجفيف المزيج.

4.3.III. 4 غسل جسيمات أكسيد الحديد:

بعد تجفيف المزيج نقوم بغسل المسحوق المتحصل عليه بواسطة جهاز الطرد المركزي عدة مرات، ثم نضع المسحوق ثانية في الحاضنة للتجفيف حتى نتخلص من الرطوبة والحصول على مسحوق جاف قابل للطحن.

4.3.III. 5 المعالجة الحرارية (عملية التلدين):

بعد الحصول على مسحوق جاف لجسيمات أكسيد الحديد نطحنه جيدا ثم ندخله للفرن من أجل عملية التلدين، نرفع درجة الحرارة الى غاية الوصول الى 550°م، تستمر العملية مدة ساعتين. بعد مرور ساعتين نطفئ الفرن حتى يبرد تماما ثم نسحب مسحوق أكسيد الحديد وهو الآن جاهز للتشخيص من أجل دراسة خصائصه البلورية والضوئية.الشكل (7.III) هو مخطط توضيحي لتقنية التوليف الاخضر لجسيمات أكسيد الحديد المحضرة في هذا العمل.



الشكل (7.III): مخطط توضيحي لتقنية التوليف الأخضر لجسيمات أكسيد الحدي.د

4.III تحديد خصائص الأغشية المحضرة:

1.4.III.الخصائص البنيوية:

1.1.4.III.طيف الأشعة السينية (XRD) :

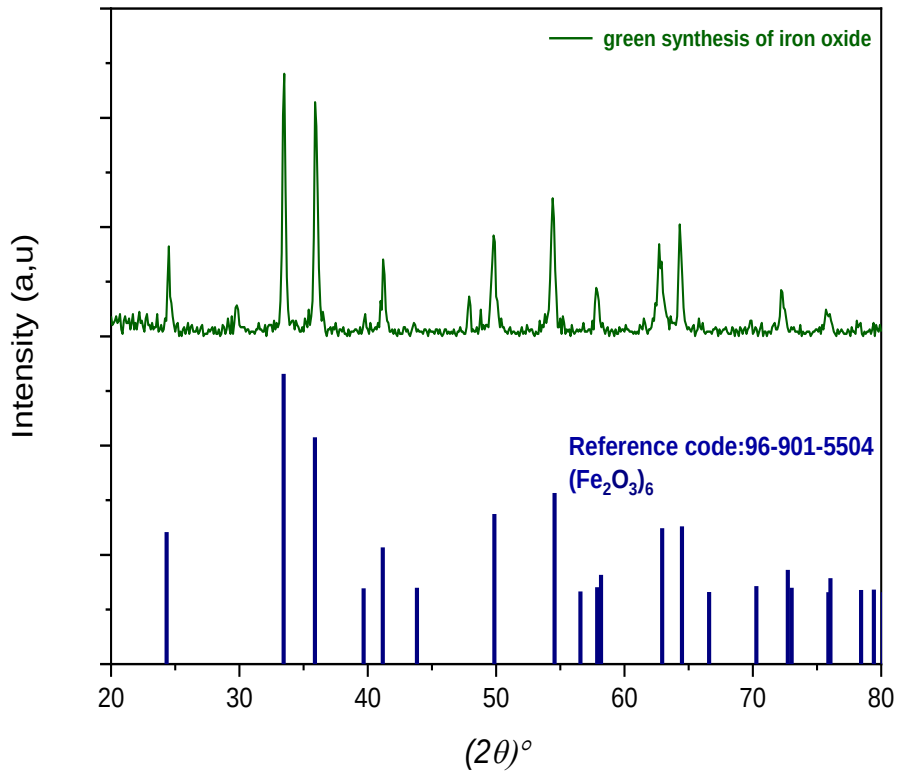
تم استخدام جهاز انعراج الأشعة السينية: ذو طو ل موجي: $\lambda = 1.540593\ A°$ لمعرفة طبيعة البنية البلورية لهذه الشرائح من خلال ثوابت الشبكة البلورية وأيضا تعيين الاتجاهات المفضلة للبلور من خلال قمم الانعراج في طيف الأشعة السينية و عددها. يمثل الشكل (8-III) طيف الأشعة السينية للمسحوق المحضر.

من خلال تحليل المنحنى تم تحديد مواقع القمم التي تظهر عند تسليط حزم من الأشعة السينية بزوايا مختلفة على الأغشية بحيث يتاح لها بأن تتداخل تداخلاً بناءً عند توفر شرط براغ:

$$n\lambda = 2d_{hkl}sin\theta \qquad (2\ .III)$$

تظهر قمم عند الزوايا 2θ : 24.55 ° ، 33.49 °، 36.02°، 49.79 ° ، 54.48 ° ، 64,40° وهي موافقة للمستويات البلورية (10-2)، (104)، (110)، (20-4)، (116) ، و(300) على الترتيب. هذه القمم تؤكد أن المركب المحضر بواسطة عملية التوليف الأخضر لنبتة الرمث هو أكسيد الحديد ذو الصيغة $(Fe_2O_3)_6$ أو المعروف باسم الهيماتيت؛ وهو ما يوافق نتائج اللجنة الدولية للحيود الخاصة بمساحيق المركبات:

JCPDS No:96-901-550 :Joint committee of Powder Diffraction System



الشكل(III- 8):طيف الاشعة X لأكسيد الحديد المحضر بتقنية التوليف الأخضر

2.1.4.III . طريقة تحديد ثوابت الشبكة للبنية المدروسة:

اعتمدنا في تحديد ثوابت الشبكة (a) و (c) لبنية أكسيد الحديد على الملف المرجعي (**JCPDS No:96-901-550**) والذي يظهر أن المركب المدروس ذو بنية سداسية ($a=b\neq c$, $\alpha=90°,\beta=90°,$ $\gamma=120°$) من أجل ذلك نعتمد في حساب المعاملات البنيوية على العلاقة الآتية [7] :

$$\frac{1}{{d_{hkl}}^2} = \frac{4}{3a^2}(h^2 + k^2 + hk) + \frac{l^2}{c^2} \quad (3.III)$$

تحسب ثوابت الشبكة البلورية (a=b,c) لهذه الشرائح من خلال علاقة براغ (III .2) وكذا العلاقة (3 :.III)

القيم مدونة على الجدول (III . 2).

الجدير بالذكر أن قيم الملف القياسي لاكسيد الحديد هي:

$$\text{JCPDS}(a = b = 5{,}0020\ \text{Å})\ ,\ c = 13.6200\ \text{Å}$$

قيم ثوابت الشبكة المقاسة لأكسيد الحديد المحضر بتقنية التوليف الاخضر موضحة في الجدول (III -2) .

3.1.4.III. حساب القد الحبيبي:

يمكن حساب الحجم الحبيبي للمركب المدروس بالعلاقة:

$$D = \frac{K\lambda}{\beta \cos\theta} \quad (4.III)$$

حيث:

k ثابت قيمته 0.9

β: العرض عند منتصف الشدة العظمى FWHM.

λ: الطول الموجي للأشعة السينية. $\lambda = 1.540593\ A°$.

بالأخذ بعين الاعتبار أن الزاوية θ تؤخذ بالراديان فان قيم الحجم الحبيبي موضحة في الجدول (III . 3).

يتضح من الجدول أن القيمة المتوسطة للقد الحبيبي في حدود 44 نانومتر وهذا يدل أن المركب المحضر بتقنية التوليف الأخضر يحوي جسيمات نانوية من أكسيد الحديد.

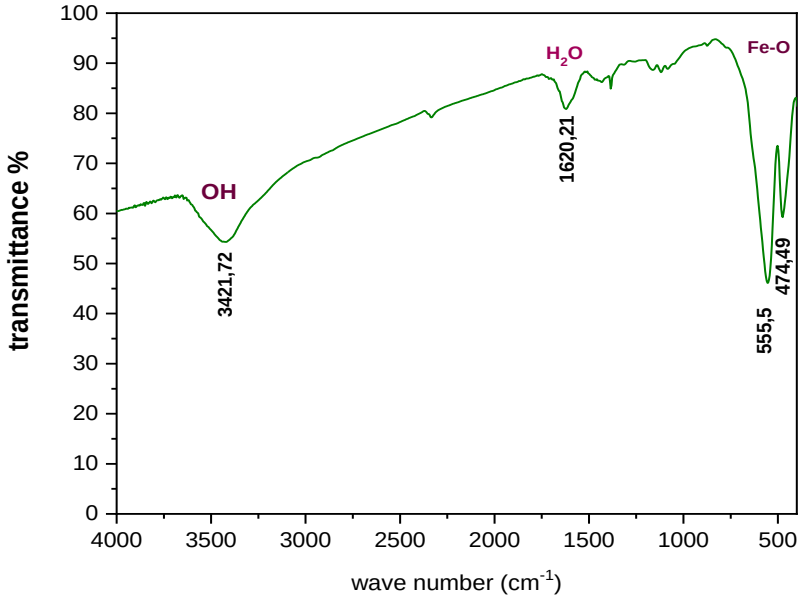
الجدول(III - 3): النتائج المتحصل عليها من أطياف انعراج الأشعة السينية XRD

2θ (°)	*hkl*	FWHM	*d*(Å)	D(nm)	$D_{average}$ (nm)	ثابت الشبكة a (Å)	ثابت الشبكة c (Å)
24.55	10 (-2)	0.3940	3.62609	36.02	44.70	4.98958	13.6251
33.49	104	0.2955	2.67508	49.01			
36.002	110	0.2955	2.49479	49.34			
49.79	20(-4)	0.3940	1.83135	38.80			
54.48	116	0.3940	1.68426	39.58			
64.40	300	0.2955	1.44673	55.46			

III. 2.4 مطيافية الأشعة تحت الحمراء:

تم مسح مجال الترددات (cm^{-1} 4000-400) بفضل جهاز (SHIMADZU Model IR Affinity1) وهذا في مخبر(VTRS) بجامعة الوادي. يتم تحديد الروابط الكيميائية من خلال مواقع اهتزازها في طيف الأشعة تحت الحمراء.

يظهر الشكل(9.III) طيف الاشعة تحت الحمراء. القمم حول 474 $سم^{-1}$ و555$سم^{-1}$ ترجع الى روابط تمدد بين الحديد والاكسجين [8] ، مما يدل على تشكل الروابط الاساسية للمركب المدروس. القمة حول 1620$سم^{-1}$ تشير الى جزيئات الماء الممتصة [9]، أما القمة حول 3421 $سم^{-1}$ فهي موافقة لاهتزازات تمدد الرابطة O-H [9] . الجدير بالذكر انه لا يوجد قمم ذات شدات معتبرة لمركبات دخيلة على العينة مما يدل على نقاوة المركب المحضر لأكسيد الحديد بشكل حسن.



الشكل(III- 9):طيف الأشعة تحت الحمراء لأكسيد الحديد

خلاصة:

تم خلال هذا الفصل عرض العمل التجريبي لتحضير مركب أكسيد الحديد بواسطة التوليف الاخضر الذي استعملنا فيه مستخلص نبات الرمث، وقد أكدت نتائج حيود الاشعة السينية وكذا طيف الاشعة تحت الحمراء أن المركب الذي تم تحضيره هو أكسيد الحديد المعروف باسم الهيماتيت ذو الصيغة $(Fe_2O_3)_6$. يعتبر هذا العمل التجريبي أول تجربة علمية لانتاج أكسيد الحديد من مستخلص نبتة الرمث، اذ لم نعثر على أي نشريات علمية سابقة لمقارنة عملنا بها، وحتى يكتسي هذا أهمية أكبر نطمح مستقبلا في دراسة تأثير عدة معاملات مثل تركيز المحلول الملحي وكذا نسبة المحلول الملحي الى المستخلص النباتي وحتى تغيير حامضية التفاعل.

قائمة المراجع

[1] Shukla, Ashutosh Kumar, and Siavash Iravani. "Metallic nanoparticles: green synthesis and spectroscopic characterization." *Environmental Chemistry Letters* 15 (2017): 223-231.

[2] Daylee, Ayat Kareem. Green Synthesis of Copper Nanoparticles Using Myrtus communis Leaves Extract: Characterization and Applications. Diss. University of Kerbala, 2022.

[3] Ahmouda, Kaouthar. Green synthesis and characterization of iron oxide nanoparticles: evaluation of the reactivity of their surfaces. Diss. Universty of Eloued جامعة الشهيد حمه لخضر، 2022

[4] Labbi, Asma. Green synthesis and characterization of Fe2O3 nanoparticles using Phoenix dactylifera L leaf extract and their applications. Universty of Eloued, جامعة الشهيد حمه لخضر , 2023.

[5] BOUAFIA, Abderrhmane. Optimisation de biosynthèse des nanoparticules d'oxyde de fer par l'utilisation de différents extraits des plantes et évaluation de leur activité biologique. Diss. Universty of Eloued جامعة الشهيد حمه لخضر، 2022.

[6] Bouzekri, Omayma, et al. "Green Synthesis of Nickel and Copper Nanoparticles Doped with Silver from Hammada scoparia Leaf Extract and Evaluation of Their Potential to Inhibit Microorganisms and to Remove Dyes from Aqueous Solutions." Sustainability 15.2 (2023): 1541.

[7] Wei Wu, Zhaohui Wu, Taekyung Yu, Changzhong Jiang & Woo-Sik Kim, " Recent strategies and progress on magnetic iron oxide nano particles: synthesis, surface functional Materials, (2015). biomedical applications", Science and Technology of Advanced

[8] R. Satheesh , K. Vignesh, A. Suganthi, M. Rajarajan ,Visible Light Responsive Photocatalytic Applications Of Transition Metal (M = Cu, Ni And Co) Doped A-Fe2o3 Nanoparticles , Journal Of Environmental Chemical Engineering 2 (2014) 1956–1968

[9] Pan, Ning, et al. "Removal of Th 4+ ions from aqueous solutions by grapheme oxide." Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry 298 (2013): 1999-2008.

الخاتمة العامة

الخاتمة العامة

التوليف الأخضر تقنية جديدة ترتكز على تخليق واستخدام الجسيمات النانوية في مختلف المجالات الحيوية، وهي من بين الطرق الأكثر استعمالا في وقتنا الحالي وتتميز بسهولتها وعدم تكلفتها إضافة إلى أنها آمنة بيئيا. تعتمد هذه التقنية على استخدام الكائنات الحية الدقيقة أو المستخلصات النباتية كمصدر لمعاملات الاختزال والاستقرار أثناء عملية التخليق الحيوي للجسيمات النانوية.

في هذه المذكرة قمنا بتوليف جسيمات نانوية لأكسيد الحديد باستخدام المستخلص النباتي لنبتة "الرمث" عبر تقنية التوليف الاخضر عبر عدة خطوات عملية نلخصها في مايلي:

- تحضير النبتة المدروسة من خلال الغسل والتجفيف والطحن.
- تحضير المستخلص النباتي من خلال نقع النبتة في مزيج من الماء والايثانول ليلة كاملة في درجة حرارة الغرفة مع التحريك المستمر.
- ترشيح المستخلص النباتي.
- تحضير المحلول الملحي للحصول على شوارد الحديد.
- مزج المستخلص النباتي مع المحلول الملحي تدريجيا، عند درجة حرارة 70°م لمدة ساعة حتى الحصول على اللون الاسود.
- تجفيف المحلول الناتج للحصول على الجسيمات النانوية
- غسل الجسيمات النانوية بواسطة جهاز الطرد المركزي لتنقيتها من العوالق العضوية.
- اعادة تجفيف الجسيمات ثم تعريضها لعملية التلدين عند درجة حرارة 550°م مدة ساعتين .

ولقد تم تشخيص الجسيمات المحضرة عبر تقنية انعراج الاشعة السينية وكذا مطيافية الاشعة تحت الحمراء.

أثبتت نتائج التشخيص أن المركب المحضر بهذه التقنية هو أكسيد الحديد ذو الصيغة الكيميائية $(Fe_2O_3)_6$. مما يدعونا للقول أن استخدام تقنية التوليف الاخضر باستخدام نبتة الرمث نجح في انتاج جسيمات نانوية لأكسيد الحديد.

الملخص:

صممت هذه الدراسة لتحضير جسيمات من أكسيد الحديد النانوية من مادة نباتية آمنة تم استخدام تقنيتين مختلفتين لتشخيص هذه). Hammada scoparia تدعى: الرمث (لتحديد التركيب البلوري والتي أظهرت قمم XRDالجسيمات اذ تم استخدام حيود الاشعة السينية ° ، ° 54.48 ، ° 49.79 ، °36.02، °33.49 ، 24.55 : : 2θانعراج عند الزوايا ° التي تؤكد أن المركب المحضر بواسطة عملية التوليف الأخضر لنبتة الرمث هو أكسيد 64,40 أو المعروف باسم الهيماتيت، وبين حساب الحجم الحبيبي لهذه $(Fe_2O_3)_6$الحديد ذو الصيغة الجسيمات أنها تدخل في سلم الجسيمات النانوية. تم تحديد المجموعات الوظيفية الفعالة باستخدام في الجسيمات المحضرة Fe-Oالتي أكدت تشكل الروابط ؛FTIR طيف ألأشعة تحت الحمراء والتي تأكد أن المستخلص النباتي لنبات الرمث ساهم في انتاج جسيمات نانوية من أكسيد الحديد.

الكلمات المفتاحية: التوليف الاخضر، الرمث، الجسيمات النانوية، أكسيد الحديد، الهيماتيت.

Abstract

This study was designed to prepare iron oxide nanoparticles from a safe plant material called: Ramth (Hammada scoparia). Two different techniques were used to diagnose these particles. X-ray diffraction (XRD) was used to determine the crystalline structure, which showed diffraction peaks at angles 2θ: 24.55°, 33.49°, 36.02°, 49.79°, 54.48°, 64.40°, which confirm that the compound Prepared by the green synthesis process of the Hammada scoparia plant, it is iron oxide with the formula $(Fe_2O_3)_6$, or known as hematite, and calculating the grain size of these particles indicates that they are included in the scale of nanoparticles. The active functional groups were identified using FTIR spectroscopy; Which confirmed the formation of Fe-O bonds in the prepared particles, which confirmed that the plant extract of the Hammada scoparia contributed to the production of iron oxide nanoparticles.

Keywords: green synthesis, Hammada scoparia, nanoparticles, iron oxide, hematite.